Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 15, No 48, Winter 2024 p: 31-39

"Research Paper"

Selection Index of Ideal Genotype (SIIG) in Order to Evaluate Drought Stress Tolerance in Some Sunflower Cultivars

Masoud Golestani

Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran,
(Corresponding author: ma_golestani@pnu.ac.ir)
Received: 10 July, 2023 Accepted: 15 October, 2023

Extended Abstract

Introduction and Objective: Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is one of the most important oil crops and due to its high content of unsaturated fatty acids and lack of cholesterol, the oil benefits from a desirable quality. Drought is the most important crop production limiting factor in the changing climate scenario and its intensity is predicted to increase in future. In this research, drought tolerance of some sunflower cultivars under non-stress and drought stress conditions was studied and SIIG method was used for integrating studied traits in order to select the best drought stress tolerant cultivars.

Material and Methods: In order to evaluate the drought and susceptible cultivars using tolerance index (Ti) for studied traits and selection index of ideal genotype (SIIG), an experiment was conducted in 2022 cropping season based on randomized complete block design with three replication under non-stress and drought stress conditions separately on 10 sunflower cultivars including Azargol, All-star, Master, Hysun33, Golsa, Ghasem, Farrokh, Shams, Golshid and Barzegar in field in Abarkouh city. Grain yield, plant height, number of days to maturity, number of seeds per head and 1000 seed weight were measured in this research.

Results: The results of combined analysis of variance revealed that drought stress and cultivar had significant effect on all studied traits. Cultivar effect was significant in all studied traits. Stress × cultivar interaction was significant only in grain yield. Drought stress led to a significant decrease in all studied traits. Mean comparisons showed that Farrokh, Barzegar and Shams cultivars had the highest value in the most traits and so these cultivars were suggested for cultivation under both conditions. Ghasem, Farrokh and Shams had the highest value of Ti index for grain yield, 1000 seed weight and number of seeds per head. Ghasem, Barzegar, Farrokh, Shams and Golsa had the highest value and All-star, Golshid and Hysun33 had the lowest value of SIIG, respectively. Cluster analysis, based on ward method and by using Eucilidian distance, classified studied cultivars using Ti index of traits into two groups. Azargol, Barzegar, Golsa, Shams, Master, Ghasem and Farrokh cultivars were placed in first group and these cultivars in terms of Ti index values for grain yield, 1000 seed weight and number of seeds per head were higher than second group and whole mean.

Conclusion: The results of cluster analysis using Ti index of traits are similar to the results of cultivar ranking based on SIIG and it can be said that Farrokh, Ghasem, Shams, Barzegar, Azargol, Golsa and Master cultivars were drought tolerant and All-star, Hysun33 and Golshid were susceptible cultivars according to cluster analysis and SIIG values.

Keywords: Cluster analysis, Combined analysis of variance, Grain yield, Oil crop, Ti index

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.61186/jcb.15.48.31]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

"مقاله پژوهشی"

شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) جهت ارزیابی تحمل به تنش خشکی برخی از ارقام آفتابگردان

مسعود گلستانی

استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، (نویسنده مسوول: ma_golestani@pnu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۲۳
صفحه ۳۱ تا ۳۹

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از مهمترین گیاهان دانه روغنی است و روغن آن به‌دلیل داشتن اسیدهای چرب غیراشباع فراوان و فقدان کلسترول از کیفیت بالایی برخوردار است. خشکی یکی از فاکتورهای محدودکننده تولید محصولات زراعی در شرایط متغیر اقلیمی می‌باشد که شدت آن در آینده افزایش خواهد یافت. در این تحقیق، تحمل به خشکی تعدادی از ارقام آفتابگردان در شرایط بدون تنش و تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفت و از روش SIIG برای ادغام صفات مورد مطالعه به‌منظور انتخاب بهترین ارقام متحمل به خشکی استفاده شد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور ارزیابی ارقام متحمل و حساس به تنش خشکی با استفاده از شاخص تحمل (Ti) برای صفات مورد مطالعه و شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)، آزمایشی در سال زراعی ۱۴۰۱ به‌صورت جداگانه در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی بر روی ده رقم آفتابگردان شامل آذرگل، آل‌استار، مستر، هایسان۳۳، گلسا، قاسم، فرخ، شمس، گلشید و برزگر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به‌صورت مزرعه‌ای در شهر ابرکوه اجرا شد. صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد روز تا رسیدگی، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه در این پژوهش اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر تنش خشکی و رقم برای تمام صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. برهمکنش تنش×رقم تنها در صفت عملکرد دانه معنی‌دار بود. تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار در تمام صفات گردید. براساس نتایج مقایسه میانگین مشخص شد که ارقام فرخ، برزگر و شمس در اغلب صفات مورد بررسی بیشترین مقدار را داشت و بنابراین می‌توان این ارقام را برای کشت در هر دو شرایط آزمایش پیشنهاد داد. ارقام قاسم، فرخ و شمس بیشترین مقدار Ti را برای صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق داشتند. ارقام قاسم، برزگر، فرخ، شمس و گلسا به‌ترتیب بیشترین و ارقام آل‌استار، گلشید و هایسان۳۳ به‌ترتیب کمترین مقدار SIIG را داشتند. براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، ارقام مورد مطالعه با استفاده از مقادیر Ti صفات در دو گروه مجزا قرار گرفتند. ارقام آذرگل، برزگر، گلسا، شمس، مستر، قاسم و فرخ در گروه اول و ارقام آل‌ستار، هایسان۳۳ و گلشید در گروه دوم قرار گرفتند. ارقام گروه اول از نظر مقادیر شاخص Ti برای صفات عملکرد دانه، وزن هزاردانه و تعداد دانه در طبق از گروه دوم و میانگین کل برتر بودند.

نتیجه‌گیری: نتایج تجزیه خوشه‌ای ارقام با استفاده از مقادیر Ti صفات و رتبه‌بندی ارقام با استفاده از SIIG تطابق زیادی با یکدیگر داشتند و با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای و مقادیر SIIG می‌توان گفت که ارقام فرخ، قاسم، شمس، برزگر، آذرگل، گلسا و مستر متحمل به خشکی و ارقام آل‌ستار، هایسان۳۳ و گلشید حساس به خشکی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، تجزیه واریانس مرکب، دانه روغنی، شاخص تحمل، عملکرد دانه

مقدمه

دانه‌های روغنی از مهمترین منابع تأمین انرژی می‌باشند که از نظر اهمیت، پس از غلات قرار دارند. آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از این دانه‌های روغنی است که در ردیف سویا، کلزا، پنبه و گلرنگ قرار دارد و به‌دلیل اسیدهای چرب مفید همواره در چند دهه گذشته موردتوجه قرار گرفته است (Khomari et al., 2017). دانه آن با توجه به نوع رقم دارای ۲۶ تا ۵۰ درصد روغن و کنجاله آن نیز حاوی حدود ۲۰ تا ۲۷ درصد پروتئین می‌باشد (Ansarifard et al., 2020). روغن آفتابگردان به‌دلیل داشتن اسیدهای چرب غیراشباع فراوان و فقدان کلسترول از کیفیت بالایی برخوردار است (Ahmadpour et al., 2019). با توجه به اهمیت غذایی آفتابگردان و ویژگی‌های ذکر شده، تولید این محصول در کشور بایستی مورد توجه قرار گیرد. به‌دلیل محدودیت اراضی زراعی، یکی از روش‌های مؤثر در افزایش تولید آفتابگردان، افزایش عملکرد در واحد سطح با استفاده از ژنوتیپ‌های پرمحصول خواهد بود. بنابراینبه‌نژادگران باید به‌دنبال اصلاح و تولید ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا در آفتابگردان باشند. اگرچه عملکرد مهمترین صفت برای انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب است، ولی وراثت پیچیده و برهمکنش ژنوتیپ و محیط، کارایی این صفت را در برنامه‌های به‌نژادی کاهش داده است. بنابراین بهتر است علاوه بر عملکرد دانه از صفات دیگر برای انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب استفاده کرد. عملکرد دانه در آفتابگردان ناشی از اثرات تجمعی اجزای متشکله و برهمکنش آنها می‌باشد. بنابراین ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های آفتابگردان باید بر مبنای مجموعه‌ای از صفات و اجزای عملکرد صورت گیرد (Gholizadeh et al., 2021).

خشکی یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که تعیین کننده توزیع پوشش گیاهی و محدودیت تولید در بخش کشاورزی می‌باشد و همچنین یک خطر جدی در تأمین امنیت غذایی جهان می‌باشد (Zali et al., 2019). خشکی شایع‌ترین تنش محیطی است که به‌طور تقریبی باعث محدودیت تولید در ۲۵ درصد زمین‌های دنیا شده است؛ بنابراین توزیع و پراکنش گیاهان در سرتاسر دنیا تا حدود زیادی متأثر از میزان آب می‌باشد. از بین عوامل تنش‌زا، خشکی دومین عامل اصلی کاهش عملکرد بعد از عوامل بیماری‌زا می‌باشد (Biglouie et al., 2010). ارزیابی لاین‌های اصلاح شده در محیط‌های مختلف با سطوح تنش خشکی یکسان به اصلاحگر جهت شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب برای نواحی مستعد کمک می‌کند

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.61186/jcb.15.48.31]

(Raman et al., 2012). برای شناسایی و مقایسه ارقام گیاهان زراعی متحمل به تنش‌های محیطی شاخص‌های اندازه‌گیری متعددی بر اساس عملکرد دانه معرفی شده‌اند. برای انتخاب ژنوتیپ متحمل، به‌عنوان مثال شاخص تحمل[1] (Ti) توسط مانس و جیمز (Munns and James, 2003) معرفی شد. شاخص Ti از نسبت مقدار صفت در سطح تنش بر مقدار صفت در شرایط بدون تنش به دست می‌آید (Tadili et al., 2020). برای انتخاب ارقام متحمل یا حساس به خشکی، استفاده از یک شاخص به‌تنهایی مطلوب نیست، بلکه بهتر است تحمل ژنوتیپ‌ها با استفاده از چند شاخص ارزیابی گردد تا احتمال پیدا کردن ژنوتیپ‌های ایده‌آل افزایش یابد (Tadili et al., 2020). ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از مجموعه‌ای از صفات، احتمال پیدا کردن ژنوتیپ‌های ایده‌آل را افزایش می‌دهد. شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل[2] (SIIG) یکی از روش‌های آماری چند متغیره است که بر اساس مجموعه‌ای از صفات یا شاخص‌های مختلف، ژنوتیپ‌های مطلوب را شناسایی می‌کند (Zali et al., 2016؛ Zali et al., 2015). از آنجایی‌که ممکن است هر ژنوتیپی از نظر یک صفت یا شاخصی ژنوتیپ برتر باشد و در نهایت با افزایش تعداد صفات یا شاخص‌ها، ممکن است انتخاب ژنوتیپ مناسب برای محقق دشوار شود، ولی به‌کمک روش SIIG تمام شاخص‌ها و صفات به‌صورت یک شاخص واحد درآمده، رتبه‌بندی شده و تعیین ژنوتیپ‌های برتر بسیار راحت‌تر می‌شود. از جمله مزیت‌های این روش آن است که صفات یا شاخص‌های به‌کار رفته برای مقایسه می‌توانند دارای واحدهای سنجش متفاوتی بوده و طبیعت منفی و مثبت داشته باشند (Najafi Mirak et al., 2018).

تکنیک SIIG برای اولین‌بار برای ادغام شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی (Zali et al., 2016) و روش‌های مختلف تجزیه پایداری (Zali et al., 2015)، برای افزایش کارایی انتخاب ژنوتیپ‌های ایده‌آل استفاده شده است. این تکنیک برگرفته از مدل اولویت‌بندی بر اساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل[3] (TOPSIS) می‌باشد که نخستین بار به‌وسیله ونگ و یون (Hwang and Yoon, 1981) به‌عنوان یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره معرفی شد. از روش SIIG می‌توان برای رتبه‌بندی و مقایسه بهتر ژنوتیپ‌های مختلف و انتخاب بهترین ژنوتیپ و تعیین فواصل بین ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آن‌ها استفاده نمود. از ویژگی‌های روش SIIG این است که برای محاسبه آن، می‌توان از تمام صفات اعم از مورفولوژیک و فیزیولوژیک استفاده نمود و هیچ محدودیتی وجود ندارد (Abdollahi Hesar et al., 2020). بر اساس این تکنیک، بهترین ژنوتیپ، نزدیک‌ترین ژنوتیپ به ژنوتیپ ایده‌آل و دورترین ژنوتیپ از ژنوتیپ غیرایده‌آل است. ژنوتیپ ایده‌آل از مجموع مقادیر ایده‌آل هر یک از صفات یا شاخص‌ها به‌دست می‌آید، درحالی‌که ژنوتیپ غیرایده‌آل از مجموع مقادیر غیرایده‌آل هر یک از صفات یا شاخص‌ها حاصل می‌گردد (Zali et al., 2016؛Zali et al., 2015). از روش SIIG، به‌منظور انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها با استفاده از ادغام شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی در کلزا (Zali et al., 2016; Zali et al., 2017)، گندم نان (Yagooti Poor et al., 2017)، ادغام پارامترهای تجزیه پایداری در گندم دوروم (Najafi Mirak et al., 2018)، کلزا (Zali et al., 2015) و ادغام صفات مختلف مورفو–فنولوژیک در کلزا (Abdollahi Hesar et al., 2020)، جو (Zali and Barati, 2020)، گندم دوروم (Tadili et al., 2020) و عدس (Amiri et al., 2021) استفاده شده است. هدف از این تحقیق، بررسی تحمل به خشکی تعدادی از ارقام آفتابگردان در شرایط بدون تنش و تنش خشکی و استفاده از روش SIIG برای بررسی صفات مورد مطالعه به‌منظور انتخاب ارقام ایده‌آل متحمل به تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه‌ای واقع در شهر ابرکوه با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۷ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۵۰ متر انجام گرفت. در این مطالعه تعداد ده رقم (ترکیبی از ارقام جدید و قدیم) آفتابگردان شامل آذرگل، آل‌استار، مستر، هایسان ۳۳، گلسا، قاسم، فرخ، شمس، گلشید و برزگر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی در دو قطعه زمین مجزا با فاصله سه متر از یکدیگر مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای انجام عملیات خاکورزی از گاوآهن برگردان‌دار سه خیش به‌همراه دو بار عملیات دیسک‌زنی برای از بین بردن کلوخه‌های سطحی خاک استفاده شد. کودهای مورد نیاز خاک بر اساس آزمون خاک، شامل نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره)، پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم پتاس خالص در هکتار از منبع سولفات پتاسیم) و فسفر (۲۰۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار از منبع فسفات آمونیوم) به خاک مزرعه اضافه گردید. تمام کود سولفات پتاسیم و فسفات آمونیوم و یک‌سوم کود ازته در زمان تهیه زمین و بقیه کود اوره طی دو نوبت یکی بعد از سبز شدن و دیگری در مرحله قبل از غنچه‌دهی پخش گردید. در زمان کشت با فاروئر جوی و پشته‌هایی به فاصله ۶۰ سانتی‌متر از هم ایجاد گردید. کاشت ارقام در تاریخ ۲۶ خرداد ۱۴۰۱ انجام شد. هر کرت شامل چهار خط کشت به طول چهار متر در نظر گرفته شد. کشت به‌صورت دستی و با قرار دادن سه عدد بذر در هر کپه و به فواصل ۲۵ سانتی‌متر از هم انجام گردید. تنک کردن بوته‌ها بعد از سبز شدن و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی در دو مرحله انجام گرفت. پس از استقرار کامل بوته‌ها اقدام به اعمال تنش خشکی گردید. در شرایط بدون تنش، آبیاری نرمال بر اساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر از زمان کاشت تا پایان دوره آبیاری و در شرایط تنش خشکی، آبیاری بر اساس ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر پس از استقرار کامل گیاهان انجام شد (Zareei Siahbidi et al., 2020).

در این آزمایش صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد روز تا رسیدگی، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری صفات از ردیف‌های میانی انجام شد و دو ردیف کناری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته و حذف گردید. برای

1-Tolerance Index 2- Selection index of ideal genotype 3-Technique of order preference by similarity to ideal solution

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.61186/jcb.15.48.31]

تعیین عملکرد در آخر فصل و زمانی که پشت طبق‌ها قهوه‌ای شد، برداشت صورت گرفت. در اندازه‌گیری صفات، میانگین هر صفت برای ۱۰ بوته تصادفی انتخاب شده به‌دست آمد. همچنین ارتفاع بوته با اندازه‌گیری فاصله محل برش تا طبق به‌دست آمد.

ارزیابی ارقام متحمل و حساس به تنش خشکی با استفاده از شاخص Ti (مقدار صفت در سطح تنش تقسیم بر مقدار صفت در سطح بدون تنش) برای صفات مورد مطالعه و شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) انجام شد (Zali et al., 2015; al., 2016). بعد از به دست آوردن شاخص Tiبرای هر صفت از آنها برای پیدا کردن فاصله هر ژنوتیپ از ژنوتیپ ایده‌آل مثبت (d^+) (رابطه ۱) و فاصله هر ژنوتیپ از ژنوتیپ ایده‌آل منفی (d^-) (رابطه ۲) استفاده شد.

رابطه ۱

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(Ti_{ij} - Ti_j^+)^2} \quad i=1,\ldots,n$$

رابطه ۲

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(Ti_{ij} - Ti_j^-)^2} \quad i=1,\ldots,n$$

در رابطه فوق، Ti^+ برابر با بیشترین مقدار شاخص در صفت j در بین تمام ارقام و Ti^- برابر کمترین مقدار شاخص در صفت j در بین تمام ارقام می‌باشد. نهایتاً شاخص SIIG براساس فرمول زیر (رابطه ۳) محاسبه شد (Zali et al., 2016؛ Zali et al., 2015).

رابطه ۳

$$SIIG = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad 0 \le SIIG \le 1 \text{ و } i=1,\ldots,n$$

در رابطه فوق i نشان دهنده رقم می‌باشد. تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه و مقایسه میانگین آنها به‌وسیله آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹) صورت گرفت. برای محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) از نرم‌افزار Excel استفاده شد. علاوه بر استفاده از روش SIIG برای مقایسه ژنوتیپ‌ها با یکدیگر در این تحقیق، گروه‌بندی ارقام مورد مطالعه با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به‌روش حداقل واریانس وارد[1] با استفاده از میانگین ارقام برای شاخص Ti انجام شد تا نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای با نتایج حاصل از روش SIIGمقایسه شود.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر تمام صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۱). بین ارقام مورد بررسی در تمام صفات در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). برهمکنش تنش × رقم فقط برای صفت عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱) که این مطلب بیانگر این است که واکنش ارقام در شرایط بدون تنش و تنش خشکی در مورد صفت عملکرد دانه تفاوت دارد. در این راستا در بررسی اثر تنش خشکی در آفتابگردان آجیلی مشخص شد که تنش خشکی بر صفات تعداد روز تا رسیدگی، تعداد دانه در طبق، ارتفاع بوته و عملکرد دانه اثر معنی‌داری داشت (Rezaizad et al., 2023). سلیمانی قزلجه و همکاران (Soleymani Ghezeljeh et al., 2016) در مطالعه تنوع ژنتیکی لاین‌های آفتابگردان روغنی تحت شرایط آبیاری معمولی و آبیاری محدود نشان دادند که برهمکنش تنش × ژنوتیپ برای صفات ارتفاع بوته و عملکرد دانه معنی‌دار و برای صفت روز تا رسیدگی فیزیولوژیک غیر معنی‌دار بود. در مطالعه تنوع فنوتیپی و ژنتیکی ژنوتیپ‌های آفتابگردان دانه روغنی در شرایط نرمال و تنش خشکی گزارش شد که اثر محیط (تنش) برای عملکرد دانه، ارتفاع بوته و وزن صد دانه معنی‌دار شد و برهمکنش محیط در ژنوتیپ برای صفات ارتفاع بوته معنی‌دار و برای صفات وزن صد دانه و عملکرد دانه غیر معنی‌دار بود (Saremirad and Mostafavi, 2020).

تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار در تمام صفات مورد مطالعه گردید (جدول ۲ و ۳). در مطالعه دربانی و همکاران (Darbani et al., 2021) مشخص شد که صفات وزن هزاردانه و عملکرد دانه در اثر تنش رطوبتی کاهش پیدا کردند. کاهش معنی‌دار صفات ارتفاع بوته، عملکرد دانه و وزن صد دانه در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های آفتابگردان دانه روغنی مشاهده شد (Saremirad and Mostafavi, 2020). نتایج بیانگر این مطلب است که گیاهان در شرایط تنش خشکی سریع‌تر وارد مرحله رسیدگی شده‌اند (جدول ۲) که می‌تواند یک مکانیسم فرار از خشکی باشد. در بررسی انجام شده توسط رضایی‌زاد و همکاران (Rezaizad et al., 2023) گزارش شد که تنش خشکی باعث کاهش تعداد روز تا رسیدگی در آفتابگردان شد. تنش رطوبتی به‌واسطه خشک شدن دانه‌های گرده و کلاله مادگی و همچنین کاهش فعالیت حشرات، می‌تواند باعث کاهش تعداد دانه در طبق گردد (Aboutalebian and Baba Raeisi, 2017). یکی از دلایل مهم افت عملکرد در اثر تنش خشکی، افزایش عقیمی دانه‌های گرده و کاهش اندام فتوسنتزی در نتیجه ریزش برگ‌ها می‌باشد (Rauf and Sadaqat, 2007). با توجه به اینکه مواد موردنیاز برای تغذیه در گیاه باید به‌صورت محلول در آب درآیند؛ در هنگام وقوع تنش خشکی آب مورد نیاز برای اینکه مواد غذایی در دسترس گیاه قرار گیرد کاهش می‌یابد و بنابراین گیاه مجبور به کاهش رشد رویشی و اتمام زود هنگام مرحله رشد رویشی می‌شود و در نتیجه ارتفاع، تعداد روز تا رسیدگی و عملکرد گیاه کاهش می‌یابد (Mohammadi et al., 2006). کاهش رطوبت قابل دسترس گیاه موجب کاهش تولید مواد فتوسنتزی و اختلال در انتقال مجدد و تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده و این موضوع باعث کاهش وزن هزاردانه می‌گردد (Darbani et al., 2021).

1- Ward

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.61186/jcb.15.48.31]

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی در ارقام آفتابگردان در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی
Table 1. Combined analysis of variance for studied traits in sunflower cultivars under normal and drought stress conditions

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	تعداد دانه در طبق Seed number per head	وزن هزار دانه 1000 seed weight	ارتفاع بوته Plant height	تعداد روز تا رسیدگی Number of days to maturing
تنش Stress	1	21887658.1**	63578.9**	320.6**	646.9**	1571.6**
تنش (تکرار) Stress (Replication)	4	248.9	114.9	1.8	1.4	2.2
رقم Cultivar	9	867203.7**	20003.5**	148.3**	351.4**	155.1**
تنش × رقم Stress × Cultivar	9	24095.9**	954.8^{ns}	5.5^{ns}	32.6^{ns}	7.6^{ns}
خطا Error	36	3392.2	538.1	3.4	27.9	15.6
ضریب تغییرات (٪) CV	-	2.1	2.7	3.11	3.61	4.15

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد
^{ns}, * and **: Non-significant and significant at 5 and 1% probability levels respectively

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تنش در ارقام آفتابگردان
Table 2.Mean comparison of stress effect in sunflower cultivars

شرایط آزمایش Experiment condition	تعداد دانه در طبق Seed number per head (no.)	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seed weight (g)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد روز تا رسیدگی Number of days to maturing (no.)
بدون تنش Non-stress	874.7^{a}	61.9^{a}	149.8^{a}	100.6^{a}
تنش خشکی Drought stress	805.2^{b}	56.8^{b}	142.5^{b}	89.4^{b}
خطای استاندارد Standard error	11.92	0.97	2.8	2.04

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۵٪ در آزمون LSD با هم ندارند.
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level by the LSD's test

با توجه به معنی‌دار شدن برهمکنش تنش × رقم برای صفت عملکرد دانه ابتدا برش‌دهی تجزیه واریانس برای برهمکنش تنش × رقم برای این صفت (جدول ۳) انجام شد و سپس با توجه به معنی‌دار شدن این برش‌دهی برای تمام ارقام در شرایط مختلف آزمایش، مقایسه میانگین این صفت برای شرایط مختلف آزمایش (جدول ۴) انجام گرفت. بر اساس نتایج این جدول مشخص شد که در شرایط بدون تنش بیشترین عملکرد دانه در رقم فرخ (۳۹۶۱ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه در رقم هایسان ۳۳ (۲۸۷۱ کیلوگرم در هکتار) دیده شد. در شرایط تنش خشکی رقم فرخ (۲۷۸۱ کیلوگرم در هکتار) بیشترین و رقم هایسان ۳۳ (۱۶۲۴ کیلوگرم در هکتار) کمترین مقدار عملکرد دانه را داشتند. برهمکنش تنش × رقم در سایر صفات مورد مطالعه غیر معنی‌دار بود و به این دلیل از مقایسه میانگین اثرات اصلی رقم (جدول ۵) استفاده گردید. بیشترین تعداد دانه در طبق در رقم فرخ (۹۲۴/۲) دیده شد و این رقم با رقم برزگر اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین تعداد دانه در طبق در ارقام هایسان ۳۳ (۷۶۱/۳) و آل‌استار (۷۶۳/۸) مشاهده شد (جدول ۵). بیشترین مقدار وزن هزاردانه در رقم برزگر (۶۹/۴ گرم) و کمترین مقدار وزن هزاردانه در ارقام هایسان ۳۳ (۵۳/۴ گرم) و گلسا (۵۳/۴ گرم) مشاهده شد (جدول ۵). از نظر ارتفاع بوته بیشترین مقدار در ارقام هایسان ۳۳، گلسا و گلشید و کمترین آن در رقم فرخ دیده شد (جدول ۵). رقم هایسان ۳۳ (۱۰۴/۱) بیشترین و رقم فرخ (۸۶/۵) کمترین تعداد روز تا رسیدگی را داشتند (جدول ۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین ارقام برای صفات مورد بررسی می‌توان بیان کرد که ارقام فرخ، برزگر و شمس در اغلب صفات مورد بررسی بیشترین مقدار را داشت و بنابراین می‌توان این ارقام را برای کشت در هر دو شرایط آزمایش پیشنهاد داد.

جدول ۳- برش‌دهی برهمکنش تنش × رقم برای عملکرد دانه در ارقام آفتابگردان
Table 3. Slice of stress×genotype for grain yield in sunflower cultivars

منبع تغییرات SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares
آذرگل Azargol	1	2685366**
آل‌استار All-star	1	2358774**
مستر Master	1	2069880**
هایسان ۳۳ Hysun33	1	2134873**
گلسا Golsa	1	1808406**
قاسم Ghasem	1	1340105**
فرخ Farrokh	1	2088600**
شمس Shams	1	2649361**
گلشید Golshid	1	2910256**
برزگر Barzegar	1	2156401**

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد
**: significant at 1% probability level

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.61186/jcb.15.48.31]

جدول ۴– مقایسه میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) در ارقام آفتابگردان در شرایط بدون تنش و تنش خشکی
Table 4. Mean comparison of grain yield (kg/ha) in sunflower cultivars under normal and drought stress conditions

رقم Cultivar	بدون تنش Non-stress	تنش خشکی Drought Stress
آذرگل Azargol	3516[d]	2178[e]
آل‌استار All-star	2942[i]	1688[i]
مستر Master	3292[f]	2117.3[f]
هایسان ۳۳ Hysun33	2817[j]	1624[j]
گلسا Golsa	3073[h]	1975[g]
قاسم Ghasem	3436.2[e]	2491[c]
فرخ Farrokh	3961[a]	2781[a]
شمس Shams	3694[c]	2365[d]
گلشید Golshid	3215[g]	1822.1[h]
برزگر Barzegar	3811[b]	2612[b]
میانگین Mean	3375.7[a]	2165.3[b]

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۵٪ در آزمون LSD با هم ندارند.
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level by the LSD's test.

جدول ۵– مقایسه میانگین صفات در ارقام آفتابگردان
Table 5.Mean comparison of traits in sunflower cultivars

رقم Cultivar	تعداد دانه در طبق Seed number per head (no.)	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seed weight (g)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد روز تا رسیدگی Number of days to maturing (no.)
آذرگل Azargol	856.2[d]	59.2[cd]	145.1[bc]	97.2[b]
آل‌استار All-star	763.8[g]	55.8[e]	149.3[b]	98.1[b]
مستر Master	824.6[e]	58.2[cd]	145.4[bc]	95.5[bc]
هایسان ۳۳ Hysun33	761.3[g]	53.4[f]	157.2[a]	104.1[a]
گلسا Golsa	806.7[ef]	53.4[f]	156.1[a]	100.1[ab]
قاسم Ghasem	862.9[cd]	59.7[c]	136.5[de]	90[de]
فرخ Farrokh	924.2[a]	62.6[b]	133.9[e]	86.5[e]
شمس Shams	889.4[bc]	64.7[b]	142.4[cd]	92[cd]
گلشید Golshid	794.4[f]	57.1[de]	156.5[a]	97[b]
برزگر Barzegar	916.2[ab]	69.4[a]	139.3[cde]	90[de]

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۵٪ در آزمون LSD با هم ندارند.
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level by the LSD's test.

میانگین ارقام مورد مطالعه بر اساس شاخص Ti (جدول ۶) برای صفت عملکرد دانه نشان داد که رقم قاسم بیشترین و رقم گلشید کمترین مقدار شاخص Ti را داشتند. در مورد صفت وزن هزاردانه بیشترین مقدار شاخص Ti در ارقام فرخ و شمس و کمترین آن در رقم آذرگل دیده شد (جدول ۶). بالاترین مقدار این شاخص برای صفت تعداد دانه در طبق مربوط به رقم قاسم و پایین‌ترین مقدار آن مربوط به رقم آل‌استار بود (جدول ۶). از نظر صفت ارتفاع بوته رقم آل‌ستار بیشترین مقدار شاخص Ti و رقم آذرگل کمترین مقدار این شاخص را داشت (جدول ۶). شاخص Ti برای صفت تعداد روز تا رسیدگی در رقم آل‌ستار بیشترین و در رقم گلشید کمترین مقدار بود (جدول ۶). بر اساس مقادیر شاخص Ti می‌توان این چنین نتیجه گرفت که ارقام قاسم، فرخ و شمس بیشترین مقدار این شاخص را برای صفات عملکرد دانه، وزن هزاردانه و تعداد دانه در طبق داشتند و بنابراین می‌توان بیان کرد که این ارقام تحمل بیشتری به تنش خشکی داشتند.

جدول ۶- میانگین شاخص Ti صفات مورد مطالعه در ارقام آفتابگردان
Table 6. Means for Ti index of studied traits in sunflower cultivars

رقم Cultivar	عملکرد دانه grain yield	تعداد دانه در طبق Seed number per head	وزن هزار دانه 1000 seed weight	ارتفاع بوته Plant height	تعداد روز تا رسیدگی Number of days to maturing
آذرگل Azargol	0.62	0.91	0.87	0.9	0.88
آل‌استار All-star	0.57	0.86	0.91	0.99	0.94
مستر Master	0.64	0.93	0.94	0.98	0.87
هایسان ۳۳ Hysun33	0.58	0.91	0.89	0.95	0.89
گلسا Golsa	0.64	0.89	0.93	0.91	0.88
قاسم Ghasem	0.72	0.97	0.94	0.96	0.89
فرخ Farrokh	0.70	0.92	0.95	0.98	0.90
شمس Shams	0.64	0.94	0.95	0.92	0.87
گلشید Golshid	0.56	0.88	0.88	0.96	0.86
برزگر Barzegar	0.68	0.95	0.89	0.94	0.87
ژنوتیپ ایده‌آل	0.72	0.97	0.95	0.9	0.86
ژنوتیپ غیر ایده‌آل	0.56	0.86	0.87	0.99	0.94

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.61186/jcb.15.48.31]

برای محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) برای هر رقم در این مطالعه از شاخص Ti استفاده گردید. پس از محاسبه شاخص Ti برای هر صفت بیشترین و کمترین مقدار این شاخص برای هر صفت انتخاب شد و از این مقادیر برای محاسبه فاصله هر رقم از ژنوتیپ ایده‌آل مثبت (d^+) و منفی (d^-) استفاده شد (جدول ۷). با توجه به اینکه مقدار SIIG بین صفر و یک است، ژنوتیپ‌هایی که مقدار شاخص آن‌ها نزدیک به یک باشد ژنوتیپ‌های برتر و ژنوتیپ‌هایی که مقدار شاخص در آن‌ها نزدیک به صفر باشد، ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در نظر گرفته می‌شوند (Yaghooti Poor et al., 2017). در واقع شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل یک مدل گزینش‌گر بوده و به‌منظور انتخاب ایده‌آل‌ترین ژنوتیپ(ها) از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی به‌کار می‌رود و با استفاده از این شاخص محقق تصمیم نهایی را در انتخاب بهترین و ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد مطالعه می‌گیرد (Zali et al., 2015; Zali et al., 2016). انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل با استفاده از شاخص Ti در ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های گندم دوروم (Tadili et al., 2020) و رازیانه (Dadashi Jamiran et al., 2020) به‌کار رفته است. قلی‌زاده و همکاران (Gholizadeh et al., 2021) از روش SIIG برای گزینش هیبریدهای جدید آفتابگردان با عملکرد بالا و خصوصیات زراعی مطلوب استفاده کردند. زالی و همکاران (Zali et al., 2016) از روش SIIG در تجزیه پایداری کلزا استفاده کردند و گزارش نمودند که این شاخص روشی مناسب به‌منظور ادغام صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و همچنین سایر روش‌های تجزیه پایداری می‌باشد. یاقوتی‌پور و همکاران (Yagooti Poor et al., 2017) از روش SIIG در گزینش لاین‌های متحمل و حساس به خشکی از بین لاین های مورد مطالعه در گندم نان استفاده کردند. براساس نتایج جدول ۷ رقم قاسم با کمترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل مثبت (d^+= ۰/۰۲۱) و با بیشترین فاصله از ژنوتیپ غیر ایده‌آل (d^-= ۰/۰۹۲) و با دارا بودن بیشترین مقدار SIIG (۰/۸۱۳) بیشترین تحمل به خشکی را داشت. ارقام قاسم، برزگر، فرخ، شمس و گلسا به‌علت داشتن مقادیر بیشتر SIIG تحمل بیشتری به تنش خشکی داشتند و برای کشت در شرایط محدودیت آبی پیشنهاد می‌شوند. ارقام آل‌استار، گلشید و هایسان ۳۳ از نظر SIIG جزء ارقام حساس به تنش خشکی می‌باشند.

جدول ۷- رتبه‌بندی ارقام آفتابگردان بر اساس مقدار SIIG

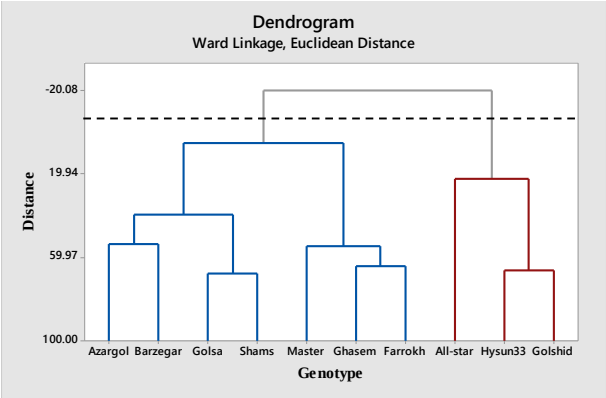
Table 7. Ranking of sunflower cultivars based on SIIG

رقم Cultivar	d^+	d^-	SIIG	رتبه‌بندی Ranking
آذرگل Azargol	0.063	0.044	0.413	7
آل‌استار All-star	0.091	0.014	0.138	10
مستر Master	0.05	0.054	0.519	6
هایسان ۳۳ Hysun33	0.08	0.027	0.255	8
گلسا Golsa	0.048	0.055	0.533	5
قاسم Ghasem	0.021	0.092	0.813	1
فرخ Farrokh	0.033	0.076	0.695	3
شمس Shams	0.043	0.062	0.591	4
گلشید Golshid	0.089	0.028	0.239	9
برزگر Barzegar	0.031	0.072	0.697	2

از تجزیه خوشه‌ای برای گروه‌بندی ارقام مورد بررسی با روش حداقل واریانس وارد و با به‌کار بردن میانگین شاخص Ti صفات استفاده گردید. براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای ارقام مورد مطالعه در دو گروه مجزا قرار گرفتند (شکل ۱). ارقام آذرگل، برزگر، گلسا، شمس، مستر، قاسم و فرخ در گروه اول و ارقام آل‌ستار، هایسان ۳۳ و گلشید در گروه دوم قرار گرفتند. ارقام گروه اول از نظر مقادیر شاخص Ti برای صفات عملکرد دانه، وزن هزاردانه و تعداد دانه در طبق از گروه دوم و از میانگین کل نیز برتر بودند و مقادیر شاخص Ti برای صفات ارتفاع بوته و تعداد روز تا رسیدگی در ارقام گروه اول از گروه دوم کمتر بود (جدول ۸). بر اساس نتایج جدول ۸ می‌توان بیان کرد که ارقام گروه اول (آذرگل، برزگر، گلسا، شمس، مستر، قاسم و فرخ) نسبت به تنش خشکی تحمل بالاتری دارند و ارقام آل‌استار، هایسان ۳۳ و گلشید که در گروه دوم قرار دارند نسبت به تنش خشکی حساس‌تر می‌باشند. نتایج تجزیه خوشه‌ای ارقام با استفاده از شاخص Ti و رتبه‌بندی ارقام با استفاده از SIIG تطابق زیادی با یکدیگر داشتند (جداول ۷ و ۸). روش تجزیه خوشه‌ای با استفاده از شاخص Ti برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم دوروم (Tadili et al., 2020) و رازیانه (Dadashi Jamiran et al., 2020) استفاده شده است.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.61186/jcb.15.48.31]



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای براساس شاخص Ti صفات مورد مطالعه
Figure 1. Dendrogram of cluster analysis based on Ti index of studied traits

جدول ۸- مقایسه میانگین گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای در ارقام آفتابگردان
Table 8. Comparison of clusters obtained from cluster analysis in sunflower cultivars

	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) grain yield (kg/ha)	تعداد دانه در طبق Seed number per head	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seed weight (gr)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد روز تا رسیدگی Number of days to maturing
گروه ۱ Group 1	0.67[a]	0.93[a]	0.93[a]	0.94[a]	0.88[a]
گروه ۲ Group 2	0.57[b]	0.88[b]	0.89[a]	0.97[a]	0.9[a]
میانگین Mean	0.64	0.92	0.92	0.95	0.89

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر تمام صفات مورد مطالعه داشت. بین ارقام مورد بررسی در تمام صفات تفاوت معنی‌دار وجود داشت. برهمکنش تنش × رقم فقط برای صفت عملکرد دانه معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین ارقام برای صفات مورد بررسی نشان داد که ارقام فرخ، برزگر و شمس در اغلب صفات مورد بررسی بیشترین مقدار را داشت. میانگین شاخص Ti صفات مورد مطالعه نشان داد که ارقام قاسم، فرخ و شمس بیشترین مقدار این شاخص را برای صفات عملکرد دانه، وزن هزاردانه و تعداد دانه در طبق داشتند. ارقام قاسم، برزگر، فرخ، شمس و گلسا به علت داشتن مقادیر بیشتر SIIG تحمل بیشتری به تنش خشکی داشتند و برای کشت در شرایط محدودیت آبی پیشنهاد می‌شوند. بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای ارقام آذرگل، برزگر، گلسا، شمس، مستر، قاسم و فرخ که در یک گروه قرار گرفتند؛ از نظر مقادیر شاخص Ti برای صفات عملکرد دانه، وزن هزاردانه و تعداد دانه در طبق از گروه دوم و از میانگین کل نیز برتر بودند و بنابراین می‌توان بیان کرد که این ارقام نسبت به تنش خشکی تحمل بالاتری دارند. نتایج تجزیه خوشه‌ای ارقام با استفاده از شاخص Ti و رتبه‌بندی ارقام با استفاده از SIIG تطابق زیادی با یکدیگر داشتند.

منابع

Abdollahi Hesar, A., Sofalian, O., Alizadeh, B., Asghari, A., & Zali, H. (2020). Evaluation of some autumn canola genotypes based on agronomy traits and SIIG index. *Jornal of Crop Breeding*, 12(34), 151-159 (In Persian).

Aboutalebian, M. A., & Baba Raeisi, A. (2017). Effect of zinc sulfate application method on maximum leaf area index, yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under water stress conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 48(2), 339-350 (In Persian).

Ahmadpour, S., Darvishzadeh, R., Sofalian, O., & Hatamzadeh, H. (2019). Evaluation of yield stability of sunflower inbred lines under salt stress conditions. *Journal of Crop Breeding*, 11, 1-10 (In Persian).

Amiri, R., Pezeshkpour, P., & Karami, I. (2021). Identification of lentil desirable genotypes using multivariate statistical methods and selection index of ideal genotype under rainfed conditions. *Journal of Crop Breeding*, 13(39), 140-151 (In Persian).

Ansarifard, I., Mostafavi, K., Khosroshahli, M. R., 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 and Nutrition*, 20, 1-8.

Biglouie, M. H., Assimi, M. H., & Akbarzadeh, A. (2010). Effect of water stress at different stages on quantity and quality traits of Virginia (flue cured) tobacco type. *Plant Soil Environment*, 2, 67-75.

Dadashi Jamiran, Gh., Asghari, A., Ebadi, A., & Yousefi Azarkhanian, M. (2020). Evaluation of biochemical and antioxidant characters in fennel (*Foeniculum vulgare*) ecotypes under drought stress. *Journal of Crop Breeding*, 12(33), 140-149 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.61186/jcb.15.48.31]

Darbani, S.P., Mehrabi, A. A., Pordad, S. S., Maleki, A., & Farshadfar, M. (2021). Evaluation of reaction of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes in terms of yield and yield components under water stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 13(4), 1063-1076 (In Persian). http:// dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2275.1583.

Gholizadeh, A., Ghaffari, M., & Shariati, F. (2021). Use of selection index of ideal genotype (SIIG) in order to select new high yielding sunflower hybrids with desirable agronomic characteristics. *Journal of Crop Breeding*, 13(38), 116-123 (In Persian).

Hwang, C. L., & Yoon, K. P. (1981). Multiple attribute decision making methods and applications. Springer. New York.

Khomari, A., Mostafavi, Kh., & Mohammadi, A. (2017). Stability study of yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars using AMMI method. *Journal of Crop Breeding*, 9 (23), 117-124. (In Persian).

Mohammadi, A, Majidi, E., Bihamta, M. R., & Heidari Sharilabad, H. (2006). Evaluation of drought stress on agro-morphological characteristics in some wheat cultivars. *Pajouhesh and Sazandegi*, 73, 184-192 (In Persian).

Munns, R., & James, R. A. (2003). Screening methods for salinity tolerance: A case study with tetraploid wheat. *Plant and Soil*, 253, 201-218.

Najafi Mirak, T., Dastfal, M., Andarzian, B., Farzadi, H., Bahari, M., & Zali, H. (2018). Assessment of nonparametric methods in selection of stable genotypes of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 20, 126-138 (In Persian).

Raman, A., Verulkar, S., Mandal, N., Variar, M., Shukla, V., Dwivedi, J., Singh, B., Singh, O., Swain, P., Mall, A., Robin, S., Chandrababu, R., Jain, A., Ram, T., Hittalmani, S., Haefele, S., Piepho, H., & x Kumar, H. (2012). Drought yield index to select high yielding rice lines under different drought stress severities. *Rice*, 5, 1-12.

Rauf, S., & Sadaqat, H. A. (2007). Effects of varied water regimes on root length, dry matter partitioning and endogenous plant growth regulators in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Plant Interactions*, 2(1), 41-51.

Rezaizad, A., Arman, Sh., Sadat Asilan, K., & Mansourifar, S. (2023). Effect of plant density and drought stress on important agronomic characteristics of confectionery sunflower. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(4), 991-1003 (In Persian).

Saremirad, A., & Mostafavi, Kh. (2020). Study of genetic and phenotypic diversity of sunflower (*Helianthus annus* L.) genotypes for agro-morphological traits under normal and drought stress conditions. *Plant Productions*, 43(2), 227-240. doi: 10.22055/ppd.2020.27588.1671. (In Persian).

Soleymani Ghezeljeh, A., Darvishzadeh, R., Ebrahimi, A., & Bihamta, M. R. (2016). Assessment of the reaction of oily sunflower inbred lines to drought stress**.** *Modares Journal of Biotechnology*, 7(1), 55-70. (In Persian).

Tadili, S., Asghari, A., Karimizadeh, R., Sofalian, O., & Mohammaddoust Chamanabad, H. (2020). Evaluation of drought stress tolerance in advanced lines durum wheat using the selection index of ideal genotype (SIIG). *Journal of Crop Ecophysiology*, 14(1), 45-62. (In Persian).

Yaghooti Poor, A., Farshadfar, E., & Saeedi, M. (2017). Evaluation of bread wheat papilloma virus genotypes for drought tolerance using suitable combination method. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 10, 247-256 (In Persian).

Zali, H., & Barati, A. (2020). Evaluation of selection index of ideal genotype (SIIG) in other to selection of barley promising lines with high yield and desirable agronomy traits. *Jornal of Crop Breeding*, 12(34), 93-104. (In Persian)

Zali, H., Hasanloo, T., Sofalian, O., Asghari, A., & Enayati Shariatpanahi, M. (2019). Identifying drought tolerant canola genotypes using selection index of ideal genotype. *Journal of Crop Breeding*, 11(29), 117-126 (In Persian).

Zali, H., Hasanloo, T., Sofalian, O., Asghari, A., & Zeinalabedini, M. (2016). Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in canola. *Journal of Crop Breeding*, 8(20), 77-90. (In Persian).

Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asghari, A., & Hoseini, S. M. (2015). Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. *Biological Forum-An International Journal*, 7(2), 703-711.

Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asghari, A., & Zeinalabedini, M. (2017). Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in canola. *Journal of Crop Breeding*, 78, 20. 77-90. (In Persian).

Zareei Siahbidi, A., Rezaizad, A., & Daneshian, J. (2020). Effect of deficit irrigation on seed yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 22(1), 1-14 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.61186/jcb.15.48.31]