Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 16, Issue 2, 2024 p: 80-92

OPEN ACCESS

Research Paper

The Stability of Seed Yield in Cumin Ecotypes in Different Planting Dates Using Multivariate Methods

Seid Mohammad Alavi–Siney[1], Reza Youneszadeh[2], Ali Abasi[3], Ahmad Aein[1] and Hamid Reza Fanaei[4]

1- Facualty member, Crop and Horticultural Science Research Department, Southern Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran,
(Corresponding author: M.alavis@areeo.ac.ir)
2- Expert of Crop and Horticultural Science Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran
3- Faculty member of Plant Protection Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran
4- Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Received: 7 December, 2023 Revised: 6 February, 2024 Accepted: 12 February, 2024 Available Online: 6 May, 2024

Extended Abstract

Background: Cumin (*Cuminum cyminum* L.) is an aromatic, annual herbaceous plant from the Apiaceae family. Cumin is one of the tolerant medicinal plants to water deficit conditions with a short growth period, which can produce acceptable and economic yield under water deficit conditions. This plant is currently the second most used spice in the world after pepper (*Pepper nigrum*), suggesting its high importance. This experiment aimed to evaluate ecotypes, planting dates, and relationships between ecotypes and planting dates and to identify high-yield cumin stable ecotypes using AMMI and GGE bi-plot methods.

Methods: The stability of the grain yield of seven cumin ecotypes (Bardascan, Birjand, Taibad, Davarzan, Ferdos, Salehabad, and Nehbandan) was investigated in an experiment based on randomized complete blocks design with three replications in four planting dates (November 6, December 6, January 5, and February 5) at the research farm of the Southern Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center during 2020-2021 crop year. The seeds were planted by hand on the rows at a depth of 1 cm with a distance of 5 cm from each other. The distance between the rows was 20 cm. Seeds were irrigated with the drip method, and weeds were controlled by hand. The plants were harvested after physiological maturity, and the grains were separated from other organs and recorded as the grain yield of each plot. The yield stability of the ecotypes was analyzed using the AMMI model, and the first and second interaction components of AMMI (IPCA1 & IPCA2) were used as stability parameters for the ecotypes and the planting dates (environments). The GGE bi-plot method was used to analyze the obtained data, interpret the ecotype and planting date interaction, and determine mega-environments.

Results: The results of compound variance analysis showed significant effects of the environment (planting date), ecotype, and the interaction of planting date × ecotype. Due to the significance of the environmental effect and the justification of 80% of the variation by this effect, as well as the significance of the planting date × ecotype, stability analysis of grain yield was conducted for ecotypes in different planting dates. The results of AMMI analysis showed that the two components, IPCA1 (AMMI 1) and IPCA2 (AMMI 2), included 93.56% of the total variance of the genotype × environment interaction. The AMMI stability value (ASV) was used for the simultaneous use of all components. The ASV statistic indicated that the Nehbandan ecotype with the lowest value (1.91) was the most stable ecotype, and the Ferdos and Salehabad ecotypes with the highest ASV value were the most unstable ecotypes. The results of the GGE biplot method revealed that the first and second principal components accounted for 93% of the total variation related to the ecotype and planting date interaction, which indicated the validity of the GGE-biplot analysis. Based on GGE biplot results, planting dates of November 6 and December 6 were in the same megaenvironment and produced the highest grain yield. Similarly, the two planting dates of January 5 and February 5 were in the same megaenvironment and produced the lowest grain yield. The graphs showed that the Ferdos ecotype had high special adaptability with the planting dates of November 6 and December 6, and the Birjand and Davarzen ecotypes had high special adaptability with the planting dates of January 5 and February 5. The Taibad, Salehabad, and

Copyright ©2024 Alavi-Siney et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 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.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.80]

Nehbandan ecotypes had no special compatibility with the studied planting dates. Ferdos and Birjand ecotypes had a higher average grain yield than the other ecotypes, but they were placed in the group of ecotypes with low stability due to their distance from the AEC line. The Nehbandan was the most stable ecotype due to its adjacency to the AEC line, but it produced a low grain yield. In addition, the results of the GGE bi-plot showed that the Birjand was the closest ecotype to the ideal genotype hence it was considered the most desirable ecotype. Bardascan, Ferdos, and Daverzan ecotypes were the ecotypes in the next ranks in terms of desirability, and Salehabad and Taibad ecotypes were identified as undesirable ecotypes due to their greatest distance from the ideal genotype.

Conclusion: The results of compound variance analysis showed significant effects of the environment (planting date), ecotype, and the planting date × ecotype interaction effect. The biplot results of AMMI analysis showed that the Nehbandan ecotype was the most stable and Ferdos and Salehabad ecotypes were the most unstable ecotypes. This was also confirmed through the ASV. The results of the GGE bi-plot indicated that the planting dates of November 6 December 6 with the highest average grain yields were located in a mega-environment, and the two January 5 and February 5 planting dates, with the lowest average grain yields, were also located in the same mega-environment. This can indicate the determination of the time range of the planting date to obtain an acceptable yield, although the yield decreased with a delay in planting. Finally, the figure showed that the Nehbandan was the most stable ecotype with below the average yield, and Birjand was the most ideal ecotype. Therefore, it can be concluded that the Birjand ecotype cultivation not only produces a high yield but also has high relative stability.

Keywords: AMMI analysis, ASV, Birjand ecotype, GGE Bi-plot

How to Cite This Article: Alavi-Siney., S. M., Youneszadeh, R., Abasi, A., Aein, A., & Fanaei, H. R. (2024). The Stability of Seed Yield in Cumin Ecotypes in Different Planting Dates Using Multivariate Methods. *J Crop Breed,* 16(2), 80-92. DOI: 10.61186/ jcb.16.2.80

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.80]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

بررسی پایداری عملکرد دانه اکوتیپ‌های زیره سبز در تاریخ‌های مختلف کاشت با استفاده از روش‌های چندمتغیره

سید محمد علوی سینی[۱]، رضا یونس زاده[۲]، علی عباسی[۳]، احمد آئین[۴] و حمیدرضا فنائی[۵]

۱- عضو هیأت علمی بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران، (نویسنده مسوول: M.Alavis@areeo.ac.ir)

۲- کارشناس بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران

۳- عضو هیأت علمی بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران

۴- عضو هیأت علمی بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران

۵- عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۱۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۳ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۲/۱۷

صفحه: ۸۰ تا ۹۲

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: زیره سبز با نام علمی (*Cuminum cyminum* L) از خانواده چتریان (Apiaceae (Umbelliferae، گیاهی معطر، یکساله و علفی است. این گیاه یکی از گیاهان دارویی متحمل به شرایط کم‌آبی با دوره رشد کوتاه می‌باشد که می‌تواند عملکرد قابل قبول و اقتصادی تحت شرایط کم‌آبی تولید نماید. همچنین زیره سبز در حال حاضر دومین ادویه پرمصرف جهان بعد از فلفل (*Pepper nigrum*) می‌باشد از این‌رو اهمیت بالایی دارد. در این آزمایش هدف ارزیابی اکوتیپ‌ها، محیط‌ها، روابط اکوتیپ‌ها و محیط‌ها و در نهایت شناسایی اکوتیپ‌های پایدار زیره سبز با عملکرد بالا با استفاده از روش‌های AMMI و GGE بای‌پلات بود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی پایداری عملکرد اکوتیپ‌های زیره سبز (بردسکن، بیرجند، تایباد، داورزن، فردوس، صالح آباد، نهبندان)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در چهار تاریخ کاشت (۱۵ آبان، ۱۵ آذر، ۱۵ دی و ۱۵ بهمن) در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان در سال زراعی۱۴۰۰-۱۳۹۹ انجام گرفت. بذرها با دست بر روی ردیف‌ها در عمق یک سانتی‌متری با فاصله ۵ سانتی‌متر از یکدیگر کشت شدند فاصله ردیف‌ها از یکدیگر ۲۰ سانتی‌متر بود. آبیاری به‌صورت قطره‌ای و وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. بوته‌ها پس از رسیدگی فیزیولوژیک برداشت و دانه‌ها از سایر اندام‌ها جداسازی شد و به‌عنوان عملکرد دانه هر کرت ثبت گردید. جهت تجزیه پایداری عملکرد اکوتیپ‌های مورد بررسی از مدل امی و از مولفه‌های اثر متقابل اول و دوم امی (IPCA1, IPCA2) به‌عنوان پارامترهای پایداری برای اکوتیپ‌ها و تاریخ کشت‌ها (محیط‌ها) استفاده گردید. جهت انجام آنالیز داده‌های به‌دست آمده و تفسیر اثر متقابل اکوتیپ× تاریخ‌کاشت و تعیین ابر محیط‌ها (Mega-emvironment) از روش GGE بای‌پلات استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر محیط (تاریخ کاشت)، اکوتیپ و اثرمتقابل تاریخ کاشت در اکوتیپ معنی‌دار است. باتوجه به معنی‌داری اثر محیط و توجیه ۸۰ درصد تغییرات توسط این اثر و همچنین معنی‌داری اثرمتقابل، تجزیه پایداری عملکرد دانه برای اکوتیپ‌ها در تاریخ‌های کاشت مختلف انجام شد. نتایج تجزیه AMMI نشان داد که دو عامل یا مولفه IPCA1 (AMMI 1) و IPCA2 (AMMI 2) در مجموع ۹۳/۵۶ درصد از کل تغییرات واریانس اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را شامل می‌شود. برای استفاده همزمان از تمام مؤ لفه‌ها از ارزش پایداری امی (ASV) استفاده شد. آماره ASV نشان داد اکوتیپ نهبندان با کمترین مقدار (۱/۹۱) پایدارترین اکوتیپ بود و اکوتیپ‌های فردوس و صالح آباد با بالاترین مقدار ASV ناپایدارترین اکوتیپ‌ها بودند. همچنین نتایج حاصل از روش GGE بای‌پلات نشان داد که دو مؤلفه اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۸۳/۷۱ و ۹/۲۹ درصد و در مجموع ۹۳ درصد از تنوع مربوط به برهمکنش اکوتیپ× تاریخ کاشت را توجیه نمودند که نشان‌دهنده اعتبار تجزیه GGE بای‌پلات انجام شده است. براساس تجزیه GGE بای‌پلات تاریخ‌های کاشت ۱۵ آبان و ۱۵ آذر در یک ابرمحیط قرار گرفتند و بیشترین متوسط عملکرد دانه را داشتند و دو تاریخ کاشت ۱۵دی و ۱۵بهمن نیز در یک ابرمحیط قرار گرفتند و کمترین متوسط عملکرد دانه را دارا بودند. نمودارها نشان داد که اکوتیپ فردوس سازگاری خصوصی بالایی به دو تاریخ کاشت ۱۵ آبان و ۱۵ آذر دارد و اکوتیپ‌های بیرجند و داورزن سازگاری خصوصی بالایی با تاریخ کاشت‌های ۱۵دی و ۱۵بهمن دارند. اکوتیپ‌های تایباد، صالح‌آباد و نهبندان هیچ سازگاری خصوصی با تاریخ کاشت‌های مورد بررسی نشان ندادند. در این مطالعه اکوتیپ‌های فردوس و بیرجند هر چند از متوسط عملکرد دانه بالاتری در مقایسه با دیگر اکوتیپ‌ها برخوردار بودند اما به‌واسطه فاصله‌ای که از خط AEC داشتند در گروه اکوتیپ‌های با پایداری کم قرار گرفتند. در این پژوهش اکوتیپ نهبندان به‌واسطه نزدیکی به خط AEC پایدارترین اکوتیپ بود اما از عملکرد دانه پایینی برخوردار بود. همچنین نتایج GGE بای‌پلات نشان داد اکوتیپ بیرجند نزدیک‌ترین اکوتیپ به ژنوتیپ ایده‌آل بود و مطلوب‌ترین اکوتیپ محسوب می‌گردد. اکوتیپ‌های بردسکن، فردوس و داورزن، اکوتیپ‌هایی هستند که در رتبه‌های بعدی از لحاظ مطلوبیت قرار دارند و اکوتیپ‌های صالح‌آباد و تایباد به‌خاطر داشتن بیشترین فاصله با ژنوتیپ ایده‌آل نامطلوب‌ترین اکوتیپ‌ها شناسایی شدند.

نتیجه‌گیری: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر محیط (تاریخ کاشت)، اکوتیپ و اثرمتقابل تاریخ کاشت در اکوتیپ کاملاً معنی‌دار است. نتایج بای‌پلات تجزیه AMMI نشان داد که اکوتیپ نهبندان پایدارترین و اکوتیپ‌های فردوس و صالح‌آباد ناپایدارترین اکوتیپ‌ها هستند. این موضوع از طریق آماره ارزش پایداری امی (ASV) نیز تأیید شد. همچنین نتایج GGE بای پلات نشان داد که تاریخ‌های کاشت ۱۵ آبان و ۱۵ آذر با دارا بودن بیشترین متوسط عملکرد دانه در یک ابرمحیط قرار دارند و دو تاریخ کاشت ۱۵دی و ۱۵بهمن که کمترین متوسط عملکرد دانه را داشتند نیز در یک ابرمحیط قرار گرفتند. این موضوع می‌تواند بیانگر مشخص شدن گستره زمانی تاریخ کشت برای حصول عملکرد قابل قبول باشد هرچند که با تاخیر در کشت، کاهش عملکرد وجود دارد. در نهایت نمودارها نشان دادند که اکوتیپ نهبندان پایدارترین اکوتیپ با عملکرد کمتر از حدمتوسط و اکوتیپ بیرجند ایده‌آل‌ترین اکوتیپ معرفی شد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اگر اکوتیپ بیرجند کشت گردد نه‌تنها عملکرد بالایی دارد بلکه پایداری نسبی بالایی نیز برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: اکوتیپ بیرجند، تجزیه امی، GGE بای‌پلات، ASV

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.80]

مقدمه

زیره سبز با نام علمی (*Cuminum cyminum* L) از خانواده چتریان (Apiaceae (Umbelliferae، گیاهی معطر، یکساله و علفی است (Moghaddam and Ghasemi Pirbalouti, 2017). منشأ آن نواحی مدیترانه‌ای می‌باشد که به نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان از قبیل خاورمیانه، هند و ترکیه گسترش یافته است. زیره یکی از قدیمی‌ترین و اقتصادی‌ترین گیاهانی است که به‌خاطر تحمل بالا به خشکی در شرایط در شرایط مناطق خشک و نیمه‌خشک کشت می‌شود (Hajlaoui *et al.*, 2010). زیره یک گیاه معطر چند منظوره می‌باشد که در سرتاسر جهان برای مصارف مختلف آشپزی و دارویی به‌کار برده می‌شود. این گیاه عموماً به‌عنوان چاشنی در غذاها مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌عنوان طعم‌دهنده در پنیر، ترشی و سوپ یک ادویه معمولی به‌حساب می‌آید (Thippeswamy and Akhilender Naidu, 2005; Hajlaoui *et al.*, 2010). با توجه به اینکه زیره سبز در حال حاضر دومین ادویه پرمصرف جهان بعد از فلفل (*Pepper nigrum*) می‌باشد از اهمیت بالایی برخوردار است (Mnif and Aifa, 2015; Kanani *et al.*, 2019). در مقیاس جهانی، تقاضای فزاینده‌ای برای دانه زیره سبز وجود دارد، زیرا منبع غنی برای پلی فنول‌های طبیعی و به‌عنوان یک ماده خام برای ترکیب در مواد مغذی، دارویی و مواد غذایی کاربردی است. زیره سبز علاوه بر مصارف دارویی و غذایی در صنایع بهداشتی و آرایشی نیز کاربرد دارد (Gondaliya *et al.*, 2018). این گیاه در حال‌حاضر در ایران، در استان‌های خراسان، آذربایجان شرقی، یزد، سمنان، اصفهان گلستان، فارس و کرمان کشت می‌گردد (Ghanbari *et al.*, 2017). با توجه به این‌که در ایران از اکوتیپ‌های محلی زیره سبز استفاده می‌شود و این توده‌ها از نظر کمی و کیفی بسیار متفاوت هستند، بنابراین در راستای تولید و معرفی ارقام جدید زیره سبز، علاوه بر میزان عملکرد دانه مطالعه و شناخت اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط و پایداری تولید با توجه به تنوع شرایط آب و هوایی مناطق مختلف، حائز اهمیت است. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط یکی از مسائل مهم در به‌نژادی گیاهان است که در آزادسازی و معرفی ژنوتیپ‌های اصلاح‌شده دارای اهمیت فراوان است. ارزیابی در شرایط محیطی مختلف به‌عنوان نمونه‌ای از محیط‌ها، پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها را مشخص می‌کند و ژنوتیپ‌های با اثر متقابل ژنوتیپ × محیط کمتر گزینش می‌گردند (Shiri and Bahrampour, 2015). ژنوتیپ‌هایی که عملکرد متوسط پایدار در تمام محیط‌ها نشان می‌دهند از پایداری بالایی برخوردارند، در حالیکه، ژنوتیپ‌های با پتانسیل ژنتیکی پرمحصول در شرایط خاص و پتانسیل عملکرد ضعیف در شرایط غیر هدف به‌عنوان ارقام با سازگاری خصوصی شناخته می‌شوند (Lin and Binns, 1991). با توجه به زمان‌بر بودن آزمایش‌های پایداری و سازگاری معمولاً برای کاهش طول دوره ارزیابی می‌توان از مدیریت‌های مختلف زراعی مانند تاریخ‌های متفاوت کاشت تا حدودی به آثار ثابت یا تصادفی سال و مکان دست یافت. تاریخ کاشت به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل شناخته شده در مدیریت تولید تمام محصولات است، باتوجه به نقش تعیین کننده عوامل اقلیمی بر رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی، تاریخ کاشت مناسب با انطباق دوره‌های بحرانی عملکرد و اجزای عملکرد با زمانی که منابع محیطی بیشتر در دسترس می‌باشند، می‌تواند منجر به حصول حداکثر عملکرد محصولات زراعی گردد. بنابراین تغییر در تاریخ کاشت به‌دلیل تغییر در پارامترهای آب و هوایی می‌تواند منجر به ایجاد محیط‌های رشدی متفاوت برای ارقام مختلف گیاهان زراعی باشد (Soleimani *et al.*, 2011). پژوهش‌گران نشان دادند که نسبت بالایی از کل تغییرات عملکرد مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت است که این امر به‌شدت می‌تواند انتخاب برای سازگاری وسیع به تاریخ‌های متفاوت کاشت را پیچیده کند (De la Vega and Hall, 2002). در دیگر مطالعات نیز سهم قابل‌توجهی از تغییرات را به اثر تاریخ کاشت و اثر ژنوتیپ در تاریخ کاشت نسبت داده‌اند (Ullah *et al.*, 2007). پژوهش‌گران با بررسی چهار اکوتیپ زیره سبز شامل سبزوار، بیرجند، کرمان و بیارجمند در سه تاریخ کاشت ۳۰ دی ماه، ۲۰ بهمن ماه و ۱۰ اسفند ماه گزارش کردند که در بین اکوتیپ‌های مورد بررسی، اکوتیپ سبزوار بیشترین عملکرد دانه را دارا بود. بیشترین عملکرد دانه در اکوتیپ سبزوار در تاریخ کاشت ۳۰ دی ماه تولید گردید. به‌طوری‌که عملکرد دانه اکوتیپ سبزوار در تاریخ کاشت ۳۰ دی ماه در مقایسه با ۱۰ اسفند ماه ۵/۴۷ درصد افزایش نشان داد (Rivandi *et al.*, 2020). در برنامه‌های معرفی ژنوتیپ‌های اصلاح شده، استفاده از عملکرد ژنوتیپ‌ها به‌تنهایی معیار مطلوبی جهت گزینش نیست، بلکه میزان سازگاری و پایداری نیز نقش مهمی را ایفاء می‌کند. بدین‌منظور آزمایش‌های مقایسه عملکرد در مناطق و سال‌های مختلف صورت می‌پذیرد (Farshadfar and Sutka, 2006). هر عاملی که جزئی از شرایط محیطی گیاه محسوب شود، توانایی ایجاد تغییر در عملکرد را دارد و با برهمکنش ژنوتیپ و محیط در ارتباط خواهد بود (Abdemishani and Shahnejatboshehri, 2008). روش‌های بررسی برهمکنش ژنوتیپ و محیط به‌طورکلی به دو گروه اصلی شامل روش‌های تک متغیره و چند متغیره تقسیم می‌شوند. در میان روش‌های چند متغیره، مدل اثرات اصلی افزایشی و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) روش کارآمدی برای حذف خطا (Noise) و آشکار کردن الگوی مناسب داده‌ها است (Yan and Hunt, 2002). از میان روش‌های چند متغیره دیگر می‌توان به‌روش بای‌پلات که بر مبنای تجزیه به مولفه‌های اصلی پیشنهاد شده است اشاره کرد (Yan *et al.*, 2000). نسخه‌های متنوعی از بای‌پلات بر اساس روش‌های آماری چند متغیره معرفی و به‌صورت گسترده توسط به‌نژادگران گیاهی به‌منظور تجزیه گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ× محیط استفاده شده است (Gauch, 2006). یک نسخه ویژه از بای‌پلات، GGE بای‌پلات (اثر اصلی ژنوتیپ، G و اثر متقابل اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، GE) است که به‌طور همزمان اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ× محیط

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.61186/jcb.16.2.80]

را در اختیار قرار می‌دهد. روش GGE بای‌پلات از طریق نمایش گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به به‌نژادگر کمک می‌کند تا به سادگی پایداری ژنوتیپ‌ها و ترکیب پایداری با عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف را ارزیابی کرده و همچنین استفاده از این روش امکان بررسی روابط میان محیط‌ها و شناسایی محیط‌های هدف در برنامه‌های به‌نژادی را به سادگی میسر می‌سازد (Yan *et al.*, 2000). از روش GGE بای‌پلات در گیاهان مختلف برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در آزمایش‌های چند محیطی به‌خوبی استفاده شده است (Tiwari, 2019; Zabet *et al.*, 2020; Gholizadeh *et al.*, 2022; Hasani *et al.*, 2023). هدف از انجام این پژوهش تجزیه اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط با استفاده از روش‌های AMMI و GGE بای‌پلات به‌منظور ارزیابی اکوتیپ‌ها، محیط‌ها، روابط اکوتیپ‌ها و محیط‌ها و در نهایت شناسایی اکوتیپ‌های پایدار زیره سبز با عملکرد بالا بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی پایداری عملکرد اکوتیپ‌های زیره سبز (بردسکن، بیرجند، تایباد، داورزن، فردوس، صالح‌آباد، نهبندان)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در چهار تاریخ کاشت (۱۵ آبان، ۱۵ آذر، ۱۵ دی و ۱۵ بهمن) در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان در سال زراعی۱۴۰۰-۱۳۹۹ انجام گرفت. عملیات شخم و دیسک و تسطیح زمین ۱۰ روز قبل از کشت صورت گرفت. طول هر کرت ۲ متر و عرض هر کرت ۱/۲ متر در نظر گرفته شد در هر کرت ۶ ردیف بذر کشت گردید به‌طوریکه فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بذور بر روی ردیف ۵ سانتی‌متر بود. فاصله کرت‌ها از یکدیگر یک متر و فاصله بین بلوک‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. بذور با ایجاد یک شیار با دست در عمق یک سانتی‌متری کشت گردیدند. با توجه به حساسیت زیره سبز به بیماری‌های قارچی و باکتریایی، کشت بر روی پشته‌ها انجام شد تا ریشه و طوقه بوته‌ها در معرض رطوبت بالا و شرایط مانداب قرار نگیرد. آبیاری به‌صورت قطره‌ای و از طریق نوار تیپ انجام شد. نوار تیپ در ابتدای رشد بر روی پشته قرار گرفت ولی در زمان قبل از گلدهی نوارها از روی پشته به داخل جوی منتقل شد. وجین علف‌های هرز در طی دوره رشد تا رسیدن دانه‌ها به‌صورت دستی انجام شد. بوته‌ها پس از رسیدگی فیزیولوژیک توسط کارگر برداشت و در آزمایشگاه زراعی بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات جنوب استان کرمان دانه‌ها از سایر اندام‌ها جداسازی شد و به‌عنوان عملکرد دانه هر کرت ثبت گردید. اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- آمار هواشناسی مربوط به محل اجرای آزمایش

Table 1. Meteorological statistics related to the site of the experiment

سال Year	پارامتر Parameter	ماه Month	آبان Novamber	آذر December	دی January	بهمن February	اسفند March	فروردین April	اردیبهشت May
۱۳۹۹ 2020	دما Temprature	حداقل Minimum	10.7	7.9	1.9	6	12.4	-	-
		حداکثر Maximum	29.9	23.4	20.6	25.6	29.1	-	-
	رطوبت نسبی (٪) Relative Humidity	-	37	53.8	40.3	38.6	48.3	-	-
	بارش (میلی‌متر) Percipitation	-	0.9	1.6	0	0	14.5	-	-
۱۴۰۰ 2021	دما Temprature	حداقل Minimum	-	-	-	-	-	13.4	17.2
		حداکثر Maximum	-	-	-	-	-	39.2	44.5
	رطوبت نسبی (٪) Relative Humidity	-	-	-	-	-	-	33.5	32.4
	بارش (میلی‌متر) Percipitation	-	-	-	-	-	-	0.2	3

تجزیه و تحلیل آماری

پس از بررسی برقراری مفروضات تجزیه واریانس، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای تجزیه امی بر اساس عملکرد دانه اکوتیپ‌های مختلف زیره‌سبز در تاریخ کشت‌های مختلف از نرم افزار Genstat استفاده شد. جهت تجزیه پایداری عملکرد اکوتیپ‌های مورد بررسی از مدل امی و از مولفه‌های اثر متقابل اول و دوم امی (IPCA1, IPCA2) به‌عنوان پارامترهای پایداری برای اکوتیپ‌ها و تاریخ کشت‌ها (محیط‌ها) استفاده گردید (Annicchiarico, 1997). جهت انجام آنالیز داده‌های به‌دست آمده و تفسیر اثر متقابل اکوتیپ× تاریخ‌کاشت و تعیین ابر محیط‌ها (Mega-emvironment) از روش GGE بای‌پلات استفاده شد. مدل GGE بای‌پلات بر پایه مقادیر ویژه تفکیک‌پذیر برای دو مولفه اول به‌صورت رابطه ذیل است:

$$Yij - \mu - \beta j = \lambda 1\ \xi i1\ \eta j1 + \lambda 2\ \xi i2\ \eta j2 + \varepsilon ij$$

که در این مدل Yij میانگین i امین تاریخ کاشت، μ میانگین کل، βj میانگین اثر تاریخ کاشت jام، λ2 و λ1 مقادیر ویژه برای اولین و دومین مولفه، ξi1و ξi2 بردارهای ویژه اکوتیپی، ηj1 و ηj2 بردارهای محیطی مولفه اول و دوم و εij مقدار باقیمانده برای اکوتیپ iام هستند (Raiger and Prabhakaran, 2001). مقدار آماره پایداری عملکرد با استفاده از ارزش امی (ASV) از فرمو ذیل محاسبه شد (Ghodrati Niari and Abdolshahi, 2015):

$$ASV_i = \sqrt{\left[\text{IPCA}_1\text{score} \times \frac{\text{SS IPCA}_1}{\text{SS G}\times\text{E}}\right]^2 + \left[\text{IPCA}_2\text{score} \times \frac{\text{SS IPCA}_2}{\text{SS G}\times\text{E}}\right]^2 + \cdots}$$

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.80]

ASV_i : ارزش پایداری امی برای ژنوتیپ iام

$SS\ IPCA_1$: مجموع مربعات مولفه اصلی اول برای ژنوتیپ‌ها

$SS\ G \times E$: مجموع مربعات اثرمتقابل ژنوتیپ در محیط

$IPCA_i score$: نمره مولفه اصلی برای ژنوتیپ iام

نتایج و بحث

پیش از تجزیه واریانس مرکب، همگنی واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت بررسی شد و با توجه به برقراری فرض صفر مبنی بر یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی، تجزیه واریانس مرکب برای چهار تاریخ کاشت انجام شد. نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب بر اساس عملکرد دانه نشان داد اختلاف بین اکوتیپ‌ها و تاریخ کاشت (اثرهای جمع‌پذیر) و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط از لحاظ عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. پژوهش‌گران دیگر نیز اثر اکوتیپ بر عملکرد دانه زیره سبز را معنی‌دار گزارش کردند (Karimi Afshar *et al.*, 2016; Azizi and Mirmiran, 2023). اکوتیپ و تاریخ کاشت به‌ترتیب ۹/۲۲ و ۸۰/۰۱ درصد از کل تغییرات داده‌ها را تبین کردند (جدول ۲). از آنجائی‌که تاریخ‌های کاشت حدود ۸۰ درصد تغییرات را به‌خود اختصاص دادند به‌خاطر تفاوت بالای بین تاریخ‌های کاشت، می‌توان با اطمینان هرکدام از تاریخ‌های کاشت را یک محیط در نظر گرفت. محققان دیگر نیز با تجزیه مرکب گزارش کردند که قسمت اعظم تغییرات مربوط به اثر محیط می‌باشد (Ghodrati Niari and Abdolshahi, 2015; Gholizadeh *et al.*, 2022). با توجه به معنی‌داری اثرمتقابل اکوتیپ × تاریخ کاشت و رفتار متفاوت اکوتیپ‌ها در محیط‌های (تاریخ‌کاشت) مختلف، این اثر به دو عامل یا مولفه IPCA1 (AMMI 1) و IPCA2 (AMMI 2) تجزیه شدند که هر دو مولفه اول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات اصلی و ضرب‌پذیر برای عملکرد دانه اکوتیپ‌های زیره سبز در چهار تاریخ کاشت

Table 2. Anova of of main and multiplicative effects for grain yield of cumin ecotypes in four planting dates

(S.O.V) منابع تغییر	(df) درجه آزادی	(MS) میانگین مربعات	(Variance%) درصد واریانس
Ecotype اکوتیپ	6	332263**	9.22
محیط (تاریخ کاشت) Environment (Planting date)	3	5768237**	80.01
بلوک (محیط) Block (Environment)	8	10029ns	0.37
اکوتیپ در تاریخ کاشت Ecotype×Planting date	18	106541**	8.87
IPCA 1	8	196237**	7.26
IPCA 2	6	37414**	1.04
(Noise)باقی مانده	4	30841**	0.57
(Error) خطای مرکب	48	6930	1.54
Totalکل	83		-

ns و **: به ترتیب عدم معنی داری و معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۱

ns and **: Non significant and significant at 0.01probability level

سهم مولفه اول (IPCA1) و دوم (IPCA2) به‌ترتیب ۷/۲۶ و ۱/۰۴ درصد از مجموع مربعات کل و ۸۱/۸۶ و ۱۱/۷۰ درصد از مجموع مربعات اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه نمود. همچنین دو عامل یا مولفه IPCA1 (AMMI 1) و IPCA2 (AMMI 2) در مجموع ۹۳/۵۶ درصد از کل تغییرات واریانس اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه نمودند (جدول ۲). برای استفاده همزمان از تمام مؤ لفه‌ها از ارزش پایداری امی (ASV) استفاده شد. هر چه مقدار ارزش این آماره پایین باشد اکوتیپ‌ها پایداری بیشتری دارند. در این مطالعه اکوتیپ‌های بیرجند، داورزن و نهبندان به‌ترتیب با ۲/۹۱، ۳/۲۸ و ۱/۹۱ کمترین مقادیر ASV را نشان داده و اکوتیپ‌های پایدار از نظر عملکرد دانه محسوب شدند. در حالی‌که اکوتیپ‌های فردوس و صالح‌آباد به‌ترتیب با مقادیر ۱۳/۳۸ و ۱۱/۵۵ از بالاترین مقادیر ASV برخوردار بوده و به‌عنوان اکوتیپ‌های ناپایدار شناخته شدند (جدول ۳). مقادیر متوسط عملکرد دانه و چهار اکوتیپ برتر در هر محیط در جدول ۴ آمده است. در این آزمایش تاریخ کاشت‌های ۱۵ آبان و ۱۵ آذر به‌ترتیب با متوسط ۱۴۵۹/۶۰ و ۱۰۹۶/۸۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه و تاریخ کاشت ۱۵ بهمن با متوسط ۳۱۶/۸۰ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص داد.

باتوجه به اینکه محیط‌های آزمایش گستره وسیعی از شرایط مختلف را دارا می‌باشند، بنابراین قسمت عمده‌ی تغییرات را می‌توان به اثر محیط نسبت داد. بزرگ بودن اثر محیط نشان دهنده اختلاف بین محیط‌ها می‌باشد که باعث ایجاد تغییر در عملکرد دانه اکوتیپ‌های زیره سبز شده است. در این مطالعه تفاوت بین تاریخ‌های کاشت از نظر شایستگی و توان تولیدی به‌مراتب بیشتر از تفاوت بین اکوتیپ‌ها است، تجزیه واریانس نیز بیانگر سهم ۸۰ درصدی عامل محیط (تاریخ کاشت) از واریانس کل بود. پژوهش‌گران دیگر نیز نشان دادند که اثر محیط درصد قابل‌توجهی از تنوع کل را به‌خود اختصاص داده است (Shiri and Bahrampour, 2015; Gholizadeh *et al.*, 2022). نتایج نشان داد که تاریخ‌های کاشت ۱۵ آبان و ۱۵ آذر به‌ترتیب با ۱۴۵۹/۶ و ۱۰۹۶/۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص دادند و تاریخ‌های کاشت ۱۵ دی و ۱۵ بهمن به‌ترتیب با ۵۲۲/۵ و ۳۱۶/۸ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۴).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.80]

جدول ۳- میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها، ضرایب مولفه های اثر متقابل، آماره امی و آماره ASV برای اکوتیپ‌های زیره‌سبز
Table 3. grain yield Average of genotypes, coefficients of interaction components, AMMI and ASV statistic for cumin ecotypes

ASV	مولفه دوم Second component	مولفه اول First component	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg/ha)	اکوتیپ	Ecotype
8.59	7.35	10.45	940.13b	بردسکن	Bardascan
2.91	3.16	-3.53	1021.9a	بیرجند	Birjand
3.28	3.05	3.98	930.5b	داورزن	Davarzan
13.38	0.04	16.34	933.6ab	فردوس	Ferdos
1.91	-13.29	1.36	799.2c	نهبندان	Nehbandan
11.55	1.43	14.10	647.7d	صالح‌آباد	Salehabad
8.91	4.66	10.87	609.5d	تایباد	Taibad

یکی از دلایل کاهش عملکرد در اثر تاخیر در کاشت مخصوصاً در دو تاریخ کاشت آخر می‌تواند ناشی از کاهش طول دوره رشد در اثر برخورد دوره رشدی گیاه به دماهای بالای اواخر فرودین و اردیبهشت باشد. روش امی در هر محیط چهار ژنوتیپ برتر را براساس عملکرد و پایداری رتبه‌بندی می‌کند که نتایج نشان داد اکوتیپ فردوس در دو تاریخ کاشت ۱۵ آبان و ۱۵ آذر و اکوتیپ بیرجند و داورزن به‌ترتیب در تاریخ کشت‌های ۱۵ دی و ۱۵ بهمن به‌عنوان مناسب‌ترین اکوتیپ‌ها شناسایی شدند (جدول ۴).

جدول ۴- متوسط عملکرد دانه، مقادیر مولفه‌های اصلی امی و مناسب‌ترین اکوتیپ برای محیط‌های مورد بررسی
Table 4. Grain yield mean, the values of AMMI main components and the most suitable ecotype for the investigated environments

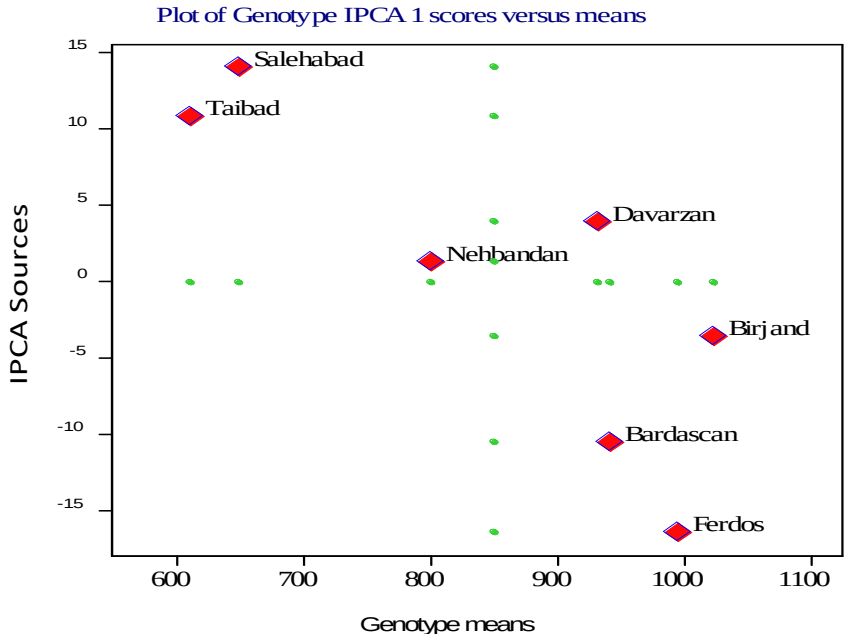
محیط Environment	میانگین Mean	اکوتیپ اول First ecotype	اکوتیپ دوم Second ecotype	اکوتیپ سوم Third ecotype	اکوتیپ چهارم Forth ecotype
۱۵ آبان 6 November	1459.6a	فردوس Ferdos	بیرجند Birjand	بردسکن Bardascan	نهبندان Nehbandan
۱۵ آذر 6 December	1096.8b	فردوس Ferdos	بردسکن Bardascan	بیرجند Birjand	داورزن Davarzan
۱۵ دی 5 January	522.5c	بیرجند Birjand	داورزن Davarzan	نهبندان Nehbandan	بردسکن Bardascan
۱۵ بهمن 4 February	316.8d	داورزن Davarzan	بیرجند Birjand	صالح آباد Salehabad	نهبندان Nehbandan

براساس شکل ۱ بای‌پلات متوسط عملکرد اکوتیپ‌ها در مقابل مقادیرIPCA1، اکوتیپ نهبندان دارای مقدارIPCA1 نزدیک به صفر بوده و از پایداری عملکرد و سازگاری عمومی خوبی برخوردار بود در حالی‌که اکوتیپ‌های صالح‌آباد و فردوس دارای بیشترین مقادیر مثبت و منفی IPCA1 بوده و به‌عنوان اکوتیپ‌های ناپایدار شناسایی شدند. بای‌پلات متوسط عملکرد اکوتیپ‌ها در مقابل مقادیر IPCA2، (شکل ۲) نشان داد اکوتیپ فردوس دارای مقادیرIPCA2 نزدیک به صفر بود در حالی‌که اکوتیپ‌های بردسکن و نهبندان بالاترین مقدار IPCA2 را به‌خود اختصاص دادند. گزارش شده است که اکوتیپ‌هایی که عملکرد کمتری دارند اما دارای مقادیر مثبت برای مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل باشند برای مناطق و محیط‌های ضعیف و فقیر مناسب می‌باشد، به‌عبارتی با مناطق فقیر اثر متقابل مثبت دارند (Hasani *et al*., 2023) در بررسی حاضر اکوتیپ‌های صالح‌آباد و تایباد دارای چنین وضعیتی هستند.

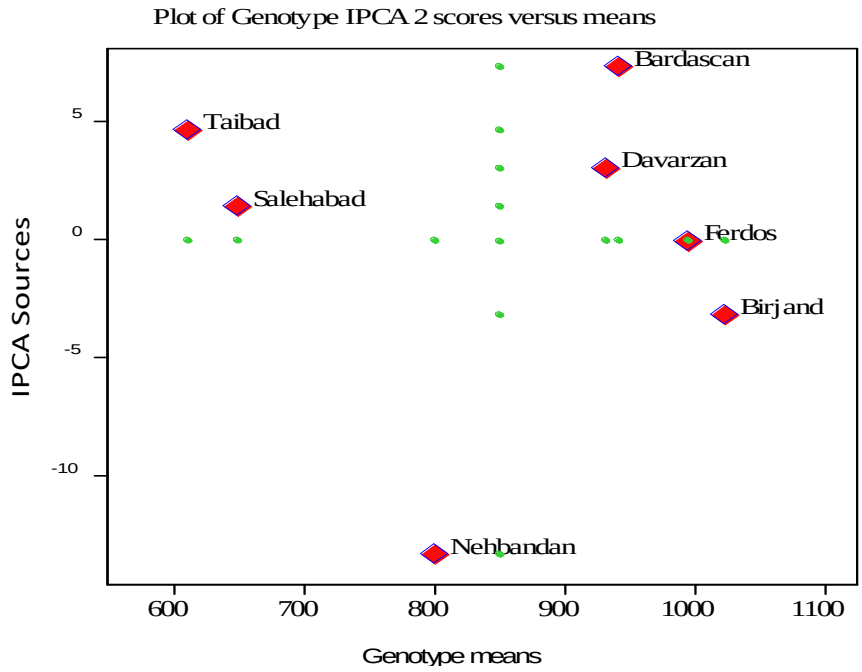
تجزیه GGE بای پلات

نتایج حاصل از روش GGE بای‌پلات نشان داد که دو مؤلفه اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۸۳/۷۱ و ۹/۲۹ درصد و در مجموع ۹۳ درصد از تنوع مربوط به برهمکنش اکوتیپ× تاریخ کاشت را توجیه نمودند که نشان دهنده اعتبار تجزیه GGE بای‌پلات انجام شده است (شکل ۳). نمایش چندضلعی (Convex hull) حاصل از تجزیه GGE اکوتیپ‌های زیره سبز در چهار تاریخ کاشت در شکل ۳ نشان داده شده است. برای رسم این نمودار، اکوتیپ‌هایی که از مبدأ مختصات دور هستند در رأس چندضلعی و اکوتیپ‌های دیگر در درون چندضلعی قرار می‌گیرند و سپس خطهایی از مبدأ نمودار بای‌پلات، عمود بر هر طرف چندضلعی کشیده می‌شود. این خطها نمودار بای‌پلات را به چند قسمت تقسیم می‌کنند. در درون هر قسمت (ابرمحیط)، اکوتیپی که در رأس چندضلعی قرار دارد در همه تاریخ کاشت‌هایی که در درون آن قسمت قرار دارند اکوتیپ برتر محسوب شده و مناسب‌ترین اکوتیپ برای آن تاریخ کاشت می‌باشد. همچنین اکوتیپ‌هایی که در درون هر ابرمحیط قرار می‌گیرند سازگاری خصوصی بالایی با تاریخ کاشت‌های موجود در آن ابرمحیط داشته و شباهت بالایی نیز با اکوتیپ واقع شده در رأس چندضلعی دارند. بنابراین یکی از خصوصیات نمودارهای چندضلعی وجود تنوع پایین درون ابرمحیطها و تنوع بالا بین ابرمحیط‌هاست (Yan *et al*., 2000; Gholizadeh *et al*., 2022).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.61186/jcb.16.2.80]



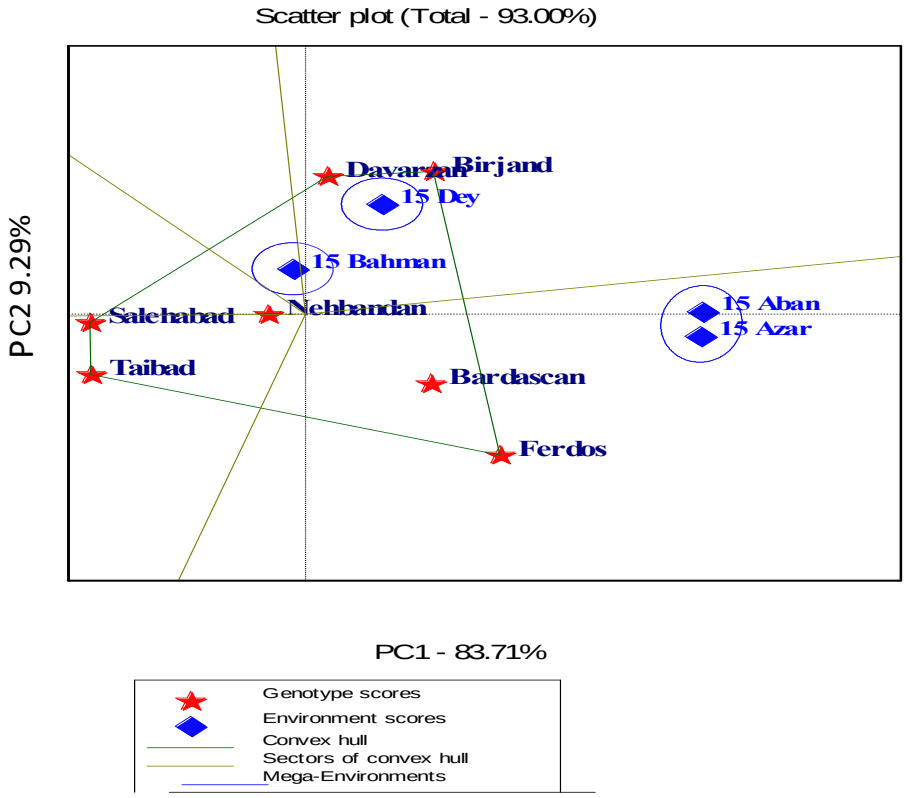
شکل ۱- بای پلات میانگین عملکرد اکوتیپ‌ها در مقابل مقادیر IPCA1
Figure 1. Biplot of ecotype yield mean versus IPCA1 scores



شکل ۲- بای پلات میانگین عملکرد اکوتیپ‌ها در مقابل مقادیر IPCA2
Figure 2. Biplot of ecotype yield mean versus IPCA2 scores

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.80]



شکل ۳- نمایش گرافیکیGGE بای‌پلات جهت تعیین برتری کدام اکوتیپ(ها) در کدام محیط(ها)
Figure 3. Graphical presentation of GGE biplot to determine the superiority of which ecotype(s) in which environment(s)

در این نمودار، اکوتیپ‌ها و محیط‌ها (تاریخ کاشت‌ها) بر اساس مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم مشخص شده‌اند، آنهایی‌که از لحاظ مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل نزدیک به مبدأ مختصات (نزدیک به صفر) باشند دارای کمترین اثر متقابل هستند. پژوهش‌گران همچنین گزارش کردند که اکوتیپ‌هایی که در مجاورت یک تاریخ کاشت واقع شوند با آن تاریخ کاشت سازگاری خصوصی دارند و اکوتیپ‌هایی که نزدیک مبدأ مختصات قرار دارند دارای سازگاری عمومی هستند (Stevanato *et al*., 2015).

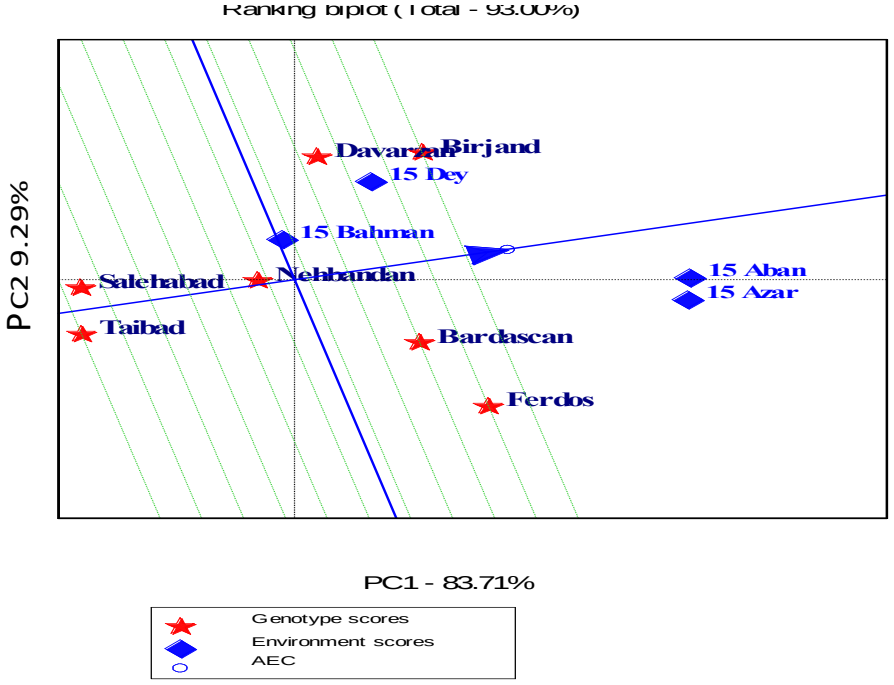
در پژوهش حاضر اکوتیپ نهبندان نزدیکترین اکوتیپ به مبدأ مختصات بود و به‌عنوان پایدارترین اکوتیپ شناسایی شد (شکل ۳). نتایج جدول ۳ نیز نشان داد که اکوتیپ نهبندان دارای کمترین مقدار آماره ASV (۱/۹۱) می‌باشد. در این بای‌پلات (شکل ۳) یک چند ضلعی مشاهده می‌شود که اکوتیپ‌های برتر برای هر تاریخ کاشت را مشخص می‌کند بر این اساس برای تاریخ کاشت‌های ۱۵ آبان و ۱۵ آذر اکوتیپ فردوس در رأس چندضلعی قرار گرفته و اکوتیپ مناسب در این تاریخ کاشت‌ها می‌باشد. اکوتیپ بردسکن نیز در داخل این ابرمحیط قرار گرفته و به اکوتیپ فردوس نزدیک است. باتوجه به قرارگیری تاریخ کاشت‌های ۱۵ آبان و ۱۵ آذر در یک ابرمحیط و همچنین تاریخ کاشت‌های ۱۵ دی و ۱۵ بهمن در یک ابرمحیط دیگر نشان دهنده شرایط نزدیک این تاریخ کاشت‌ها نسبت به یکدیگر است. متوسط عملکرد دانه تاریخ کاشت‌ها در جدول ۴ این موضوع را تأیید می‌کند. اکوتیپ‌های بیرجند و داورزن با قرارگیری در رأس چندضلعی، اکوتیپ‌های برتر برای کشت در تاریخ کاشت‌های ۱۵ دی و ۱۵ بهمن می‌باشند. همان‌گونه که در بالا اشاره شد قرارگیری در رأس چندضلعی سازگاری خصوصی اکوتیپ‌ها با تاریخ کاشت‌ها را نشان می‌دهد، بنابراین در هر تاریخ کاشت اکوتیپ مناسب مشخص شده است. اکوتیپ‌های تایباد و صالح‌آباد با وجود قرارگیری در رأس چندضلعی ولی مناسب کشت در هیچ‌یک از تاریخ کاشت‌ها تشخیص داده نشدند. بررسی جدول ۳ نشان داد که این اکوتیپ‌ها کمترین مقدار عملکرد دانه در واحد سطح را داشتند و دلیل عدم قرارگیری این اکوتیپ‌ها به‌عنوان اکوتیپ‌های مناسب در تمامی تاریخ کاشت‌ها می‌تواند به‌همین خاطر باشد. استفاده از این روش توسط بسیاری از محققان گزارش شده است (Changizi *et al*., 2014; Temesgen *et al*., 2015; Gholizadeh *et al*., 2022; Hasani *et al*., 2023).

میانگین عملکرد و پایداری

خط مورب که از مرکز بای‌پلات و از نقطه ایده‌آل (که نماینده متوسط ضرایب دو مؤلفه اول اثر متقابل در مدل GGE بای‌پلات است) می‌گذرد، خط متوسط عملکرد محیطی (Average Environment Coordination) نامیده می‌شود. از این نمودار برای بررسی همزمان عملکرد و پایداری عملکرد

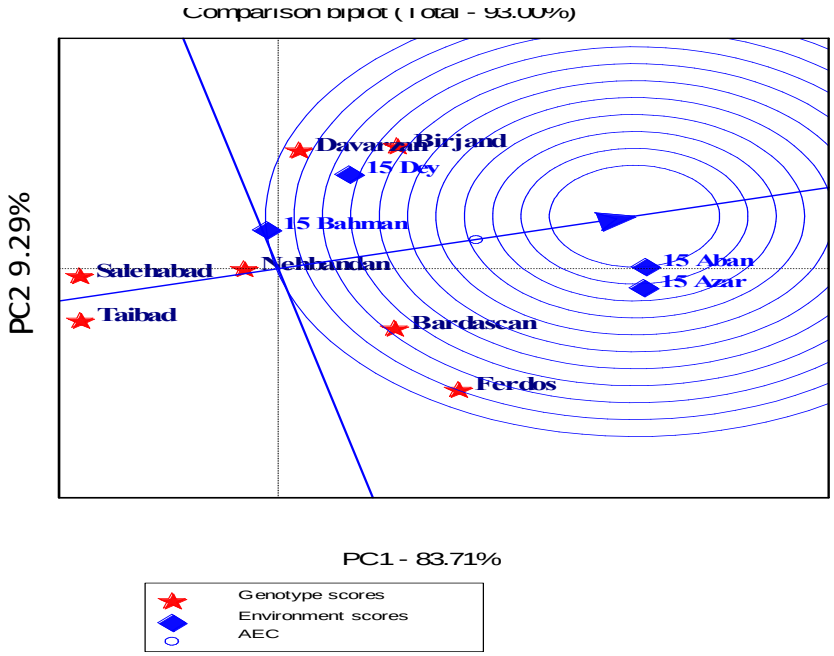
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.61186/jcb.16.2.80]

اکوتیپ‌ها استفاده می‌گردد. به‌طوریکه اکوتیپ‌های نزدیک به مرکز دایره موجود بر روی خط متوسط عملکرد محیطی، دارای عملکرد بیشتری هستند. همچنین اکوتیپ‌هایی که به این خط نزدیک باشند پایدارتر و اکوتیپ‌هایی که فاصله بیش‌تری داشته باشند اکوتیپ‌های ناپایدار محسوب می‌گردند. خطی که بر خط متوسط عملکرد محیطی عمود و از مرکز بای‌پلات می‌گذرد معیار سنجش متوسط عملکرد اکوتیپ‌ها است. اگر اکوتیپ‌ها در سمت راست این محور باشند عملکرد بالاتر از متوسط را دارا هستند و اگر در سمت چپ این محور قرار گرفته باشند عملکردشان کمتر از متوسط عملکرد کل می‌باشد (Yan *et al.*, 2000; Gholizadeh *et al.*, 2022). در این مطالعه اکوتیپ‌های فردوس و بیرجند هرچند از متوسط عملکرد دانه بالاتری در مقایسه با دیگر اکوتیپ‌ها برخوردار بودند اما به‌واسطه فاصله‌ای که از خط AEC داشتند در گروه اکوتیپ‌های با پایداری کم قرار گرفتند. در این پژوهش اکوتیپ نهبندان به‌واسطه نزدیکی به خط AEC پایدارترین اکوتیپ بود اما از عملکرد دانه پایینی برخوردار بود (شکل ۴شکل ۴). در شکل ۴ مشخص گردید که اکوتیپ‌های تایباد و صالح‌آباد هرچند اکوتیپ‌های به نسبت پایداری محسوب می‌شوند ولی عملکرد بسیار پایینی دارند. بنابراین این دو اکوتیپ با توجه به شرایطی که دارند برای هیچکدام از تاریخ‌های کشت در منطقه جنوب کرمان مناسب نیستند هرچند که این موضوع قبلاً از طریق شکل ۳ نیز تایید شده بود. در شکل ۴ روی محور افقی AEC دایره کوچکی قرار دارد که با یک پیکان به آن اشاره شده است، شناسنده اکوتیپ ایده‌آل است که با دو اصل ذیل بیان می‌گردد: ۱) بالاترین عملکرد را در محیط‌های مورد آزمایش دارد ۲) در شرایط محیطی آزمایش شده کاملاً پایدارمی‌باشد بخاطر اینکه بر روی محور افقی AEC قرار گرفته است. با توجه به تعریف و ویژگی‌های اکوتیپ ایده‌آل، در این آزمایش اکوتیپی که هم دارای عملکرد بالا بوده و هم اینکه بتواند در تمامی محیط‌ها این عملکرد بالا را حفظ کند مشاهده نشد.



شکل ۴- خط متوسط عملکرد محیطی در مقایسه اکوتیپ‌های مورد بررسی بر اساس عملکرد دانه و پایداری در چهار محیط آزمایشی
Figure 4. The mean line of environmental yield in the comparison of the studied ecotypes based on grain yield and stability in four experimental environments.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.61186/jcb.16.2.80]



شکل ۵- ارزیابی اکوتیپ‌های مورد مطالعه نسبت به اکوتیپ ایده‌آل در چهار محیط بر اساس عملکرد دانه
Figure 5. Evaluation of the studied ecotypes compared to the ideal ecotype in four environments based on grain yield

برای استفاده از ژنوتیپ ایده‌آل به‌عنوان مرجع ارزیابی، دایره‌های هم مرکزی در بای‌پلات به‌منظور تعیین گرافیکی فاصله بین اکوتیپ‌های مورد مطالعه با ژنوتیپ ایده‌آل ایجاد شده است. دوایر هم مرکز، با برخورداری از ژنوتیپ ایده‌آل در مرکز، به تجسم فاصله بین اکوتیپ‌های مورد مطالعه و اکوتیپ ایده‌آل کمک می‌کند. با توجه به شکل ۵ اکوتیپ بیرجند نزدیک‌ترین اکوتیپ به ژنوتیپ ایده‌آل بود و مطلوب‌ترین اکوتیپ محسوب می‌گردد. اکوتیپ‌های بردسکن، فردوس و داورزن، اکوتیپ‌هایی هستند که در رتبه‌های بعدی از لحاظ مطلوبیت قرار دارند و اکوتیپ‌های صالح‌آباد و تایباد به‌خاطر داشتن بیشترین فاصله با ژنوتیپ ایده‌آل نامطلوب‌ترین اکوتیپ‌ها شناسایی شدند. مقایسه ژنوتیپ‌ها با ژنوتیپ ایده‌آل فرضی در پژوهش‌های مختلف استفاده شده است (Shiri and Bahrampour, 2015; Saleem *et al*., 2016; Jafari and Farshadfar, 2018; Gholizadeh *et al*., 2022).

نتیجه‌گیری

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر محیط (تاریخ کاشت)، اکوتیپ و اثرمتقابل تاریخ کاشت در اکوتیپ کاملاً معنی‌دار است. باتوجه به معنی‌داری اثر محیط و توجیه ۸۰ درصد تغییرات توسط این اثر و همچنین معنی‌داری اثرمتقابل تجزیه پایداری عملکرد دانه برای اکوتیپ‌ها در تاریخ‌های کاشت مختلف انجام شد. نتایج بای‌پلات تجزیه AMMI نشان داد که اکوتیپ نهبندان پایدارترین و اکوتیپ‌های فردوس و صالح آباد ناپایدارترین اکوتیپ‌ها بودند. این موضوع از طریق آماره ارزش پایداری امی (ASV) تأیید شد. همچنین نتایج GGE بای‌پلات نشان داد که تاریخ‌های کاشت ۱۵ آبان و ۱۵ آذر با دارا بودن بیشترین متوسط عملکرد دانه در یک ابرمحیط قرار دارند و دو تاریخ کاشت ۱۵دی و ۱۵بهمن که کمترین متوسط عملکرد دانه را داشتند نیز در یک ابرمحیط قرار گرفتند. این موضوع می‌تواند بیانگر مشخص شدن گستره زمانی تاریخ کشت برای حصول عملکرد قابل‌قبول باشد هرچند که با تاخیر در کشت کاهش عملکرد وجود دارد. همچنین نمودارها نشان داد که اکوتیپ فردوس سازگاری خصوصی بالایی به دو تاریخ کاشت ۱۵ آبان و ۱۵ آذر دارد و اکوتیپ‌های بیرجند و داورزن سازگاری خصوصی بالایی با تاریخ کاشت‌های ۱۵ دی و ۱۵ بهمن دارند. اکوتیپ‌های تایباد، صالح‌آباد و نهبندان هیچ سازگاری خصوصی با تاریخ کاشت‌های مورد بررسی نداشتند. در نهایت نمودارها نشان دادند که اکوتیپ نهبندان پایدارترین اکوتیپ با عملکرد کمتر از حدمتوسط و اکوتیپ بیرجند ایده‌آل‌ترین اکوتیپ معرفی شد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اگر اکوتیپ بیرجند کشت گردد نه‌تنها عملکرد بالایی دارد بلکه پایداری نسبی بالایی نیز برخوردار است.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از سازمان جهاد کشاورزی جنوب کرمان به‌خاطر حمایت‌های مالی از پروژه و از آقای دکتر حمزه به‌خاطر مشاوره در آنالیزهای آماری اعلام می‌نماییم.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.61186/jcb.16.2.80]

References

Abdemishani, S., & Shahnejatboshehri, A. A. (2008). Advance in Plant Breeding. Tehran university press. Karaj (In Persian).

Annicchiarico, P. (1997). Joint regression vs AMMI analysis of genotype-environment interactions for cereals in Italy. *Euphytica*, 94, 53-62.

Azizi, N., & Mirmiran, S. M. (2023). Investigation of the Agromorphological Diversity of some Iranian Stands of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) under Climatic Conditions of Mashhad. *Journal of Crop Breeding*, 15(47), 21-29 (In Persian).

Changizi, M., Choukan, R., Heravan, E. M., Bihamta, M. R., & Darvish, F. (2014). Evaluation of genotype × environment interaction and stability of corn hybrids and relationship among univariate parametric methods. *Canadian Journal of Plant Science*, 94, 1255- 1267.

De la Vega, A. J., & Hall, A. J. (2002). Effect of planting date, genotype, and their interaction on sunflower yield. II. Components of oil yield. *Crop Science*, 42,1202-1210.

Farshadfar, E., & Sutka, J. (2006). Biplot analysis of genotype-environment interaction in durum wheat using the AMMI model. *Acta Agronomica Hungarica*, 54(4), 459- 467.

Gauch, H. G. (2006). Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. *Crop Science*, 46, 1488- 1500.

Ghanbari, J., Khajoei-nejad, G. R., & Mohammadinejad, G. (2017). Study of ecotype and sowing date interaction in cumin (*Cuminum cyminum* L.) using different univariate stability parameters. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15*(1)*, 87-102 (In Persian).

Ghodrati Niari, F., & Abdolshahi, R. (2015). Evaluation of yield stability of 40 bread wheat (*Triticum aestivum* l.) Genotypes using additive main effects and multiplicative interaction (ammi). *Iranian journal of crop sciences*, 16(4), 322-333 (In Persian).

Gholizadeh, A., Khodadadi, M., & Sharifi-Zagheh, A. (2022). Evaluation of genotype × environment interaction for essential oil yield of coriander genotypes under different irrigation conditions using GGE biplot method. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(1), 43-52.

Gohari, A. R., & Saeidnia, S. (2011). A Review on Phytochemistry of *Cuminum cyminum* seeds and its Standards from Field to Market. *Pharmacognosy Journal*, 25(3),1-5.

Gondaliya, S. B., Khatrani, T. J., Soni, K. K., & Baravalia, Y. K. (2018). Consequence on long term storage on phytochemical attributes of cumin (*Cuminum cyminum*, L.) from districts of north Gujarat, India. *Industrial Crops and Products*, 111, 908-913.

Hajlaoui, H., Mighri, H., Noumi, E., Snoussi, M., Trabelsi, N., Ksouri, R., & Bakhrouf, A. (2010). Chemical composition and biological activities of tunisian *Cuminum cyminum* L. essential oil: a high effectiveness against vibrio spp. strains. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 2186-2192.

Hasani, M., Hamza, H., & Mansori, H. (2023). Compatibility and stability of new rhizomania resistant multigerm hybrids in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Agricultural science and sustainable production*, 33(1), 113-128.

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

Kanani, P., Shukla, Y. M., Modi, A. R., Subhash, N., & Kumar, S. (2019). Standardization of an efficient protocol for isolation of RNA from *Cuminum cyminum*. *Journal of King Saud University-Science*, 31(4),1202-1207.

Karimi Afshar, A., Baghizadeh, A., & Mohammadi-Nejad, G. (2016). Evaluation of relationships between morphological traits and grain yield in cumin (*Cuminum cyminum* L.) under normal and drought conditions. *Journal of Crop Breeding, 8*(18), 159-165.

Lin, C. S., & Binns, M. R. (1991). Assessment of a method for cultivar selection based on regional trial data. *Theoretical and applied genetics*, 82, 505-509.

Mnif, S., & Aifa, S. (2015). Cumin (*Cuminum cyminum* L.) from traditional uses to potential biomedical applications. *Chemistry and biodiversity*, 12, 733-742.

Moghaddam, M., & Ghasemi Pirbalouti, A. (2017). Agro-morphological and phytochemical diversity of Iranian *Cuminum cyminum* accessions. *Industrial Crops and Products*, 99, 205-213.

Raiger, H. L., & Prabhakaran, V. T. (2001). A study on the performance of a few non-parametric stability measures using pearl-millet data. *Indian Journal of Genetic*, 61, 7- 11.

Rivandi, H., Rezvan, S., Jami Moeeni, M., Masoud sinki, J., Damavandi, A., & Sanjani, S. (2020). Evaluation of quantity and quality yield of cumin (*Cuminum cyminum* L.) ecotypes in different planting date under sabzevar climatic conditions. *Journal Of Agroecology*, 12(2), 227-240 (In Persian).

Saleem, R., Ashraf, M., Khalil, I. A., Anees, M. A., Javed, H. I., & Saleem, A. (2016). GGE Biplot: stability a windows based graphical analysis of yield stability and adaptability of millet cultivars across Pakistan. *Academia Journal of Biotechnology*, 4, 186-193.

Shiri, M. R., & Bahrampour, T. (2015). Genotype×environment interaction analysis using GGE biplot in grain maize (*Zea mays* L.) hybrids under different irrigation conditions. *Cereal Research*, 5, 83-94 (In Persian).

Soleimani, B., Khosh-Khui, M., & Ramezani, S. (2011). Planting date effects on growth, seed yield essential oil content and chemical composition of ajowan. *Journal of Applied Biological Sciences*, 5(3), 7-11.

Stevanato, P., De Biaggi, M., Broccanello, C., Biancardi, E., & Saccomani, M. (2015). Molecular genotyping of ‘‘Rizor’’ and ‘‘Holly’’ rhizomania resistances in sugar beet. *Euphytica*, 206, 427- 431.

Temesgen, M., Alamerew, S., & Eticha, F. (2015). GGE biplot analysis of genotype by environment interaction and grain yield stability of bread wheat genotypes in south east Ethiopia. *World Journal of Agricultural Sciences*, 11, 183-190.

Thippeswamy, N. B., & Akhilender Naidu, K. (2005). Antioxidant potency of cumin varieties—cumin, black cumin and bitter cumin—on antioxidant systems. *European Food Research and Technology*, 220, 472–476.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.80]

Tiwari, J. K. (2019). GGE biplot and AMMI model to evaluate spine gourd (*Momordica dioica* Roxb.) for genotype × environment interaction and seasonal adaptation. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 10, 264-271.

Ullah, I., Ayub, M., Khan, M. R., Ashraf, M., Mirza, M. Y., & Yousef, M. (2007). Graphical analysis of multienvironment trial (MET) data in sunflower (*Helianthus annuus* L.) through clustering and GGE biplot technique. *Pakistan Journal of Botany*, 39,1639-1646.

Yan, W., & Hunt, L. A. (2002). Biplot analysis of diallel data. *Crop Science*, 42: 21-30.

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

Zabet, M., Esmat, K., Izanlo, A., & Zohan, M. (2020). Evaluation of salinity stress tolerance of some fennel ecotypes in greenhouse conditions using GTBiplot and GGEBiplot. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 27, 216-230 (In persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.80]