Iranian Genetics Society
Journal of Genetics and Plant Breeding
Shahid Bahonar University of Kerman

Study of genetic parameters for agronomic traits affecting seed yield in some sesame (*Sesamum indicum*) genotypes

Sepideh Ghotbzadeh-Kermani

Assistant Professor, College of Research Technology Institute of Plant Production, Afzalipour Research Institute, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran. Email address: sp.ghotbzadeh@gmail.com

Ghodratollah Saeidi

*Corresponding Authour: Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. Email address: gsaeidi@cc.iut.ac.ir

Mohammad Reza Sabzalian

Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. Email address: sabzalian@gmail.com

Abstract

Objective

This study was conducted to investigate genetic variation for more important agronomic traits and seed yield components of sesame, including days to maturity, plant height, shoot diameter, number of fruiting branches per plant, number of capsules per plant, number of seeds per capsule, 1000-seed weight, and seed yield per plant.

Materials and Methods

Twenty-eight sesame genotypes with diverse geographical origins were evaluated in a randomized complete block design with two replications under two humidity conditions —normal and water stress—, over two years at the Research Farm of Isfahan University of Technology. Two irrigation regimes were defined as a percentage of the maximum allowable depletion (MAD) of soil moisture. Analysis of variance was performed to assess the effect of genotype, irrigation regimes, years, and their interactions on the traits. Additionally, the phenotypic and genetic coefficient of variation, along with broad-sense heritability, were estimated for each trait.

Results

The phenotypic and genetic coefficients of variation revealed a high level of phenotypic and genetic variation for seed yield, number of seeds per plant, number of capsules per plant, and

number of fruiting branches per plant. These results indicate the high genetic potential of the studied genotypes for genetic improvement of the traits. Conversely, the traits of days to maturity, plant height, capsule diameter, and 1000-seed weight exhibited lower genetic variation. The estimated broad-sense heritability indicated a higher contribution of genetic factors in controlling days to maturity, number of fruiting branches, and number of capsules per plant. Consequently, it appears that selection can effectively improve these traits and seed yield in breeding programs. The results identified that the genotypes Golpayegan 1 and Golpayegan 4 are promising candidates for mechanized harvesting under both humidity conditions. These genotypes exhibit desirable traits such as lower plant height and branching, as well as a higher shoot diameter. Furthermore, genotypes of Golpayegan 1, Varamin 2822, and Markazi 1 were recognized as high-yielding genotypes. These findings indicate that the studied genotypes have a high potential to be used in selection programs for improving seed yield and other agronomic traits in both soil moisture conditions.

Conclusion

The genotype Golpayegan 1 was identified as a high-yielding genotype with favorable characteristics for mechanized harvesting, making it suitable for integration into sesame breeding programs. Moreover, given the higher broad-sense heritability for number of capsules per plant and the number of fruiting branches per plant, these traits appear to be reliable indicators for indirect selection aimed at enhancing seed yield in sesame breeding programs.

Keywords: Drought stress, Phenotypic and Genetic Coefficient of Variation, Selection, Heritability.

Paper Type: Research Paper.

Citation: Ghotbzadeh-Kermani Sepideh, Saeidi Ghodratollah, Sabzalian Mohammad Reza. (2024) Study of genetic parameters for agronomic traits affecting seed yield in some sesame (Sesamum indicum) genotypes. *Journal of Genetics and Plant Breeding* 1 (1), 43-66.

Journal of Genetics and Plant Breeding 1 (1), 43-66. DOI: 10.22103/gpb.2024.23161.1007
Received: January 1, 2024. Received in revised form: February 6, 2024.
Accepted: February 7, 2024. Published online: April 6, 2024.
Publisher: Research and Technology Institute of Plant Production, Afzalipour Research Institute, Shahid Bahonar University of Kerman and Iranian Genetics Society.
© the authors

مجله ژنتیک و به نژادی گیاهی
انجمن ژنتیک ایران
دانشگاه شهید باهنر کرمان
پژوهشگاه افضلی پور

مطالعه پارامترهای ژنتیکی صفات زراعی موثر بر عملکرد دانه در برخی از ژنوتیپ‌های کنجد (*Sesamum indicum*)

سپیده قطب زاده کرمانی

استادیار، پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی، پژوهشگاه افضلی پور، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: sp.ghotbzadeh@gmail.com

قدرت الله سعیدی

*نویسنده مسئول: استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: gsaeidi@cc.iut.ac.ir

محمدرضا سبزعلیان

استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: sabzalian@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۱ تاریخ دریافت فایل اصلاح شده نهایی: ۱۴۰۲/۱۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۸

چکیده

هدف: مطالعه حاضر به‌منظور بررسی میزان تنوع و سهم عوامل ژنتیکی و غیر ژنتیکی در کنترل برخی از صفات مهم کنجد شامل روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد انشعاب میوه دهنده در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در بوته انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: ۲۸ ژنوتیپ مختلف کنجد با منشا جغرافیایی متفاوت به‌صورت طرح بلوک کامل تصادفی با دو تکرار در دو محیط رطوبتی نرمال و تنش رطوبتی در دانشگاه صنعتی اصفهان–مزرعه لورک طی دو سال زراعی ارزیابی شد. دو رژیم آبیاری بر اساس حداکثر تخلیه رطوبتی مجاز (درصد) تعیین شد. ضمن انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین، بررسی ضرایب تنوع فنوتیپی، ژنتیکی و وراثت پذیری عمومی صفات نیز انجام شد.

نتایج: بررسی ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی نشان داد که تنوع زیادی برای صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول و تعداد انشعاب میوه دهنده در بوته وجود دارد در حالی که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر زمان رسیدگی، ارتفاع بوته و وزن هزار

دانه تنوع کمی داشتند. وراثت پذیری صفات مورد مطالعه نیز نشان داد که زمان رسیدگی، تعداد انشعاب میوه دهنده و تعداد کپسول در بوته از وراثت پذیری بالایی برخوردارند و با توجه به سهم بیشتر عوامل ژنتیکی در کنترل این صفات، انتظار می‌رود که انتخاب برای این صفات موجب افزایش عملکرد دانه در هر دو محیط نرمال و تنش رطوبتی شود. با توجه به ارتفاع بوته و تعداد انشعاب میوه‌دهنده کمتر و قطر ساقه بیشتر، لاین‌های گلپایگان ۱ و ۴ برای هر دو محیط رطوبتی به‌عنوان لاین‌های مطلوب‌تر برای تولید و برداشت مکانیزه معرفی می‌شوند و لاین‌های گلپایگان ۱، ورامین ۲۸۲۲ و مرکزی ۱ نیز به‌عنوان ژنوتیپ‌های پر محصول در هر دو محیط رطوبتی شناسایی شدند.

نتیجه‌گیری: لاین گلپایگان ۱ علاوه بر منا سب بودن برای بردا شت مکانیزه، از ارقام پر مح صول در این مطالعه بود که می‌تواند در برنامه‌های اصـــلاح آتی مد نظر قرار گیرد. همچنین صـــفات تعداد کپســـول در بوته و تعداد انشـــعاب میوه‌دهنده با توجه به وراثت‌پذیری بالا و سهم بیشتر عوامل ژنتیکی در کنترل آن‌ها می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های انتخاب در گزینش غیرمستقیم برای عملکرد دانه کنجد در برنامه‌های اصلاحی استفاده شوند.

کلیدواژه‌ها: تنش خشکی، ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی، گزینش، وراثت پذیری.

نوع مقاله: پژوهشی.

استناد: قطب زاده کرمانی سپیده، سعیدی قدرت الله، سبزعلیان محمدرضا (۱۴۰۳) مطالعه پارامترهای ژنتیکی صفات زراعی موثر بر عملکرد دانه در برخی از ژنوتیپ‌های کنجد (*Sesamum indicum*). *مجله ژنتیک و به‌نژادی گیاهی*، ۱(۱)، ۶۶-۴۳.

Publisher: Research and Technology Institute of Plant Production, Afzalipour Research Institute, Shahid Bahonar University of Kerman and Iranian Genetics Society

© the authors

مقدمه

کنجد گیاهی با رشد نامحدود، تابستانه، پهن برگ و دیپلوئید (2n = 26) متعلق به خانواده پدالیاسه (Pedaliacea) و جنس سزاموم (*Sesamum*) می‌باشد. در این جنس ۳۶ گونه وجود دارد که فقط یک گونه هندی آن به نام ایندیکوم (*indicum*) زراعی و از ارزش اقتصادی برخوردار است (Gunstone 2011). کنجد یکی از مهمترین گیاهان دانه روغنی قدیمی و دارای ارزش دارویی زیاد می‌باشد و روغن دانه آن از روغن‌های نیمه خشک و با مرغوبیت زیاد است. لذا به‌دلیل کیفیت عالی و داشتن روغنی با مزه خوب و بوی مطبوع، این دانه را ملکه دانه‌های روغنی می‌نامند (Pusadkar et al. 2015). در ایران نیز برای آن ارزش غذایی زیادی قائل بوده و از قدیم آن را روغن پهلوانی نام‌گذاری کرده‌اند. دانه کنجد ۵۵ درصد روغن و ۲۰ درصد پروتئین دارد و به‌خاطر مقادیر زیاد روغن، یکی از مهمترین محصولات دانه روغنی در جهان است و تنها منبع پروتئینی است که از نظر میزان سولفور از جمله

اسیدهای آمینه ضروری، غنی است (Shyu & Hwang 2002). اسیدهای چرب اصلی روغن کنجد شامل اولئیک (۵۴-۳۲ درصد)، لینولئیک (۵۹-۳۵ درصد)، پالمتیک (۱۱-۱۰ درصد) و استارئیک (۵-۷ درصد) می‌باشند (Parsaeian et al. 2011; Mohammadi & Prasanna 2003). در ضمن روغن کنجد دارای دو لیگنان اصلی به نام‌های سزامین و سزامولین است (Kamal-Eldin & Appelqvist 1994) که طی پروسه تهیه روغن، سزامولین آن می‌تواند به دیگر لیگنان‌هایی مثل سزامول، سزامینول و دایمر سزامول تبدیل شود. این ترکیبات نقش مهمی در پایداری اکسیداتیو روغن کنجد دارند (Fukuda et al. 1986; Xu et al. 2005).

تنش‌های محیطی، از مهمترین عوامل کاهش دهنده عملکرد گیاهان زراعی هستند. چنانچه تنش‌های محیطی وجود نمی‌داشت، عملکردهای واقعی باید برابر با عملکردهای بالقوه گیاهان می‌بود. خشکی از جمله تنش‌های غیر زنده است که به‌عنوان مهمترین عامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان زراعی در اکثر مناطق دنیا از جمله ایران شناخته شده است. شناسایی و تولید ارقامی با عملکرد بالا و قابل قبول در شرایط رطوبتی متفاوت از اهداف مهم اصلاحی، خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک است و اصلاح و تولید این ارقام که دارای عملکرد بالا و ثبات عملکرد در محیط‌های با آبیاری کمتر باشند، می‌تواند به افزایش تولید روغن در کشور و همچنین توسعه کشت گیاه کنجد در مناطق کم آب ایران کمک کند. در ضمن لازمه طراحی یک برنامه موفق اصلاحی برای تولید ارقام اصلاح شده، وجود تنوع ژنتیکی کافی و آگاهی از نحوه توارث و عمل ژن‌ها برای صفات مهم و مورد نظر می‌باشد که امکان طبقه‌بندی و شناسایی ژنوتیپ‌هایی که امکان استفاده موثر از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی آتی وجود دارد را فراهم می‌کند (Mohammadi & Prasanna 2003). لازم است این مطالعات ژنتیکی در محیط‌های مختلف و به‌طور هدفمند انجام شود تا امکان بررسی پایداری و آثار متقابل آن‌ها با محیط که از جنبه‌های مهم مطالعات ژنتیکی و اصلاحی می‌باشد، فراهم شود. برای تعیین میزان تنوع می‌توان از ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی استفاده کرد. زمانی که تنوع ژنتیکی در جامعه بیشتر باشد، بازدهی انتخاب بیشتر خواهد بود و شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب از نامطلوب راحت‌تر انجام می‌شود (Subhashchandra et al. 2010). وراثت‌پذیری خیلی بالای (بالاتر از ۸۰ درصد) یک صفت، گزینش برای آن صفت را ساده‌تر و موثرتر می‌کند و این به‌دلیل سهم کمتر عوامل محیطی در بروز آن صفت است (Singh et al. 1990). از طرف دیگر وراثت‌پذیری بیشتر از ۶۰ درصد، معمولا پیشرفت ژنتیکی بالای ۱۰ درصد را به‌دنبال دارد (Pearson et al. 2007).

اگرچه افزایش عملکرد دانه از عمده‌ترین اهداف به‌نژادی در کنجد می‌باشد، اما عملکرد دانه، صفتی کمی بوده و توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود. همچنین وراثت‌پذیری این صفت به‌دلیل اثر متقابل ژنوتیپ و محیط پایین است. بنابراین انتخاب بر اساس عملکرد دانه در جهت بهبود آن به در نسل‌های اولیه برنامه‌های به‌نژادی که تعداد ژنوتیپ‌ها زیاد بوده و ارزیابی ژنوتیپ‌ها به صورت آزمایش‌های تکراردار صورت نمی‌گیرد، ممکن است بازده ژنتیکی مطلوبی نداشته باشد (Anbanandan et al. 2009). ولی انتخاب بر اساس صفات مرتبط با عمکلرد که دارای دقت بیشتر اندازه‌گیری، وراثت پذیری نسبتا بالا و در عین حال ساده‌تر هستند، ممکن است راه بهتری برای غربالگری جوامع گیاهی و بهبود عملکرد دانه باشد (Babar et al. 2007). نتایج برخی از پژوهش‌ها نشان

داده که در شرایط آبیاری مطلوب، بین عملکرد زیستی، شاخص برداشت، درصد باروری، ارتفاع بوته و عملکرد دانه همبستگی ژنتیکی بالایی وجود دارد (Singh & Singh 2005). در آزمایشی Mansouri & Soltani Najafabadi (2021) نشان دادند که تجزیه رگرسیون عملکرد دانه بر اساس صفات مختلف فنولوژیک و اجزای عملکرد گویای اثر معنی‌دار و مثبت صفات طول شاخه فرعی زاینده و تعداد دانه در کپسول در شرایط نرمال و صفت طول شاخه فرعی زاینده در شرایط کم آبی بر عملکرد دانه بود. همچنین نتایج مطالعه آن‌ها بیانگر تغییر اولویت‌بندی گیاه کنجد از جهت تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌ها و مخازن مختلف در شرایط تنش بود. به‌طوری‌که رجحان اول گیاه در هر دو شرایط نرمال و کمبود آب اختصاص مواد فتوسنتزی به شاخه‌های فرعی بود و در شرایط کم آبی، افزایش وزن دانه مورد توجه بیشتری بوده است.

هدف اصلی این پژوهش بررسی تنوع و ارزیابی وراثت‌پذیری عمومی صفات مهم زراعی و اجزای عملکرد دانه وابسته به عملکرد دانه کنجد در دو شرایط رطوبتی مختلف بود. انجام این تحقیق می‌تواند راهگشای افزایش عملکرد دانه کنجد در شرایط کم آبی باشد و از طرفی نتایج علمی و همچنین مواد ژنتیکی حاصل از این پروژه می‌تواند در سایر مطالعات ژنتیکی و اصلاحی مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه ۲۸ ژنوتیپ کنجد (جدول ۱) در دو شرایط رطوبتی (نرمال و تنش) برای دو سال متوالی در مزرعه ارزیابی شدند. بذور ژنوتیپ‌های (لاین‌ها و ارقام) مورد استفاده از بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج و مراکز تحقیقات فارس و دزفول تامین گردید. ژنوتیپ‌های دارای شماره‌های موقتی Tn از مواد ژنتیکی مربوط به بانک ژن کشور می‌باشند. علاوه بر لاین‌های داخلی، شش لاین خارجی از کشورهای آسیایی هند، چین، پاکستان، عراق و حاشیه مدیترانه نیز در این پژوهش استفاده شد. اسامی و مشخصات ژنوتیپ‌های مذکور در جدول ۱ آورده شده است.

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در منطقه لورک نجف‌آباد (با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی، ۱۶۳۰ متر ارتفاع از سطح دریاهای آزاد، میانگین دمای سالانه ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد و ۱۴۰ میلی‌متر بارندگی سالانه) طی دو سال زراعی (۱۳۹۳-۱۳۹۴) انجام شد. عملیات آماده سازی بستر کاشت در اواسط اردیبهشت ماه هر سال صورت گرفت و ۲۸ ژنوتیپ در دو محیط با آبیاری نرمال و کم آبیاری به‌طور جداگانه، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال اول و دو تکرار در سال دوم کشت و ارزیابی شدند. هر واحد آزمایشی در این مطالعه شامل دو ردیف کاشت ۱/۵ متری با فاصله ردیف ۵۰ سانتیمتر و فاصله بوته در ردیف برابر ۷-۵ سانتیمتر بود (Islam et al. 2016).

جدول ۱. نام و مشخصات لاین‌های کنجد ارزیابی شده در این پژوهش

Table 1. Names and characteristics of sesame lines evaluated in this research

ژنوتیپ Genotype	کد شناسایی Code	منشا جغرافیایی Geographical origins	ژنوتیپ Genotype	کد شناسایی Code	منشا جغرافیایی Geographical origins
Tn234	1	ایران- خوزستان Iran-Khozestan	بیرجند ۶ Birjand 1	15	ایران- خراسان Iran-Khorasan
پاکستانی Pakestanian	2	پاکستان Pakistan	پاکستانی ۲ Pakistanian 2	16	پاکستان Pakistan
M556	3	حاشیه مدیترانه Mediterranean border	پنجاب Punjab	17	هند India
هندی Indian	4	هند India	جیرفت ۲ Jiroft 2	18	ایران- کرمان Iran-Kerman
ورامین۲۸۲۲ Varamin 2822	5	ایران- اصفهان Iran-Isfahan	چینی Chinese	19	چین China
Tn240	6	ایران- خوزستان Iran-Khozestan	شیراز ۱۰ Shiraz 10	20	ایران- فارس Iran-Fars
یکتا Yekta	7	ایران- ناشناخته Iran-unknown	شیراز ۵ Shiraz 5	21	ایران- فارس Iran-Fars
داراب ۱ Darab 1	8	ایران- فارس Iran-Fars	شیراز ۸ Shiraz 8	22	ایران- فارس Iran-Fars
عراقی ۲۲ Iraqian 22	9	عراق Iraq	گلپایگان ۳ Golpayegan 3	23	ایران- اصفهان Iran-Isfahan
اردستان ۴ Ardestan 4	10	ایران- اصفهان Iran-Isfahan	گلپایگان ۱ Golpayegan 1	24	ایران- اصفهان Iran-Isfahan
اولتان Oltan	11	ایران- اردبیل Iran-Ardabil	گلپایگان ۴ Golpayegan 4	25	ایران- اصفهان Iran-Isfahan
اهواز ۱ Ahvaz 1	12	ایران- خوزستان Iran-Khozestan	مبارکه ۴ Mobarakeh 4	26	ایران- اصفهان Iran-Isfahan
اهواز ۷	13	ایران- خوزستان Iran-Khozestan	مرکزی ۱ Markazi 1	27	ایران- مرکزی Iran-Markazi
برازجان Borazjan	14	ایران- بوشهر Iran-Bushehr	ناز تک شاخه Naz-single branch	28	ایران- مازندران Iran-Mazandaran

آبیاری در هر دو شرایط رطوبتی تا زمان شروع گلدهی به‌طور یکسان و مطابق نیاز گیاه (پس از تخلیه ۶۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک) انجام شد. از مرحله‌ی شروع گلدهی به بعد، رژیم‌های آبیاری مورد نظر اعمال گردید. رطوبت قابل استفاده خاک به‌صورت مقدار آب موجود در منطقه توسعه ریشه بین ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم تعریف شد و دو رژیم آبیاری بر اساس درصد حداکثر تخلیه رطوبتی مجاز[1](متوسط کسری از کل آب قابل استفاده خاک که می‌تواند از عمق توسعه ریشه تخلیه شود) تعیین شد، به‌طوری که آبیاری پس از تخلیه‌ی ۶۰ و ۹۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک[2]به‌ترتیب برای آبیاری نرمال و کم آبیاری انجام گردید. برای حصول اطمینان از اعمال صحیح رژیم‌های رطوبتی و تعیین میزان رطوبت خاک از روش وزنی و تهیه نمونه خاک از ۳ عمق ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متری استفاده گردید و در آزمایشگاه رطوبت وزنی این نمونه‌ها تعیین شد. در هر تیمار آبیاری زمانی که درصد آب قابل استفاده خاک (رابطه ۱) به سطح آستانه مورد نظر رسید، آبیاری انجام شد. میزان آب آبیاری براساس عمق (رابطه ۲) و حجم (رابطه ۳) آبیاری بدست آمد (Allen et al. 1998).

$$\theta_{irrig} = \theta_{fc} - (\theta_{fc} - \theta_{pwp}) \times \rho \quad (۱)$$

$$D_{irrig} = (\theta_{fc} - \theta_{avg}) \times Z_e \times \rho_b \quad (۲)$$

$$V_{irrig} = A_{field} \times D_{irrig} \quad (۳)$$

در فرمول‌های بالا θ_{irrig} (در صد): سطح آ ستانه رطوبت قابل ا ستفاده خاک، θ_{fc}: میزان رطوبت خاک در گنجایش زراعی، θ_{pwp}: میزان رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم، ρ: مقداری از رطوبت قابل ا ستفاده خاک که می‌تواند در هر تیمار آبیاری کاهش یابد (۶۰ و ۹۰ درصد)، D_{irrig}: عمق آب آبیاری (سانتی‌متر)، θ_{avg}: رطوبت قابل دسترس در منطقه توسعه ریشه (درصد)، Z_e: عمق توسعه ریشه (سانتی‌متر)، ρ_b: چگالی ظاهری خاک، V_{irrig}: حجم آب آبیاری (مترمکعب) و A_{field}: سطح کرت (مترمربع) می‌باشد.

صفات مورد مطالعه عبارت از تعداد روز تا ر سیدگی، ارتفاع بوته، تعداد ا شعاب میوه‌دهنده در بوته، تعداد کپ سول در بوته، تعداد دانه در کپســـول، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در بوته بود و پارامترهای ژنتیکی وراثت پذیری، ضـــریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی با استفاده از روابط زیر (۴) محاسبه گردید.

$$\text{وراثت پذیری عمومی} = \frac{\text{واریانس ژنتیکی}}{\text{واریانس فنوتیپی}} \times 100$$

[1]- Management allowable depletion (MAD)
[2]- Available soil water (ASW)

$$\text{ضریب تغییرات فنوتیپی} = \frac{\sqrt{\text{واریانس فنوتیپی}}}{\text{میانگین صفت}} \times 100 \quad (۴)$$

$$\text{ضریب تغییرات ژنتیکی} = \frac{\sqrt{\text{واریانس ژنتیکی}}}{\text{میانگین صفت}} \times 100$$

تجزیه آماری داده‌ها از طریق تجزیه واریانس مرکب در دو محیط و دو سال، همچنین مقایسات میانگین بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام شد. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS (SAS 9.4) انجام گردید.

نتایج و بحث

صفت فنولوژیک

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها را از نظر زمان ر سیدگی ن شان داد. زمان ر سیدگی ژنوتیپ‌ها تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت و در هر دو سال در اثر این تنش کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). به‌طوری که کاهش ۶ و ۷ درصدی برای این صفت به ترتیب در سال اول و دوم مشاهده گردید (جدول ۳). اثر سال و اثر سال × ژنوتیپ برای این صفت فنولوژیک معنی‌دار بود که گویای اثر متفاوت عوامل محیطی سال بر زمان رسیدگی ژنوتیپ‌ها است.

یکی از راهکارهای مقابله با خشکی فرار از تنش ا ست (Farooq et al. 2012). برخی از گیاهان برای تمام کردن چرخه زندگی خود اقدام به کوتاه کردن این چرخه می‌کنند. این امر نشان‌دهنده واکنش گیاه در جهت تکمیل و اتمام زودتر دوره ر شد خود با افزایش مدت تنش کمبود آب ا ست که واکنشی در جهت فرار از خشکی می‌با شد. در مطالعات انجام شده کاهش دوره ر شد گیاه در اثر تنش خشکی مشاهده شده است (Sravanthi et al. 2021; Parsaeian et al. 2011).

وجود تنوع ژنتیکی برای دوره رسیدگی نشان داد که از بین ژنوتیپ‌ها می‌توان بر اساس شرایط مورد نظر برای این صفات اقدام به انتخاب نمود. با توجه به پاسخ دهی متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف آبیاری و در هر سال، مشاهده شد که در محیط معمول آبیاری و در سال اول، ژنوتیپ‌های M556، یکتا و عراقی ۲۲ زودرس‌تر و ارقام اهواز ۱، اهواز ۷ و اردستان ۴ دیررس‌تر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند. در همین سال در محیط کم آبیاری، ارقام Tn240، یکتا، عراقی ۲۲ و اولتان زودرس‌تر و ژنوتیپ‌های اهواز ۷، مبارکه ۴، گلپایگان ۴ و اهواز ۱ دیررس‌تر بودند (جدول ۳). در سال دوم در هر دو محیط رطوبتی ژنوتیپ‌های Tn240 و یکتا زودرس‌تر بودند، ولی اهواز ۷، شیراز ۱۰، بیرجند ۶ و جیرفت ۲ در محیط معمول آبیاری و رقم بیرجند ۶ در محیط کم آبیاری دیررس‌تر بودند (جدول ۳).

تفاوت دامنه و میانگین روز تا رسیدگی در طی دو سال و محیط می‌تواند ناشی از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به شرایط محیطی آزمایش‌ها باشد. مقایسه ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی در دو سال و محیط رطوبتی نشان داد که برای این صفت تنوع فنوتیپی و ژنتیکی بالایی وجود نداشته است و از آنجا که تفاوت ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی کم است، احتمالاً نشانگر اثر کم عوامل غیر ژنتیکی بر روی این صفت می‌باشد و توارث پذیری عمومی بالای این صفت نیز تایید کننده این مطلب است (جدول ۴). صفت روز تا رسیدگی در مقایسه با سایر صفات ارزیابی شده از ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی کمتری برخوردار بود، بنابراین در انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب برای این صفت محدودیت بیشتری در این مجموعه ژنوتیپ‌ها وجود خواهد داشت. برخلاف نتایج مطالعه حاضر، در مطالعه‌ای بر روی کنجد، تنوع زیادی را برای صفات روز تا گلدهی (۲۵ تا ۹۸ روز) و روز تا رسیدگی (۷۰ تا ۱۴۲ روز) گزارش نمودند (Mahajan et al. 2007). با این حال، در مطالعه حاضر تنوع قابل توجهی برای دوره رسیدگی مشاهده شد، به‌طوری که برای روز تا رسیدگی ۹۴ تا ۱۴۲ روز بود (جدول ۳). همبستگی مثبت این صفت با عملکرد دانه در بوته در هر دو سال و محیط می‌تواند گویای این باشد که انتخاب بر مبنای زودرسی می‌تواند تا حدودی منجر به کاهش عملکرد دانه در هر دو محیط شود. جمع بندی نتایج دو ساله نشان داد که ژنوتیپ‌های یکتا، M556 و Tn240 در هر دو محیط نرمال و تنش زودرس‌تر و ژنوتیپ‌های اهواز ۷، مبارکه ۴، اهواز ۱ و گلپایگان ۴ در هر دو محیط دیررس‌تر از بقیه ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۳). محققان در آزمایشی دیگر، ارقام یکتا و M556 را به‌عنوان زودرس‌ترین ژنوتیپ‌ها معرفی کردند (Parsaeian et al. 2011).

صفات ریخت‌شناسی

نتایج تجزیه واریانس وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها را از نظر صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، و تعداد انشعاب میوه دهنده در بوته نشان داد. اثر سال نیز بر همه صفات به‌جز ارتفاع بوته معنی‌دار بود و تنش خشکی نیز بر همه صفات به استثنای تعداد انشعاب میوه دهنده در بوته دارای اثر معنی‌دار بود (جدول ۲). رشد طولی ساقه از حساس‌ترین صفات به تنش رطوبتی بوده که کاهش فشار تورژسانس از طریق کاهش رشد و توسعه سلول‌ها، موجب کاهش ارتفاع گیاه می‌شود (Sravanthi et al. 2021). در مطالعه حاضر تنش خشکی موجب کاهش ۱۰ و ۱۷ درصدی ارتفاع بوته به‌ترتیب در سال اول و دوم شد (جدول ۳). در آزمایشی دیگر ارتفاع گیاه کنجد در شرایط کمبود رطوبت خاک کاهش معنی‌داری داشت (Golestani & Pakniyat 2015). در هر دو سال متوسط ارتفاع بوته در محیط معمول رطوبتی بیشتر از محیط تنش بود، اما دامنه وسیع‌تری در بین ژنوتیپ‌ها در سال دوم نسبت به سال اول برای این صفت مشاهده شد و مقایسه ضرایب تنوع و وراثت‌پذیری عمومی نشان می‌دهد که این تنوع بیشتر به‌دلیل عوامل محیطی بوده است. پایین بودن ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی گویای این است که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر این صفت تنوع کمتری داشته‌اند (جدول ۴). در بررسی تنوع در ۵۱ توده کنجد از نظر عملکرد و صفات تاثیرگذار در آن، ضریب تنوع ژنتیکی متوسطی (۲۰/۶ درصد) را برای ارتفاع بوته گزارش کردند (Solanki & Gupta 2001). برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد که معمولاً ژنوتیپ‌های پابلند در مقایسه با پاکوتاه دارای مزیت هستند، زیرا در این ژنوتیپ‌ها سطح دریافت کننده نور بیشتر بوده که

به انجام فتوسنتز مناسب و در نهایت عملکرد بالا منتهی می‌شود (Sravanthi et al. 2021). بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، ژنوتیپ‌های Tn240، پاکستانی ۲، گلپایگان ۳ و یکتا در هر دو محیط با رتبه‌های متفاوت از جمله ژنوتیپ‌های پاکوتاه و ژنوتیپ‌های اردستان ۴، جیرفت ۲، شیراز ۱۰ و برازجان نیز در هر دو محیط ژنوتیپ‌های پابلندتر بودند (جدول ۳).

در سال اول تفاوت معنی‌داری برای قطر ساقه بین دو محیط رطوبتی مشاهده نشد و میانگین ۱۱ میلی‌متر را داشت، اما در سال دوم تفاوت آنها معنی‌دار بود و متوسط قطر ساقه در محیط نرمال ۱۰ و در محیط تنش ۸ میلی‌متر بدست آمد (جداول ۲ و ۳). ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی بالایی برای این صفت مشاهده نشد، اما تفاوت کم ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی حاکی از تاثیر بیشتر عوامل ژنتیکی نسبت به عوامل محیطی در کنترل این صفت است (جدول ۴).

میانگین تعداد انشعاب میوه دهنده در بوته در ژنوتیپ‌های ارزیابی شده به ترتیب برابر ۳ و ۲ انشعاب در محیط نرمال و تنش بود. در این مطالعه به‌طور کلی ژنوتیپ‌های شیراز ۸ و داراب ۱ همچنین لاین‌های اهواز ۷، اهواز ۱ و گلپایگان ۴ در هر دو سال و دو محیط رطوبتی به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد انشعاب میوه دهنده در بوته را داشتند (جدول ۳). تعداد انشعاب میوه دهنده در بوته به‌طور متوسط با ۵۸/۳ درصد در محیط نرمال و ۶۳/۸ درصد در محیط تنش، بیشترین درصد ضریب تنوع ژنتیکی را در مقایسه با سایر صفات ارزیابی شده در این پژوهش نشان داد (جدول ۴).

بدین ترتیب تنوع ژنتیکی زیادی برای این صفت در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه وجود دارد که می‌توان از آن برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با تعداد شاخه مطلوب و با توجه به آرایش کاشت و تراکم مناسب استفاده نمود. در مطالعه‌ای که با استفاده از ۵۲ توده کنجد انجام شد، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای تنوع قابل ملاحظه‌ای برای تعداد شاخه در بوته بودند (Solanki & Gupta 2001). در تحقیقی دیگر نیز ضریب تنوع ژنتیکی متوسطی را برای این صفت گزارش نمودند (Kumar et al. 2002). وراثت پذیری بالای این صفات نشان دهنده تاثیر بیشتر عوامل ژنتیکی نسبت به عوامل محیطی در کنترل این صفات می‌باشد و شاید به همین علت این صفت زیاد تحت تاثیر تنش خشکی قرار نگرفته است (جدول ۴). با توجه به اینکه ارقامی با ارتفاع و تعداد انشعاب فرعی کمتر و قطر ساقه بیشتر (برای جلوگیری از خوابیدگی ساقه) برای برداشت مکانیزه مناسب‌ترند، لاین‌های گلپایگان ۱ و ۴ برای محیط نرمال و لاین‌های اهواز ۱، گلپایگان ۱ و ۴ برای محیط کم آبیاری معرفی می‌شوند.

عملکرد دانه و اجزای آن

اجزای عملکرد دانه در بوته کنجد شامل تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه می‌باشند. تجزیه واریانس مرکب تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را از نظر صفات عملکرد دانه در بوته، عملکرد دانه در واحد سطح و اجزای عملکرد نشان داد (جدول ۲). تنش خشکی کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و اجزای آن را به دنبال داشت. از بین اجزای عملکرد بیشترین کاهش مربوط به تعداد کپسول در بوته بود که کاهش آن در سال دوم (۴۲ درصد) نیز بیشتر از سال اول (۳۵ درصد) بود. یکی از شاخص‌های مناسب جهت انتخاب برای افزایش عملکرد دانه کنجد، صفت تعداد کپسول در بوته است که یکی از اجزای مهم آن به شمار می‌رود (Shim et al. 2001; Solanki & Gupta 2003). در پژوهش حاضر نیز ضریب تنوع ژنتیکی نسبتاً

بالایی برای این صفت مشاهده شد، به‌طوری‌که به‌ترتیب در سال اول و دوم در محیط نرمال ۱۵/۷ و ۲۷/۰ و در محیط تنش ۱۶/۸ و ۴۱/۱ درصد بوده است، بنابراین می‌توان از بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه آن‌هایی که دارای تعداد کپسول در بوته بیشتری هستند را انتخاب کرد. در این مطالعه ژنوتیپ مبارکه ۴ بیشترین تعداد کپسول در بوته را در سال اول و در هر دو محیط نرمال و تنش دا شت، در حالی که ژنوتیپ‌های Tn234 و بیرجند ۶ بی شترین تعداد کپ سول در بوته را به ترتیب در محیط نرمال و تنش در سال دوم داشتند (جدول ۳). در مطالعه‌ای دیگر، بیشترین ضریب تنوع ژنتیکی پس از عملکرد دانه در بوته به صفت تعداد کپسول در بوته اختصاص داشت (Solanki & Gupta 2003). محققین دیگری نیز تنوع زیادی را برای این صفت در ژنوتیپ‌های کنجد گزارش کردند (Kumaresan & Nadarajan 2003; Thangavelu 1994). محققان در مطالعه‌ای بر روی کلکسیون جهانی کنجد، تنوع زیادی را برای این صفت و با دامنه ۲ تا ۷۶ عدد کپ سول در بوته گزارش نمودند (Mahajan et al. 2007). این صفت از وراثت پذیری عمومی نسبتاً بالایی برخوردار بود و در محیط تنش وراثت پذیری بیشتری را نشان داد (جدول ۴)، بنابراین نقش عوامل ژنتیکی در کنترل این صفت بیشتر از عوامل غیر ژنتیکی می‌باشد.

صفت تعداد دانه در کپ سول نیز یکی از اجزای عملکرد دانه مح سوب می شود (Shim et al. 2001). بدین ترتیب ا ستفاده از تنوع ژنتیکی موجود برای این صفت و انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب، عملکرد دانه را افزایش خواهد داد. دامنه تغییرات این صفت بر اساس میانگین دو سال بین ۷۴/۳۰-۴۵/۱۶ دانه در محیط رطوبتی نرمال و ۶۲/۰۶-۳۶/۹۶ دانه در محیط تنش متغیر بود. در آزمایشی Mahajan et al. (2007) دامنه تغییرات این صفت را در کلکسیون جهانی کنجد از ۲۰ تا ۱۱۰ عدد دانه در کپسول اعلام نمودند. بی شترین میانگین تعداد دانه در کپ سول در سال اول به ژنوتیپ اهواز ۱ در محیط نرمال و شیراز ۵ در محیط تنش تعلق دا شت و ژنوتیپ‌های شیراز ۵ و مرکزی ۱ نیز بیشترین تعداد دانه در کپسول را به ترتیب در محیط نرمال و تنش در سال دوم ارزیابی داشتند (جدول ۳). قابل توجه است که ژنوتیپ مرکزی ۱ بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح را در سال دوم و در محیط تنش به خود اختصاص داده است. ضریب تنوع ژنتیکی برآورد شده برای این صفت در سال اول در محیط نرمال و تنش به ترتیب ۱۰/۳و ۱۳/۸ در صد و در سال دوم نیز به ترتیب ۲۰/۲ و ۱۵/۹ در صد بود. در مطالعاتی دیگر نیز تنوع قابل ملاحظه‌ای برای صفت تعداد دانه در کپسول در کنجد گزارش شد (Gaikwad et al. 2009; Valarmathi et al. 2004). این صفت وراثت پذیری عمومی بیشتری را در محیط نرمال نسبت به محیط تنش داشته است (جدول ۴) و تفاوت زیاد بین ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی آن نقش زیاد عوامل غیر ژنتیکی در کنترل این صفت را نشان می‌دهد. تنش خشکی باعث کاهش دوام سطح برگ در گیاه شده که این امر موجب کاهش سطح فتو سنتز کننده در طول دوره ر شد گیاه و کاهش تولید ماده خ شک و در نتیجه کاهش تعداد کپ سول در بوته و تعداد دانه در کپسول می شود. بطور کلی تنش خ شکی در مرحله گرده افشانی سبب عقیم شدن دانه‌های گرده و در مراحل پس از گرده افشانی موجب اختلال در فتوسنتز و انتقال مواد ذخیره شده به دانه‌ها و کاهش تعداد دانه در کپسول می‌شود. همچنین کاهش تعداد سلول‌های بنیادی در اثر تنش خشکی موجب کاهش تعداد دانه در کپسول می‌شود (Sarmadnia & Kouchaki 1997; Triboi-

Blondel & Renard 1999). به‌طور کلی میزان کاهش تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول، تحت تاثیر ژنوتیپ و شدت تنش می‌باشد (Koca et al. 2007).

جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب برای صفات فنولوژیک، ریخت شناسی و اجزای عملکرد دانه مربوط به ارزیابی ۲۸ ژنوتیپ کنجد در دو محیط رطوبتی و طی دو سال زراعی

Table 2. Combined analysis of variance for phenological and morphological traits and yield components of 28 genotypes over two humidity conditions and two years

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات MS							
S.O.V	Df	روز تا رسیدگی Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Shoot diameter	تعداد انشعاب میوه دهنده در بوته Number of fruiting branches per plant	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه در بوته Yield per plant
سال (Y) Year	1	14650**	186^{ns}	147**	106**	144575**	321**	1291**	1275**
محیط رطوبتی (HC) Humidity conditions	1	4047**	20791**	67.2**	1.73*	70026**	111**	497**	911**
HC × Y	1	2.51^{ns}	1312**	44.6**	0.14^{ns}	3390**	40.3^{ns}	1.70**	287**
تکرار (HC × Y) Rep (Y×HC)	6	78.2	181	0.76	0.39	234	1.64	2.01	1.55
ژنوتیپ (G) Genotype	27	5116**	503**	4.86**	18.4**	1619**	6.80**	6.76**	16.2**
G × Y	27	3221**	244**	2.12**	1.27**	478**	2.92**	4.43**	6.53**
G × HC	27	216^{ns}	34.4^{ns}	0.20^{ns}	0.52*	236**	1.58*	2.76**	2.91**
G × HC × Y	27	202^{ns}	101^{ns}	0.19^{ns}	0.61**	223**	1.37^{ns}	1.74*	2.61**
خطا Error	162	9.11	59.3	0.55	0.34	50.2	61.1	0.04	2.31
وراثت پذیری عمومی (درصد) Board-sense heritability (%)	-	85.0	85.2	84.8	96.8	89.6	19.4	80.7	83.4

^{ns}: عدم وجود معنی‌داری، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. تعداد تکرار آزمایش‌ها در سال اول و دوم به ترتیب ۳ و ۲ بود.

^{ns}: non-significant, * and **: significant at P<0.05 and P<0.01, respectively. The replication was 3 and 2 in first and second year of experiment, respectively.

میانگین وزن هزار دانه در ژنوتیپ‌ها برای محیط رطوبتی نرمال و در سال اول و دوم ارزیابی به ترتیب برابر ۳/۱۶ و ۲/۰۹ گرم بود و در محیط تنش به ترتیب ۲/۴۱ و ۱/۶۶ گرم بوده است (جدول ۳). ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی این صفت نسبتاً پایین و در محیط‌های مختلف مقادیر متفاوتی داشت (جدول ۴). در مطالعات مختلف بر روی کنجد مقدار ضریب تنوعی که گزارش شده است متفاوت بوده است، به‌طوری که Kumar et al. (2002) ضریب تنوع ژنتیکی نسبتاً پایین و Solanki & Gupta (2001) ضریب تنوع ژنتیکی نسبتاً بالایی (۲۳/۲ درصد) را برای این صفت گزارش نمودند. از طرف دیگر این صفت وراثت پذیری عمومی با مقادیر متفاوت در هر سال و محیط نشان داد. مطالعه ضرایب تنوع و وراثت پذیری این صفت نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد

مطالعه برای این صفت تنوع نسبتاً کمی داشتند و نقش عوامل غیر ژنتیکی در کنترل این صفت نسبتاً زیاد می‌باشد. با توجه به تنوع مشاهده شده در بین ژنوتیپ‌ها به طور کلی بیشترین میزان وزن هزار دانه در هر دو سال و دو محیط رطوبتی مربوط به ژنوتیپ ورامین ۲۸۲۲ بود و کمترین آن به ژنوتیپ Tn240 تعلق داشت (جدول ۳). در تحقیقی Valarmathi et al. (2003) نیز ضمن ارزیابی ۵۱ توده از دو گونه کنجد زراعی و وحشی، تنوع زیادی را با دامنه ۰/۱۹ تا ۰/۳۵ گرم برای وزن ۱۰۰ دانه در گونه زراعی کنجد گزارش کردند.

اختلاف بسیار معنی‌داری برای عملکرد دانه در بوته در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مشاهده شد (جدول ۲) و تنش خشکی کاهش معنی‌دار این صفت را در هر دو سال موجب شد، به‌طوری که میانگین این صفت برای محیط نرمال و تنش رطوبتی به ترتیب برابر ۱۸/۶۰ و ۱۰/۶۷ گرم در سال اول و ۹/۹۲ و ۶/۱۲ گرم در بوته در سال دوم بوده است (جدول ۳). اختلاف بسیار معنی‌دار برای عملکرد دانه در بوته کنجد در مطالعات مختلف (۳۶–۳۸) گزارش شده است. وراثت پذیری، ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی برای این صفت نسبتاً بالا و در هر محیط رطوبتی متنوع بود، اما در هر دو سال مقدار بیشتر آن مربوط به محیط نرمال رطوبتی بوده است (جدول ۴). محققان در آزمایشی ضریب تنوع ژنتیکی ۱۷ در صد را برای این صفت در برخی لاین‌های کنجد گزارش کردند. با توجه به تنوع خوبی که از نظر این صفت در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه وجود دارد، می‌توان از این تنوع ژنتیکی برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بیشتر استفاده نمود (Laurentin & Montilla 2002). در پژوهش حاضر لاین ایرانی مرکزی ۱ که از توده مرکزی گزینش شده بود و لاین اصلاح شده یکتا به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه در بوته را در سال دوم در هر دو محیط تنش و نرمال داشتند (جدول ۳). در حالی که لاین گلپایگان ۱ و ورامین ۲۸۲۲ به‌ترتیب بیشترین عملکرد دانه در بوته را در محیط نرمال و تنش در سال اول داشتند و کمترین مقدار این صفت در همین سال به‌ترتیب در محیط نرمال و تنش به ژنوتیپ‌های یکتا و چینی تعلق داشت (جدول ۳).

عملکرد دانه گیاهان زراعی از مهمترین صفات اقتصادی است که به دنبال کاهش فتوسنتز ناشی از تنش خشکی کاهش می‌یابد (Taiz & Zeiger 1991). در بسیاری از گونه‌های گیاهی کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی گزارش شده که مقدار آن بستگی به طول و شدت تنش دارد. عقیم شدن گل‌ها به‌دلیل وقوع خشکی در دوره گلدهی اتفاق می‌افتد و یکی از دلایل آن کاهش انتقال مواد غذایی به گل و کپسول در حال رشد است، به‌طوری که جریان انتقال مواد غذایی زیر حد آستانه لازم برای رشد بهینه است (Yadav et al. 2004). به‌طور کلی خشکی موجب کاهش رشد و نمو گیاه و مانع تولید گل و پر شدن دانه می‌گردد که در نتیجه آن عملکرد دانه در واحد سطح کنجد به تعداد بوته در واحد سطح، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه بستگی دارد. در مطالعات مختلف نشان داده شده است که تنش خشکی باعث کاهش تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و به دنبال آن عملکرد دانه کنجد گردیده و این مطلب بیشتر ناشی از کاهش سطوح فتوسنتز کننده در رقم‌های کنجد مورد مطالعه بوده است (Golestani & Pakniyat 2015; Desoky et al. 2023). عملکرد و اجزا عملکرد گیاهان

زراعی تحت تاثیر ژنوتیپ، محیط و مدیریت زراعی قرار می‌گیرند. عملکرد ماده خشـــک و دانه نتیجه کارایی یک جامعه گیاهی از نظر استفاده از تشعشع خورشید در طول فصل رشد است (Taiz & Zeiger 1991). قرار گرفتن گیاه کنجد برای مدت طولانی در معرض تنش خشکی (مانند شرایط مطالعه حاضر)، موجب کاهش عملکرد آن می‌شود.

جدول ۳. میانگین صفات فنولوژیک و زراعی مربوط به ۲۸ ژنوتیپ کنجد مورد بررسی در دو محیط رطوبتی (نرمال و تنش) طی دو سال زراعی

Table 3. Means of phenological and agronomic traits for 28 sesame genotypes evaluated in two humidity conditions (normal and stress) over two years

کد شناسایی	ژنوتیپ	سال	محیط رطوبتی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (mm)	تعداد انشعاب میوه دهنده	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه در بوته (g)
Code	Genotype	Year		Days to maturity	Plant height	Shoot diameter	Number of fruiting branches per plant	Number of capsules per plant	Number of seeds per capsule	1000-seed weight	Yield per plant
1	Tn234	اول First	نرمال Normal	135	124	10.64	2.10	109.3	75.8	3.50	18.16
			تنش Stress	130	117	10.61	2.07	71.0	53.2	2.29	11.70
		دوم Second	نرمال Normal	110	141	11.97	3.22	102.3	46.7	2.46	12.97
			تنش Stress	102	104	9.23	1.60	26.3	33.7	1.26	4.90
2	پاکستانی Pakestanian	اول First	نرمال Normal	128	122	10.54	0.67	104.5	76.3	3.30	14.99
			تنش Stress	121	116	10.51	1.39	75.2	59.5	2.14	9.16
		دوم Second	نرمال Normal	111	131	9.43	0.76	46.3	69.5	1.93	9.90
			تنش Stress	101	92	7.42	0.15	15.1	40.7	1.34	4.14
3	M556	اول First	نرمال Normal	123	128	11.41	3.63	95.5	63.7	3.66	17.97
			تنش Stress	116	115	11.38	3.48	76.3	55.9	2.48	12.04
		دوم Second	نرمال Normal	112	115	10.14	2.07	41.5	52.3	1.87	10.06
			تنش Stress	100	103	8.37	2.48	22.5	42.2	1.41	6.35
4	هندی Indian	اول First	نرمال Normal	130	105	9.88	5.20	100.1	62.5	3.77	15.71
			تنش Stress	125	94	9.85	4.59	67.7	46.4	2.77	9.50
		دوم Second	نرمال Normal	115	125	9.09	2.50	44.7	45.5	1.95	8.83
			تنش Stress	108	104	8.44	3.13	47.1	36.9	1.71	6.46
5	ورامین۲۸۲۲ Varamin2822	اول First	نرمال Normal	130	110	9.58	3.23	112.5	70.5	3.92	19.69
			تنش Stress	124	110	9.53	3.27	71.7	52.5	2.80	14.31
		دوم Second	نرمال Normal	116	113	8.34	1.17	42.8	48.7	2.48	8.27
			تنش Stress	108	93	7.31	1.10	23.7	29.3	2.05	5.49

ادامه جدول ۳. میانگین صفات فنولوژیک و زراعی مربوط به ۲۸ ژنوتیپ کنجد مورد بررسی در دو محیط رطوبتی (نرمال و تنش) طی دو سال زراعی

Table 3. (Continued)- Means of phenological and agronomic traits for 28 sesame genotypes evaluated in two humidity conditions (normal and stress) over two years

کد شناسایی Code	ژنوتیپ Genotype	سال Year	محیط رطوبتی	روز تا رسیدگی Days to maturity	ارتفاع بوته (cm) Plant height	قطر ساقه (mm) Shoot diameter	تعداد انشعاب میوه دهنده Number of fruiting branches per plant	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	وزن هزار دانه (g) 1000-seed weight	عملکرد دانه در بوته (g) Yield per plant
6	Tn240	اول First	نرمال Normal	131	121	10.43	3.73	100.8	71.5	2.75	19.72
			تنش Stress	116	117	10.38	3.60	65.0	66.7	2.08	11.18
		دوم Second	نرمال Normal	107	101	7.76	2.17	26.4	43.6	1.64	5.80
			تنش Stress	95	81	6.13	0.33	8.9	35.7	1.02	3.12
7	یکتا Yekta	اول First	نرمال Normal	123	108	8.77	3.33	73.4	66.0	3.54	11.80
			تنش Stress	116	103	8.72	3.02	45.2	46.8	2.41	7.00
		دوم Second	نرمال Normal	107	114	9.51	3.24	53.1	50.3	1.85	4.68
			تنش Stress	100	82	7.21	0.56	9.5	30.3	1.57	2.98
8	داراب ۱ Darab 1	اول First	نرمال Normal	130	111	10.59	5.97	136.2	57.5	3.28	16.42
			تنش Stress	124	101	10.54	5.37	72.5	50.3	2.81	11.33
		دوم Second	نرمال Normal	122	128	9.17	2.67	60.1	57.3	2.30	14.09
			تنش Stress	114	105	6.97	3.84	41.5	34.0	1.90	7.59
9	عراقی ۲۲ Iraqian22	اول First	نرمال Normal	123	105	9.93	4.00	103.9	71.0	3.13	18.37
			تنش Stress	116	96	9.88	4.02	54.0	57.5	2.60	7.29
		دوم Second	نرمال Normal	122	119	8.66	2.70	50.1	43.4	2.17	6.72
			تنش Stress	112	105	8.03	2.20	26.9	25.0	1.72	3.84
10	اردستان ۴ Ardestan4	اول First	نرمال Normal	141	129	10.17	1.00	126.0	55.9	2.78	19.20
			تنش Stress	133	118	10.12	0.45	95.2	43.6	2.34	10.14
		دوم Second	نرمال Normal	114	139	10.70	0.00	70.4	34.9	2.05	7.65
			تنش Stress	109	114	8.81	0.53	46.1	36.2	1.71	5.81

ادامه جدول ۳. میانگین صفات فنولوژیک و زراعی مربوط به ۲۸ ژنوتیپ کنجد مورد بررسی در دو محیط رطوبتی (نرمال و تنش) طی دو سال زراعی

Table 3. (Continued)- Means of phenological and agronomic traits for 28 sesame genotypes evaluated in two humidity conditions (normal and stress) over two years

کد شناسایی Code	ژنوتیپ Genotype	سال Year	محیط رطوبتی	روز تا رسیدگی Days to maturity	ارتفاع بوته (cm) Plant height	قطر ساقه (mm) Shoot diameter	تعداد انشعاب میوه دهنده Number of fruiting branches per plant	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	وزن هزار دانه (g) 1000-seed weight	عملکرد دانه در بوته (g) Yield per plant
11	اولتان Oltan	اول First	نرمال Normal	128	120	11.06	3.93	95.0	59.9	3.88	14.79
			تنش Stress	116	111	11.01	4.14	62.6	41.8	2.33	10.64
		دوم Second	نرمال Normal	112	115	9.59	3.16	55.9	40.1	1.83	7.60
			تنش Stress	107	102	8.33	1.97	35.6	35.3	1.43	5.37
12	اهواز ۱ Ahvaz1	اول First	نرمال Normal	142	110	11.78	0.37	143.2	77.0	2.75	22.74
			تنش Stress	134	96	11.74	0.99	81.4	65.3	2.06	11.87
		دوم Second	نرمال Normal	120	121	11.35	0.07	84.1	44.3	2.11	11.33
			تنش Stress	111	102	8.46	0.03	48.4	35.7	1.76	6.95
13	اهواز ۷ Ahvaz7	اول First	نرمال Normal	141	121	10.78	0.40	123.7	53.8	3.83	21.47
			تنش Stress	135	104	10.78	0.63	81.4	45.3	2.54	13.61
		دوم Second	نرمال Normal	123	120	10.19	0.00	75.5	46.1	2.12	10.32
			تنش Stress	112	96	7.96	0.20	41.8	39.6	1.86	7.24
14	برازجان Borazjan	اول First	نرمال Normal	124	128	9.91	5.07	107.1	75.4	3.05	19.30
			تنش Stress	116	116	9.90	4.14	84.9	69.0	2.24	9.52
		دوم Second	نرمال Normal	119	131	9.82	2.20	42.0	60.4	2.20	11.09
			تنش Stress	114	107	8.27	3.16	31.8	50.1	2.04	8.50
15	بیرجند ۶ Birjand6	اول First	نرمال Normal	124	124	10.71	4.10	143.1	64.7	2.79	20.86
			تنش Stress	118	113	10.70	3.39	92.0	56.3	2.39	11.94
		دوم Second	نرمال Normal	124	124	10.91	2.75	72.1	25.6	2.14	10.42
			تنش Stress	116	110	9.51	2.50	70.8	24.3	1.68	8.81

ادامه جدول ۳. میانگین صفات فنولوژیک و زراعی مربوط به ۲۸ ژنوتیپ کنجد مورد بررسی در دو محیط رطوبتی (نرمال و تنش) طی دو سال زراعی

Table 3. (Continued)- Means of phenological and agronomic traits for 28 sesame genotypes evaluated in two humidity conditions (normal and stress) over two years

کد شناسایی Code	ژنوتیپ Genotype	سال Year	محیط رطوبتی	روز تا رسیدگی Days to maturity	ارتفاع بوته (cm) Plant height	قطر ساقه (mm) Shoot diameter	تعداد انشعاب میوه دهنده Number of fruiting branches per plant	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	وزن هزار دانه (g) 1000-seed weight	عملکرد دانه در بوته (g) Yield per plant
16	پاکستانی ۲ Pakistanian2	اول First	نرمال Normal	130	101	8.85	4.37	86.7	52.6	3.13	13.09
			تنش Stress	124	93	8.84	4.92	64.1	46.0	2.35	9.18
		دوم Second	نرمال Normal	112	127	8.90	2.54	49.8	44.9	2.08	7.88
			تنش Stress	105	95	7.69	2.60	32.9	33.8	1.81	4.93
17	پنجاب Punjab	اول First	نرمال Normal	129	102	9.04	3.50	104.4	57.4	2.99	14.13
			تنش Stress	123	98	9.04	4.32	65.1	40.9	2.61	7.83
		دوم Second	نرمال Normal	114	121	9.49	1.57	67.5	44.6	2.18	9.76
			تنش Stress	104	97	7.56	2.07	30.4	43.2	1.81	7.29
18	جیرفت ۲ Jiroft2	اول First	نرمال Normal	128	131	10.48	4.51	129.8	59.7	2.95	16.78
			تنش Stress	124	109	10.47	4.50	75.7	50.9	2.47	11.59
		دوم Second	نرمال Normal	124	145	10.42	3.03	60.7	41.1	2.03	8.81
			تنش Stress	114	118	9.12	2.97	47.3	38.8	1.67	5.42
19	چینی Chinese	اول First	نرمال Normal	128	122	10.97	2.17	119.2	56.5	2.72	16.45
			تنش Stress	121	101	10.97	1.11	79.5	48.6	2.28	6.63
		دوم Second	نرمال Normal	116	102	8.01	0.65	38.7	33.8	1.74	5.49
			تنش Stress	101	98	7.07	0.07	11.9	51.3	1.49	3.97
20	شیراز ۱۰ Shiraz10	اول First	نرمال Normal	125	126	10.44	5.12	113.3	66.9	2.84	18.03
			تنش Stress	116	102	10.44	4.38	67.7	59.1	2.44	8.91
		دوم Second	نرمال Normal	123	135	10.66	3.23	71.9	51.7	2.23	11.16
			تنش Stress	115	123	9.20	3.13	40.3	51.3	1.83	7.65

ادامه جدول ۳. میانگین صفات فنولوژیک و زراعی مربوط به ۲۸ ژنوتیپ کنجد مورد بررسی در دو محیط رطوبتی (نرمال و تنش) طی دو سال زراعی

Table 3. (Continued)- Means of phenological and agronomic traits for 28 sesame genotypes evaluated in two humidity conditions (normal and stress) over two years

کد شناسایی	ژنوتیپ	سال	محیط رطوبتی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (mm)	تعداد انشعاب میوه دهنده	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه در بوته (g)
Code	Genotype	Year		Days to maturity	Plant height	Shoot diameter	Number of fruiting branches per plant	Number of capsules per plant	Number of seeds per capsule	1000-seed weight	Yield per plant
21	شیراز ۵ Shiraz5	اول First	نرمال Normal	135	119	10.16	4.38	98.6	76.3	3.12	21.46
			تنش Stress	130	105	10.18	4.23	74.8	70.6	2.22	12.73
		دوم Second	نرمال Normal	119	128	10.82	2.48	76.4	72.3	2.29	14.40
			تنش Stress	112	103	8.74	2.97	32.4	48.9	1.70	8.61
22	شیراز ۸ Shraz8	اول First	نرمال Normal	131	119	10.97	5.47	103.4	60.1	3.31	20.54
			تنش Stress	117	107	10.98	4.98	71.2	55.4	2.35	11.22
		دوم Second	نرمال Normal	117	126	10.11	3.67	53.8	66.3	2.19	12.60
			تنش Stress	111	112	8.63	3.57	37.3	36.6	1.49	5.49
23	گلپایگان ۳ Golpayegan3	اول First	نرمال Normal	135	104	11.26	1.13	125.3	71.7	2.91	21.99
			تنش Stress	127	98	11.27	0.93	88.7	64.5	2.49	12.13
		دوم Second	نرمال Normal	116	110	9.50	0.47	64.3	43.1	2.08	11.03
			تنش Stress	110	91	7.65	0.27	37.2	45.5	1.67	6.59
24	گلپایگان ۱ Golpayegan1	اول First	نرمال Normal	135	104	11.57	0.86	145.5	67.1	2.90	26.43
			تنش Stress	129	96	11.59	1.41	87.8	66.1	2.52	10.65
		دوم Second	نرمال Normal	116	118	9.69	0.19	72.1	43.6	1.88	10.56
			تنش Stress	111	96	8.58	0.03	40.2	36.5	1.70	4.65
25	گلپایگان ۴ Golpayegan4	اول First	نرمال Normal	140	107	11.71	0.53	140.1	55.0	2.95	17.48
			تنش Stress	134	90	11.72	0.87	72.3	36.6	2.38	11.77
		دوم Second	نرمال Normal	119	122	11.20	0.00	80.4	43.5	2.10	10.22
			تنش Stress	113	100	9.07	0.13	49.2	37.3	1.67	5.35

ادامه جدول ۳. میانگین صفات فنولوژیک و زراعی مربوط به ۲۸ ژنوتیپ کنجد مورد بررسی در دو محیط رطوبتی (نرمال و تنش) طی دو سال زراعی

Table 3. (Continued)- Means of phenological and agronomic traits for 28 sesame genotypes evaluated in two humidity conditions (normal and stress) over two years

عملکرد دانه در بوته (g) Yield per plant	وزن هزار دانه (g) 1000-seed weight	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	تعداد انشعاب میوه دهنده Number of fruiting branches per plant	قطر ساقه (mm) Shoot diameter	ارتفاع بوته (cm) Plant height	روز تا رسیدگی Days to maturity	محیط رطوبتی	سال Year	ژنوتیپ Genotype	کد شناسایی Code
24.71	2.85	68.6	153.1	1.55	11.36	124	140	نرمال Normal	اول First	مبارکه ۴ Mobarakeh4	26
12.56	2.52	50.7	111.8	1.08	11.37	114	134	تنش Stress			
8.46	1.98	33.2	75.8	0.53	10.32	125	119	نرمال Normal	دوم Second		
6.39	1.47	33.4	44.7	0.17	8.71	103	114	تنش Stress			
19.93	2.87	71.1	112.0	3.07	9.28	115	130	نرمال Normal	اول First	مرکزی ۱ Markazi1	27
11.90	2.51	68.3	66.9	3.09	9.29	92	124	تنش Stress			
17.90	2.37	53.0	84.0	3.37	9.29	115	119	نرمال Normal	دوم Second		
12.23	2.03	55.9	64.2	3.23	7.59	107	113	تنش Stress			
18.61	2.89	65.2	109.4	3.13	10.84	127	135	نرمال Normal	اول First	ناز تک شاخه Naz-single branch	28
10.53	2.18	60.5	72.2	3.29	10.85	100	129	تنش Stress			
9.72	2.19	50.0	54.8	2.21	9.43	124	118	نرمال Normal	دوم Second		
5.39	1.79	30.0	30.0	2.17	8.37	112	113	تنش Stress			
4.80	0.52	10.3	21.4	1.00	1.06	12	2	نرمال Normal	اول First	LSD (0.05)	
2.83	0.48	16.5	11.1	0.99	1.10	10	3	تنش Stress			
2.27	0.30	12.7	12.9	1.16	1.49	16	6	نرمال Normal	دوم Second		
1.87	0.31	14.5	7.2	0.85	1.20	12	6	تنش Stress			

جدول ٤. وراثت پذیری عمومی، ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی صفات مختلف فنولوژیک، ریخت شناسی و زراعی در ژنوتیپ‌های مختلف کنجد در دو سال زراعی و در دو محیط رطوبتی (نرمال و تنش)

Table 4. Broad-sense heritability, phenotypic and genotypic coefficients of variation for phenological, morphological and agronomic traits in different genotypes of sesame in two humidity conditions (normal and stress) over two years

وراثت پذیری عمومی (درصد) Broad-sense heritability				ضریب تنوع ژنتیکی (درصد) Genotypic coefficient				ضریب تنوع فنوتیپی (درصد) Phenotypic coefficient				
سال دوم Second year		سال اول First year		سال دوم Second year		سال اول First year		سال دوم Second year		سال اول First year		
تنش Stress	نرمال Normal	تنش Stress	نرمال Normal	تنش Stress	نرمال Normal	تنش Stress	نرمال Normal	تنش Stress	نرمال Normal	تنش Stress	نرمال Normal	
69.6	57.3	96.3	98.4	4.8	3.7	5.4	4.5	5.8	4.9	5.5	4.5	روز تا رسیدگی Days to maturity
58.5	44.6	71.8	67.7	8.4	7.1	7.7	7.3	11	10.7	9.1	8.9	ارتفاع بوته (cm) Plant height
46.9	46.8	66.4	67.7	8.4	8.7	7.2	7.2	12.3	12.8	8.8	8.7	قطر ساقه (mm) Shoot diameter
86.1	73.1	90.8	92.2	76.5	62.2	51	54.5	82.5	72.7	53.5	56.7	تعداد انشعاب میوه دهنده در بوته Number of fertile branch per plant
91.6	81.6	84.4	74.9	41.1	27	16.8	15.7	43	29.9	18.3	18.1	تعداد کپسول در بوته Number of capsule per plant
31.9	60.6	47	64.4	15.9	20.2	13.8	10.3	28.1	26	20.2	12.9	تعداد دانه در کپسول Number of seed per capsule
55.3	47.4	16.6	64	12.7	8.3	4.4	10.6	17	12.1	10.7	13.3	وزن هزار دانه (g) Thousand seed weight
72.8	79.6	59.8	61	30.4	27.7	15.8	15.7	35.7	31	20.4	20.1	عملکرد دانه در بوته (g) Yield per plant

نتیجه‌گیری کلی: نتایج مطالعه حاضر نشان داد که لاین‌های مورد بررسی از نظر زمان رسیدگی، ارتفاع بوته، قطر ساقه و وزن هزار دانه تنوع کمی داشتند و از نظر تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در بوته، تعداد انشعاب میوه‌دهنده و عملکرد دانه در بوته تنوع بالایی نشـــان دادند، بنابراین انتخاب از نظر این صـــفات در این جمعیت می‌تواند کارا باشـــد. از طرف دیگر مطالعه وراثت‌پذیری و بررسی سهم عوامل ژنتیکی و غیر ژنتیکی نشان داد که در کنترل صفات تعداد دانه در کپسول و تعداد انشعاب میوه دهنده سهم عوامل ژنتیکی بیشتر است بنابراین می‌توان برای انتخاب غیر مستقیم عملکرد دانه از این صفات بهره برد. نتایج نشان داد که تنوع مشاهده شده در سال دوم نسبت به سال اول و در محیط تنش رطوبتی نسبت به محیط نرمال رطوبتی بیشتر بوده است و بررســی وراثت‌پذیری گویای تفاوت مقدار وراثت‌پذیری صـفات مختلف در محیط‌های متفاوت اسـت. وراثت‌پذیری تعداد انشـعاب میوه دهنده و تعداد دانه در کپسول در محیط نرمال بیشتر بود در حالی که برای تعداد کپسول وراثت‌پذیری بیشتر در محیط تنش رطوبتی مشاهده شد که به‌نظر می‌رسد انتخاب بر اساس این صفات می‌تواند در هر محیط متفاوت باشد و در برنامه‌های اصلاحی آتی می‌توان این مطلب را در نظر گرفت. لاین‌های مرکزی ۱، گلپایگان ۱ و ورامین ۲۸۲۲ نیز به‌عنوان ارقام پر محصـــول و

لاین‌های اهواز ۱، گلپایگان ۱ و ۴ به‌عنوان ارقام مناسب برای برداشت مکانیزه معرفی می‌شوند که می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی آتی استفاده شوند.

References

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). FAO Irrigation and drainage. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp. e156.

Anbanandan, V., Saravanan, K., & Sabesan, T. (2009). Variability, heritability and genetic advance in rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Plant Science*, *3*(2), 61-63.

Babar, M., Khan, A. A., Arif, A., Zafar, Y., & Arif, M. (2007). Path analysis of some leaf and panicle traits affecting grain yield in doubled haploid lines of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agriculture Research*, *45*(4), 245-252.

Desoky, E. S. M., Alharbi, K., Rady, M. M., Elnahal, A. S., Selem, E., Arnaout, S. M., & Mansour, E. (2023). Physiological, biochemical, anatomical, and agronomic responses of sesame to exogenously applied polyamines under different irrigation regimes. *Agronomy*, *13*(3), 875. https://doi.org/10.3390/agronomy13030875

Farooq, M., Hussain, M., Wahid, A., & Siddique, K. H. M. (2012). Drought stress in plants: an overview. Plant responses to drought stress: From morphological to molecular features, 1-33. Springer Heidelberg, New York. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32653-0_1

Fukuda, Y., Nagata, M., Osawa, T., & Namiki, M. (1986). Chemical aspects of the antioxidative activity of roasted sesame seed oil, and the effect of using the oil for frying. *Agriculture and Biological Chemistry*, *50*, 857-862. https://doi.org/10.1080/00021369.1986.10867500

Gaikwad ,K., Lal, J. & Kumar, H. (2009). Genetic architecture of yield and yield attributing characters in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Crop Improvement*, *36*, 31-36.

Golestani, M., & Pakniyat, H. (2015). Evaluation of traits related to drought stress in sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. *Asian Journal of Scientific Research*, *5*(9), 465. https://doi.org/10.18488/journal.2/2015.5.9/2.9.465.472

Gunstone, F. (2011). Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses. John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/9781444339925

Islam, F., Gill, R. A., Ali, B., Farooq, M. A., Xu, L., Najeeb, U., & Zhou, W. (2016). Sesame. In Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production (pp. 135-147). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801309-0.00006-9

Kamal-Eldin, A., & Appelqvist, L. Å. (1994). Variation in fatty acid composition of the different acyl lipids in seed oils from four *Sesamum* species. *Journal of American Oil Chemists' Society*, *71*, 135-139. https://doi.org/10.1007/BF02541547

Koca, H., Bor, M., Özdemir, F., & Türkan, İ. (2007). The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, *60*, 344-351. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2006.12.005

Kumar, P. S., Sundararajan, R., Thangavel, P., Karuppiah, P., & Ganesan, J. (2002). Variability studies in the second generation of intervarietal crosses in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Sesame Safflower Newsletter*, *17*, 36-39.

Kumaresan, D., & Nadarajan, N. (2003). Genetic divergence analysis in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Sesame Safflower Newsletter*, *18*, 15-19.

Laurentin, H., & Montilla, D. (2002). Variability studies for yield and yield components in white-grain sesame. *Sesame Safflower Newsletter*, *17*, 26-28.

Mahajan, R., Bisht, I., & Dhillon, B. (2007). Establishment of a core collection of world sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm accessions. *Sabrao Journal Breeding Genetics*, *39*, 53-64.

Mansouri, S., & Soltani Najafabadi, M. (2021). Flexibility in behavior of prominent components of the yield of sesame genotypes under normal and water limiting condition. *Journal of Crop Breeding*, *13*(37), 75-84. https://doi.org/10.52547/jcb.13.37.75

Mohammadi, S. A., & Prasanna, B. M. (2003). Analysis of genetic diversity in crop plants salient statistical tools and considerations. *Crop Science*, *43*, 1235-1248. https://doi.org/10.2135/cropsci2003.1235

Parsaeian, M., Mirlohi, A., & Saeidi, G. (2011). Study of genetic variation in sesame (*Sesamum indicum* L.) using agro-morphological traits and ISSR markers. *Russian Journal of Genetics*, *47*, 314-321. https://doi.org/10.1134/S1022795411030136

Pearson, D. C., Rosielle, A. A., & Boyd, W. J. R. (2007). Heritabilities of five wheat quality traits for early generation selection. *Australian Journal Experimental Agriculture*, *21*, 512- 515. https://doi.org/10.1071/EA9810512

Pusadkar, P. P., Kokiladevi, E., Bonde, S. V., & Mohite, N. R. (2015). Sesame (*Sesamum indicum* L.) importance and its high quality seed oil: a review. *Trends Bioscience*, *8*, 3900-3906.

Sarmadnia, G., & Kouchaki, A. (1997). Physiological aspects of rainfed agriculture (translation). Mashhad University Jihad Publications, Iran.

Shim, K. B., Kang, C. W., Lee, S. W., Kim, D. H., & Lee, B. H. (2001). Heritabilities, genetic correlations and path coefficients of some agronomic traits in different cultural environments in sesame. *Sesame Safflower Newsletter*, *16*, 16-22.

Shyu, Y. S., & Hwang, L. S. (2002). Antioxidative activity of the crude extract of lignan glycosides from unroasted Burma black sesame meal. *Food Research International*, *35*, 357-365. https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00130-2

Singh, K.B., Geletu, B., & Malhotra, R. S. (1990). Association of some characters with seed yield in chickpea collections. *Euphytica*, *49*, 83-88. https://doi.org/10.1007/BF00024133

Singh, R. K., & Singh, O. (2005). Genetic variation for yield and quality characters in mutants of aromatic rice. *Annals Agriculture Research*, *26*(3), 406- 410.

Solanki, Z., & Gupta, D. (2001). Combining ability and heterosis for quantitative characters in sesame. *Annals of Arid Zone*, *40*, 457-460.

Solanki, Z., & Gupta, D. (2003) .Inheritance studies for seed yield in sesame. *Sesame Safflower Newsletter*, *18*, 25-28.

Sravanthi, A. L., Ratnakumar, P., Reddy, S. N., Eswari, K. B., Pandey, B. B., Manikanta, C. H. L. N., Ramya, K. T., Sonia, E., Mohapatra, S., Gopika, K., & Anusha, P. L. (2021). Morpho-physiological, quality traits and their association with seed yield in sesame (*Sesamum indicum* L.) indigenous collection under deficit moisture stress. *Plant Physiology Reports*, *26*, 1-11. https://doi.org/10.1007/s40502-021-00621-0

Subhashchandra, B., Lohithaswa, H. C., Desai, S. A., Hanchinal, R. R., Kalappanavar, I. K., Math, K. K., & Salimath, P. M. (2010). Assessment of genetic variability and relationship between

genetic diversity and transgressive segregation in tetraploid wheat. *Karnataka Journal of Agriculture Science*, *22*, 36- 38.

Taiz, L., & Zeiger, E. (1991). *Plant Physiology the Benjamin*. Cummings Redwood City 565.

Thangavelu, S. (1994). Diversity in wild and cultivated species of *Sesamum* and its use. In: *Sesame Biodiversity in Asia Conservation, Evaluation and Improvement*. Arora, R. K. and Riley, K. W. (Eds.). IPGRI, New Delhi. pp 13-23.

Triboi-Blondel, A. M., & Renard, M. (1999). Effects of temperature and water stress on fatty acid composition of rapeseed oil. In 10th Int. Rapeseed Cong., September 26-29, Canberra, Austalia.

Valarmathi, G., Kumar, M., & Saravanan, N. (2004). Genetic variability and correlation studies for seed related traits in sesame. *Sesame Safflower Newsletter*, *19*, 12-14.

Valarmathi, G., Surendran, C., Vanniarajan, C., Kumar, M., & Saravanan, N. A. (2003). Morphological and biochemical characterization of sesame (*Sesamum indicum* L. and *S. mulayanum* L). *Sesame Safflower Newsletter*, *18*, 42-46.

Xu, J., Chen, S., & Hu, Q. (2005). Antioxidant activity of brown pigment and extracts from black sesame seed (*Sesamum indicum* L.). *Food Chemistry*, *91*, 79-83. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.05.051

Yadav, R. S., Hash, C. T., Bidinger, F. R., Devos, K. M., & Howarth, C. J. (2004). Genomic regions associated with grain yield and aspects of post-flowering drought tolerance in pearl millet across stress environments and tester background. *Euphytica*, *136*, 265-277. https://doi.org/10.1023/B:EUPH.0000032711.34599.3a

Yamanura, K. M., & Nadaf, H. (2009). Combining ability and gene action for yield and yield components in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Karnataka Journal of Agriculture Science*, *22*, 255-260.