Plant Prod., 2024, 46(4), 473- 490
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2024.46295.2149
Received: 21 January 2024
Accepted: 18 March 2024

Plant Productions
Research Article

Introduction and evaluation of agronomic features of commercial non-shattering (indehiscent) sesame cultivars named Barkat, Mohajer, Chamran and Dezful

Mohammad Reza Siahpoosh[1*], Layla Nejadsadeghi[2], Mohammad Sina Siahpoosh[3], Saman Sheidaie[4], Enayat Rezvani[4], Hossein Sadeghi[4]

1. Associate professor of Molecular Physiology-Plant Breeding, Plant Production Engineering and Genetics Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2. Assistant Professor of Plant Breeding, Plant Production Engineering and Genetics Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
3. Student of Plant Production Engineering and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
4. Faculty members, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Seed & Plant Certification and Registration Research Institute, Karaj, Iran

Citation: Siahpoosh, M.R., Nejadsadeghi, L., Siahpoosh. M.S., Sheidaie, S., Rezvani, E., & Sadeghi, H. (2024) Introduction and evaluation of agronomic features of commercial non-shattering (indehiscent) sesame cultivars named Barkat, Mohajer, Chamran and Dezful. *Plant Productions*, 46(4), 473- 490

Abstract

Introduction

Sesame is one of the most important oil plants in the world, especially in arid and semi-arid regions and is known as the queen of oil seeds. The high percentage of oil with the combination of suitable fatty acids, medicinal properties and very low water requirement are the characteristics of this oil plant. The main challenge for the lack of development of sesame cultivation all over the world is seed shattering at the time of ripening. Many efforts have been made to obtain non-shattering sesame cultivars with the characteristics of indehiscent capsule at the ripening stage and resistance to seed loss. In this article, we introduce and evaluate the agronomic characteristics of new indehiscent sesame cultivars named Barkat, Mohajer, Chamran and Dezful.

Material and Methods

Indehiscent sesame cultivars with the proposed names of Barkat, Mohajer, Chamran and Dezful have been improved during a breeding program at Shahid Chamran University of Ahvaz in collaboration with Shahid Rajaei Agriculture Company. For registration and commercialization,

* **Corresponding Author:** Mohammad Reza Siahpoosh
E-mail: siahpoosh@scu.ac.ir

© 2024 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

these cultivars were subjected to Distinctness, Uniformity and Stability (DUS) tests and agricultural Value of Cultivation and Use (VCU) experiments under the supervision of the Seed & Plant Certification and Registration Research Institute during the two cropping years 2022-2023. In these experiments, new indehiscent sesame cultivars along with commercial cultivars of dehiscent sesame named Oltan, Sardar and Shevin as control cultivars were evaluated in four regions with different climatic conditions of Iran, including Dezful, Darab, Mughan and Gorgan in the frame of complete blocks design with four replications. In addition, the mechanized cultivation of four promising indehiscent sesame cultivars was performed separately in 100-hectare fields in the Dezful region, and harvesting was done with a combine harvester.

Results and Discussion

The highest plant height was obtained in Barkat with an average of 144 cm and the lowest in Chamran with 140 cm. The highest number of capsules per plant, with an average of 89.8 and the highest number of seeds per capsule, with an average of 72.3, was observed in the Mohajer. The thousand-seed weight was reported between 2.41 and 3.72 g in Dezful and Mohajer respectively. A significant difference ($P \leq 0.01$) was observed in the group comparison between indehiscent and dehiscent (control) sesame cultivars, whilst dehiscent cultivars with an average of 1.05 tons per hectare were completely superior to the control cultivars with 0.80 tons per hectare. The highest average seed yield of cultivars in different regions during two years of experiment was obtained with 1.08 tons per hectare in Barkat and Mohajer cultivars. In the mechanized harvesting of indehiscent sesame cultivars with a combine harvester, the amount of seed loss was estimated to be less than 2.8%. The evaluation of morphological traits showed that indehiscent sesame cultivars had indeterminate growth habits and could produce 1-6 sub-branches per plant depending on the genotype and plant density. The superiority of seed yield for all indehiscent sesame cultivars was observed in compare with the control cultivars. The indehiscent sesame cultivars had appropriate agronomic features and could increasing about 24% seed yield in compare to control cultivars. This issue promises a significant increase in sesame production in Iran.

Conclusion

Finally, Barkat, Mohajer, Chamran and Dezful sesame cultivars were introduced as the first cultivars with resistance to seed shattering during ripening in the country. In addition to the higher seed yield in compare to the control cultivars. These cultivars are able to be harvested using a combine harvester in the mechanized systems at the time of full ripening. Ultimately, the widespread use of these cultivars in the agricultural cultivation pattern of the country promises food security in oil production and water consumption reduction in the stressful season of summer.

Keywords: Distinctness, Grain yield, Mechanized harvesting, Uniformity and stability (DUS), Value of cultivation (VCU)

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۲، ٤٦(٤)، ٤٧٣-٤٩٠
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2024.46295.2149
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

معرفی و ارزیابی ویژگی‌های زراعی ارقام تجاری کنجد مقاوم به ریزش دانه (ناشکوفا) به نام‌های برکت، مهاجر، چمران و دزفول

محمدرضا سیاهپوش[1*]، لیلا نژادصادقی[2]، محمدسینا سیاهپوش[3]، سامان شیدائی[4]، عنایت رضوانی[4]، حسین صادقی[4]

۱- دانشیار فیزیولوژی مولکولی- اصلاح نباتات، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲- استادیار اصلاح نباتات، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۳- دانشجوی مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۴- اعضای هیئت علمی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کشور، کرج، ایران

چکیده

کنجد یکی از گیاهان روغنی مهم دنیا به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد که به ملکهٔ دانه‌های روغنی شهرت یافته است. درصد روغن بالا با ترکیب اسیدهای چرب مناسب، خواص دارویی و نیاز آبی بسیار پایین از شاخصه‌های این گیاه روغنی است. عامل اصلی عدم توسعه کشت کنجد در سراسر دنیا شکوفا بودن کپسول‌ها و ریزش دانه در زمانی رسیدگی است. تلاش‌های زیادی جهت دستیابی به ارقام کنجد با ویژگی ناشکوفایی کپسول در زمان رسیدگی و مقاومت به ریزش دانه صورت گرفته است. در این مقاله به معرفی و ارزیابی ویژگی‌های زراعی ارقام کنجد ناشکوفای جدید اصلاح شده به نام‌های برکت، مهاجر، چمران و دزفول پرداخته خواهد شد. ارقام کنجد ناشکوفا به نام‌های پیشنهادی برکت، مهاجر، چمران و دزفول طی یک برنامه اصلاحی در دانشگاه شهید چمران اهواز با همکاری شرکت کشت و صنعت شهید رجایی اصلاح گردیده‌اند. این ارقام جهت ثبت و تجاری‌سازی، تحت آزمایشات تمایز، یکنواختی و پایداری[1] (DUS) و تعیین ارزش زراعی[2] (VCU) زیر نظر مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال طی دو سال زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این آزمایشات ارقام کنجد ناشکوفا به همراه ارقام تجاری کنجد شکوفا به نام‌های اولتان، سردار و شوین به عنوان ارقام شاهد در چهار منطقه با شرایط آب و هوایی مختلف کشور شامل دزفول، داراب، مغان و گرگان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. به‌علاوه کشت مکانیزه چهار لاین امیدبخش کنجد ناشکوفا بطور مجزا در مزارع ۱۰۰ هکتاری در منطقه دزفول صورت گرفت و برداشت با کمباین انجام شد. بیشترین ارتفاع بوته در رقم برکت با متوسط ۱٤٤ سانتی‌متر و کمترین در رقم چمران با ۱٤۰ سانتی متر

* **نویسنده مسئول:** محمدرضا سیاهپوش
رایانامه: siahpoosh@scu.ac.ir

1- Distinctness, Uniformity and Stability; DUS
2- Value of Cultivation and Use; VCU

به دست آمد. بیشترین تعداد کپسول در بوته با متوسط ۸۹/۸ و بیشترین تعداد دانه در کپسول با متوسط ۷۲/۳ در رقم مهاجر مشاهده گردید. وزن هزار دانه از ۲/٤۱ گرم در رقم دزفول تا ۳/۷۲ گرم در رقم مهاجر در نوسان بود. در مقایسه گروهی بین ارقام کنجد اصلاح شده ناشکوفا و ارقام شاهد شکوفا اختلاف معنی‌داری ($P\leq0.01$) از نظر عملکرد دانه مشاهده گردید به‌طوریکه ارقام شکوفا با متوسط ۱/۰۵ تن در هکتار نسبت به ارقام شاهد با ۰/۸۰ تن در هکتار دارای برتر بودند. بیشترین متوسط عملکرد دانه ارقام در مناطق مختلف و طی دو سال اجرای آزمایش با ۱/۰۸ تن در هکتار در ارقام برکت و مهاجر به دست آمد. دامنه تغییرات درصد روغن بین ٤۷/۳۱ تا ٤۹/۲۲ درصد برآورد گردید. ارقام کنجد ناشکوفا دارای اختلاف آماری معنی‌داری از نظر درصد روغن دانه با یکدیگر و با رقم شاهد شوین نبودند. میزان ریزش دانه در برداشت مکانیزه ارقام کنجد ناشکوفا با کمباین کمتر از ۲/۸ درصد برآورد گردید. ارزیابی صفات ظاهری نشان داد که ارقام کنجد ناشکوفا دارای ارتفاع متوسط و رشد نامحدود بوده و دارای یک تا شش شاخهٔ فرعی بسته به ژنوتیپ و تراکم بوته بودند. برتری عملکردی تمامی ارقام کنجد ناشکوفا نسبت به ارقام شاهد به طور معنی‌داری مشاهده گردید و ارزش زراعی بالای این ارقام در مقایسه با تعدادی از ارقام تجاری کنجد شکوفای کشور مورد تأیید قرار گرفت. بعلاوه متوسط افزایش عملکرد دانه حدود ۲٤ درصدی مشاهده شده در ارقام اصلاح شده کنجد ناشکوفا، می‌تواند در افزایش تولید کنجد کشور بسیار مؤثر باشد. درنهایت ارقام کنجد ناشکوفای برکت، مهاجر، چمران و دزفول به عنوان اولین ارقام دارای ویژگی مقاومت به ریزش دانه در زمان رسیدگی در کشور معرفی شدند. این ارقام علاوه بر عملکرد بالاتر نسبت به ارقام شاهد، به دلیل داشتن ژن عدم شکوفایی کپسول در زمان رسیدگی کامل، قابلیت برداشت با کمباین در کشت مکانیزه کنجد را فراهم می‌نمایند و بکارگیری گسترده آنها در الگوی کشت زراعی کشور نوید دهنده امنیت غذایی در تولید روغن خوراکی و کاهش مصرف آب در فصل پرتنش تابستان خواهد بود.

کلید واژه ها: ارزش زراعی، برداشت مکانیزه،پایداری، تمایز، عملکرد دانه، یکنواختی

مقدمه

کنجد (*Sesamum indicum* L.) یکی از اولین گیاهان زراعی روغنی از خانواده Pedaliaceae است. این گیاه بطور طبیعی تک پایه و دارای اندام‌های نر و ماده در یک گل بوده و گیاهی خودگرده‌افشان محسوب می‌شود ولی دگرگرده‌افشانی می‌تواند از ۱۰ تا ۵۰ درصد بسته به ژنوتیپ و میزان فعالیت حشرات در آن اتفاق بیافتد (Pathirana, 1994). تعداد کروموزم‌ها در کنجد ۲n=۲۶ می‌باشد (Gong, *et al*. 2016). کنجد در ارقام مختلف بین ۳۵ تا ۵۵ درصد روغن دارد و دانه آن اغلب برای تهیه روغن خوراکی استفاده می‌شود ولی مصارف آجیلی و تنقلاتی و استفاده از آن در صنایع قنادی و نانوایی و تولید انواع محصولات صبحانه و مصارف دارویی درسطح جهان در حال افزایش است. روغن کنجد غنی از اسید چرب لینولئیک بوده و به دلیل بوی بسیار معطر و طعم ملایم آن به طور گسترده در حال رشد و کسب محبوبیت بیشتر در بین مصرف‌کنندگان می‌باشد. روغن کنجد به واسطه داشتن خواص آنتی اکسیدانی در مقابل اکسیداسیون مقاومت قابل توجهی دارد (Mili, *et al*. 2021; Wei *et al*., 2022).

علاوه بر اهمیت خوراکی و دارویی کنجد، کنجاله این گیاه برای حیوانات بسیار مفید و مغذی است. کنجاله کنجد محصول جامدی است که پس از روغن‌گیری از دانه کنجد بدست می آید. این ترکیب تقریبا حاوی ۳۰ درصد پروتئین ۷/۶ درصد فیبرخام، ۱۱/۸ درصد خاکستر و ۸۳/۲ درصد ماده خشک می‌باشد.کاه کنجد نیز به عنوان خوراک دام مورد استفاده قرار می‌گیرد (Baneshi, *et al*., 2017).

سطح برداشت کنجد در جهان در سال ۲۰۱۹ میلادی، حدود ۱۲/۸ میلیون هکتار و میزان تولید آن ۶/۵

میلیون تن بوده است. کشورهای هند، سودان، میانمار، چین و تانزانیا تولیدکنندگان عمده کنجد هستند (Xu and Zhang, 2018). متوسط تولید کنجد در جهان ۴۸۷ کیلوگرم در هکتار و این گیاه در سال ۲۰۱۸ بازده خالص ۳/۸ میلیارد دلاری داشته است (Langyan, 2022). سطح برداشت کنجد در ایران در سال ۲۰۱۹ حدود ۴۲ هزار هکتار و میزان تولید دانهٔ کنجد در ایران حدود ۲۹ هزار تن گزارش شده است (FAO, 2019) که بر اساس آمار غیررسمی این میزان تولید تقریبا حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد نیاز کشور را تأمین می‌کند و مابقی می‌باید از طریق واردات تأمین گردد.

مشکل ریزش دانه در زمان رسیدگی به دلیل شکوفا بودن کپسول‌ها یکی از بزرگترین موانع توسعهٔ کشت کنجد در جهان و کشور بوده که برداشت مکانیزه آنرا دچار مشکل ساخته است. به همین دلیل برداشت متداول این گیاه در مزارع کشاورزان به صورت دستی و در زمانی که گیاه هنوز سبز است و به رسیدگی کامل نرسیده و کاملا به صورت سنتی صورت می‌گیرد. بالا بودن حجم کار برداشت دستی، مشکلات مرتبط با آن و هزینهٔ بسیار بالای نیروی انسانی، تمایل کشاورزان به کشت این محصول با ارزش را بسیار محدود کرده است. برای رفع این مشکل تلاش هایی جهت استفاده از مواد شیمیایی بازدارنده باز شدن کپسول و ایجاد ژنوتیپ‌های مقاوم به ریزش دانه صورت گرفته است (Ahmed *et al*., 2023; Kuai *et al*., 2017). در سال ۱۹۴۳ برای اولین بار با مشاهده موتانتی برای صفت ناشکوفایی کپسول، مشخص شد که ناشکوفایی به صورت تک ژنی کنترل می‌شود و حالت هموزیگوت مغلوب (*id/id*) آن صفت ناشکوفایی کپسول را ایجاد می‌کندآلل *id* علاوه بر کنترل صفت ناشکوفایی دارای اثرات پلیوتروپیک با صفات برگ قاشقی، ساقه‌های پیچ خورده، غلاف کوتاه، نیمه عقیمی و عملکرد کم بود و اصلاح ارقام زراعی کنجد ناشکوفا را با مشکلات اساسی مواجه ساخت (Langham *et al*., 1946). لذا از آن زمان تا کنون تلاش‌های زیادی جهت دستیابی به ارقام کنجد ناشکوفای زراعی با عملکرد دانه مطلوب انجام شده است ولی همچنان بیش از ۹۵ درصد ارقام کنجد تجاری در جهان ارقام شکوفا بوده و مشکل ریزش دانه در زمان رسیدگی کماکان یکی از مشکلات اساسی توسعه کشت کنجد می‌باشد (Ahmed *et al*., 2023). اولین رقم تجاری کنجد دارای ویژگی مقاومت به ریزش دانه در سال ۲۰۱۲ در امریکا معرفی شد (Langham, 2012). در ایران کنجد به واسطه داشتن نیاز آبی بسیار کم و سازگاری زیاد مستعد کشت در مناطق خشک و نیمه خشک کشور می باشد. ولی متأسفانه مشکل عدم امکان برداشت مکانیزه همواره از عوامل بازدارنده توسعه کشت و بکارگیری این گیاه ارزشمند در الگوی کشت تابستانه کشور بوده است. طی سال‌های گذشته یک برنامه اصلاح ژنتیکی هدفمند با هدف تولید، ثبت و تجاری‌سازی ارقام کنجد ناشکوفا در کشور صورت گرفت که در ادامه به بررسی این ارقام پرداخته خواهد شد.

مواد و روشها

برنامه به‌نژادی تولید ارقام کنجد ناشکوفا

این برنامه به‌نژادی از سال ۱۳۹۷ در کشت و صنعت شهید رجایی و دانشگاه شهید چمران اهواز به روش کلاسیک و با بکارگیری مارکرهای مولکولی جهت افزایش سرعت و دقت در انتخاب‌ها طی هفت سال طراحی و اجرا گردید. به این منظور ۲۵۰ بوته برتر از یک توده متفرق و ناخالص که دارای ژن عدم شکوفایی کپسول بود انتخاب گردیدند. این بوته‌ها در سال دوم از نظر صفات مورفولوژیک، فنولوژیک و عملکردی و صفت ناشکوفایی کپسول و مقاومت به بیماری‌ها و آفات مورد ارزیابی قرار گرفتند و ۲۰ درصد بوته‌ها یعنی پنجاه بوته برتر انتخاب شدند. در سال سوم بذور هر بوته که از این مرحله به بعد به عنوان یک لاین در نظر گرفته شد به منظور خالص‌سازی به صورت جداگانه و با فاصله ایزولاسیون یکصد متر کشت گردیدند و علاوه بر صفات ناشکوفایی کپسول و سایر صفات، لاین‌ها از نظر

ویژگی‌های زراعی و مقایسات مقدماتی عملکرد با ارقام شاهد منطقه (توده محلی دزفول و رقم شوین) مورد ارزیابی قرار گرفتند و ۵۰ درصد لاین‌های برتر یعنی ۲۵ لاین برای سال چهارم انتخاب شدند. علاوه بر کشت سالانه لاین‌ها به منظور خالص‌سازی و تکثیر در منطقه دزفول، به منظور شناسایی لاین‌ها با سازگاری عملکرد بالا از سال چهارم تا ششم آزمایشات تکراردار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مناطق دزفول، شوشتر، شوش و اهواز انجام شد و در تمام آزمایشات، لاین‌ها از نظر صفات مختلف مورد ارزیابی قرار گرفتند. به علاوه به منظور افزایش دقت و سرعت در دستیابی به ارقام تجاری کنجد ناشکوفا با پایداری و سازگاری عملکرد، در کنار آزمایشات تکراردار در سال‌های پنجم و ششم ۱۰ لاین که امیدبخش تشخیص داده شده بودند به صورت پایلوت در قالب آزمایشات ناحیه‌ای در مزارع حدود یک هکتاری به صورت کاملا مکانیزه کشت گردیدند و ضمن ارزیابی صفات زراعی و عملکردی و میزان مقاومت نسبت به ریزش دانه، به صورت مکانیزه با کمباین برداشت شدند. در سال هفتم، چهار لاین امیدبخش کنجد ناشکوفا انتخاب گردید و در مزارع شرکت کشت و صنعت شهید رجایی و چند منطقه دیگر استان به صورت گسترده و کاملا مکانیزه کشت و مورد ارزیابی قرار گرفتند. در طول تمام سال‌های اجرای آزمایش به منظور کنترل گرده افشانی، فاصلهٔ ایزولاسیون کشت به میزان یک صد متر بین لاین‌ها رعایت گردید و چندین مرحله ارزیابی به ویژه قبل از گرده افشانی جهت مخلوط‌کشی بوته‌های خارج از تیپ (Off-type) انجام شد. جهت استفاده از مارکرهای مولکولی در انتخاب بوته‌ها و لاین‌ها از برگ‌های جوان هر بوته نمونه‌برداری صورت گرفت و در آزمایشگاه، DNA به روش CTAB استخراج گردید و بر اساس پرایمرهای طراحی شده ارزیابی صفات در هر بوته صورت گرفت. در طول اجرای این پژوهش در تمامی نسل‌ها انتخاب به صورت چند صفتی[1] با استفاده از روش‌های انتخاب سطوح مستقل[2] و شاخص‌های انتخاب[3] انجام شد و از روش رتبه‌بندی و روش شاخص پایداری شوکلا[4] جهت بررسی پایداری لاین‌ها استفاده گردید.

در نهایت لاین‌های امیدبخش کنجد ناشکوفای به دست آمده از این تحقیق به نام‌های پیشنهادی برکت، مهاجر، چمران و دزفول جهت ثبت و تجاری‌سازی به مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کشور ارائه گردیدند. این لاین‌ها پس از طی موفقیت‌آمیز آزمون‌های DUS و VCU در چهار منطقه مختلف کشور یعنی دزفول، مغان، داراب و گرگان و طی دو سال زراعی، مجوز ثبت و تجاری‌سازی را با مشخصات جدول ۱ دریافت نمودند. نتایج آزمایشات DUS و VCU در ادامه ارائه گردیده است.

1- Multiple trait
2- Independent culling
3- Selection index
4- Shukla stability index

Table 1. Registration characteristics of non-shuttering (indehiscent) sesame cultivars in Iran

نام رقم	محل اصلاح	روش اصلاح	سال معرفی	شماره ثبت	نام به نژادگر
برکت	ایران، دزفول	انتخاب لاین خالص از توده متفرق	۱۴۰۲	۵۸۰۶/۲۵۳	محمدرضا سیاهپوش و کشت و صنعت شهید رجایی
مهاجر	ایران، دزفول	انتخاب لاین خالص از توده متفرق	۱۴۰۲	۵۸۰۵/۲۵۳	محمدرضا سیاهپوش و کشت و صنعت شهید رجایی
چمران	ایران، دزفول	انتخاب لاین خالص از توده متفرق	۱۴۰۲	۵۸۰۹/۲۵۳	محمدرضا سیاهپوش و کشت و صنعت شهید رجایی
دزفول	ایران، دزفول	انتخاب لاین خالص از توده متفرق	۱۴۰۲	۵۸۰۸/۲۵۳	محمدرضا سیاهپوش و کشت و صنعت شهید رجایی

شرایط کشت در آزمایشات DUS و VCU

چهار رقم کنجد ناشکوفا به نام‌های برکت، مهاجر، چمران و دزفول به همراه ارقام تجاری کنجد شکوفا به نام‌های اولتان، سردار و شوین به عنوان ارقام شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار طی سال‌های زراعی ۱۴۰۱ و۱۴۰۰ در مزارع آزمایشی مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال در چهار منطقه کشور شامل دزفول، مغان، داراب و گرگان کشت و مورد ارزیابی قرار گرفتند. نوع کشت به صورت جوی و پشته در کرت‌هایی متشکل از چهار پشته ۷۵ سانتی‌متری در طول چهار متر (۱۲متر مربع) به صورت خطی در دو طرف هر پشته و در منطقه داغ‌آب انجام شد. نیاز کودی به میزان ۱۰۰:۵۰:۵۰ کیلوگرم در هکتار NPK خالص در نظر گرفته شد که پس از آزمون خاک میزان کود لازم محاسبه و به خاک داده شد. توزیع کود نیتروژن به صورت کود پایه و یک نوبت کود سرک قبل از گلدهی انجام شد. از سموم حشره‌کش جهت کنترل آفات، به ویژه زنجرک‌ها در مراحل ابتدایی رشد جهت کاهش ابتلا به بیماری فیلودی و از سموم قارچکش جهت کنترل بیماری فوزاریوم و پوسیدگی زغالی ریشه در صورت نیاز استفاده گردید. میزان آب مورد نیاز بسته به تاریخ کشت و شرایط منطقه ۶ تا ۸ نوبت آبیاری کامل و به میزان حدودی ۷ تا ۱۰ هزار متر مکعب در هکتار بود. مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی انجام شد. تراکم کشت با تنک دستی حدود ۵۰ بوته در مترمربع تنظیم گردید. جهت اندازه‌گیری صفات، ۱۰ بوته از خطوط نمونه‌برداری هر کرت و برای اندازه گیری عملکرد دانه دو متر مربع از وسط هر کرت برداشت گردید. در این تحقیق صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین و صفات عملکردی شامل تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، و عملکرد دانه بر حسب تن در هکتار و صفت فنولوژیک روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در بین ارقام مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات کیفی شامل درصد روغن و درصد پروتئین به روش ارائه شده در Farida, *et al*. (2021) اندازه گیری شد.

تجزیه آماری

محاسبات آماری بر اساس تجزیه مرکب داده‌ها طی دو سال و چهار مکان با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 و رسم نمودارها توسط نرم افزار اکسل انجام شد. در آنالیزهای آماری اثر سال و مکان تصادفی و رقم ثابت در نظر گرفته شد. قبل از انجام تجزیه واریانس برای صفت مهم عملکرد دانه، دو فرض اصلی تجزیه واریانس شامل نرمال بودن توزیع داده‌ها و یکنواخت بودن واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت

مورد بررسی و تأیید قرار گرفت. جهت انجام مقایسات میانگین از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

شناسنامه ارقام کنجد ناشکوفا بر اساس آزمون DUS

ویژگی‌های رشدی و مورفولوژیک ارقام کنجد ناشکوفا منطبق با آزمون DUS در جدول ۲ ارائه گردیده است. همه ارقام دارای ویژگی متمایز و پایدار عدم ریزش دانه در زمان رسیدگی کامل بودند و تمایز آنها نسبت به ارقام تجاری کنجد شکوفا به طور مشخص مشاهده گردید. تیپ رشدی تمامی ارقام رشد نامحدود[1] تشخیص داده شد.

بررسی صفات مورفولوژیک و عملکردی بر اساس آزمون VCU

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات بر اساس داده‌های دو سال و چهار منطقه نشان داد که اثر سال برای تمامی صفات معنی‌دار نگردید. اثر مکان تنها برای صفات مرتبط با عملکرد یعنی تعداد کپسول در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود ولی اثر متقابل سال در مکان برای تمامی صفات معنی‌دار شد (جدول ۳). به علاوه اثر متقابل سال در رقم نیز برای تمامی صفات معنی‌دار نگردید که نشان دهندهٔ پایداری ارقام از نظر صفات مختلف طی دو سال اجرای آزمایش بوده است. ارقام از نظر تمامی صفات با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ($P\leq0.01$) داشتند. اثرات متقابل دو جانبه رقم در مکان و اثر متقابل سه جانبه رقم در سال در مکان نیز برای تمامی صفات جز صفت ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین معنی‌دار بود (جدول ۳) که این موضوع نیز بیانگر تفاوت شدید شرایط محیطی در مکان‌های اجرای آزمایشات جهت ارزیابی ارقام کنجد اصلاح شده بوده است.

ارتفاع بوته

بالاترین ارتفاع بوته در منطقهٔ دزفول (۱۷۹) و کمترین آن در منطقهٔ مغان (۱۱۲) به دست آمد. این افزایش ارتفاع را می‌توان تا حدی به دمای هوا و شدت تابش مناسب نور در افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته‌های کنجد در منطقه دزفول مرتبط دانست (Chiang *et al*., 2020; Saju, 2021). مقایسه گروهی انجام شده بین چهار رقم اصلاح شده کنجد ناشکوفا و سه رقم کنجد شاهد شکوفا بیانگر اختلاف معنی‌دار ($P\leq0.01$) در بین آنها بود (جدول ۳). به طوری که ارقام شکوفا (۱۵۸/۳۴) از ارتفاع بیشتری نسبت به ناشکوفا (۱۴۲/۵۰) برخوردار بودند. ارتفاع بوته کمتر با هدف امکان کودپذیری بیشتر، خوابیدگی کمتر و برداشت مکانیزه بهتر در برنامه به نژادی ارقام توصیه شده است (Poehlman, 2013) و در این پژوهش در به نژادی ارقام کنجد ناشکوفا مد نظر قرار گرفت. در مقایسه ارتفاع بوته در بین ارقام، بیشترین ارتفاع بوته در رقم اولتان (۱۶۴/۵) و کمترین در رقم چمران (۱۴۰) مشاهده گردید (شکل ۱). از نظر اثرمتقابل رقم در مکان، بیشترین ارتفاع بوته (۲۱۶/۹) در رقم شوین در دزفول و کمترین آن (۱۰۱/۶) در رقم برکت در مغان گزارش شد. سایر مقادیر این صفت برای ارقام در مکان‌های مختلف در جدول ۳ ارائه گردیده است. با رجوع به مطالعات پیشین، مقادیر ارتفاع بوته ارقام کنجد در مقادیر مشابهی گزارش شده است (Ahmed et al., 2023; Gedifew *et al*., 2023).

تعداد شاخهٔ فرعی در بوته

دامنه تغییرات این صفت در مطالعه حاضر بین صفر تا ۶ شاخه فرعی در بوته بود. در مقایسه گروهی این صفت، میانگین ارقام کنجد شکوفا (۱/۹۱) اختلاف آماری معنی‌داری با گروه ارقام کنجد ناشکوفا (۱/۹۹) نداشت (جدول ۳). در بین ارقام، رقم اولتان (۳/۱۴) به طور معنی‌داری تعداد شاخهٔ فرعی بیشتری نسبت به سایر ارقام تولید نمود و کمترین مقدار در رقم مهاجر (۰/۹۷)

1- Indeterminate

مشاهده شد. همچنین در بین ارقام ناشکوفا، بیشترین تعداد شاخهٔ فرعی در بوته به ارقام برکت و دزفول و کمترین به رقم مهاجر اختصاص یافت. رقم چمران با تولید تعداد شاخهٔ فرعی نسبتا کم از نظر این صفت در حد وسط قرار گرفت (شکل ۱). ارقام در مکان‌های مختلف تعداد شاخهٔ فرعی متفاوتی تولید کردند. بالاترین تعداد شاخهٔ فرعی در بوته (۳/۸) در رقم اولتان در مغان و کمترین آن (۰/۰) در ارقام مهاجر، شوین و سردار در دزفول مشاهده گردید (جدول ۳). تعداد شاخهٔ فرعی در بوته یکی از ویژگی‌های ظاهری گیاه است که در صورت باوری می‌تواند عامل افزایش عملکرد دانه در کنجد باشد. این صفت یکی از ویژگی‌های ژنتیکی گیاه بوده و البته به طور مستقیم بستگی به شرایط کشت و تراکم نهایی بوته در واحد سطح دارد (Anitha *et al*., 2010; Saikat, 2015). در آزمایشات مشابهی تعداد شاخهٔ فرعی در ارقام تجاری کنجد کشور مورد ارزیابی قرار گرفت و وجود صفت شاخه‌دهی متوسط در آنها گزارش گردید (Sharifi Zivah *et al*., 2020).

Table 2. Characters of indehiscent sesame cultivars based on DUS test (According to the guidelines of IPGRI and NBPGR, 2004)

Nr.	Characters	Status of expression in cultivars			
		Barkat	**Mohajer**	**Chamran**	**Dezful**
1	Plant: growth type	indeterminate	indeterminate	indeterminate	indeterminate
2	Plant: number of branches	medium	absent or few	many	medium
3	Plant: position of branches	basal	along stem	basal	basal
4	Stem: number of nodes to first flower	medium	medium	medium	medium
5	Stem: length	medium	long	medium	medium
6	Leaf blade: length	long	long	long	short
7	Leaf blade: width	medium	broad	medium	narrow
8	Leaf blade: ratio length/width	low	medium	low	low
9	Flowering stem: number of flowers per leaf axil	more than one	more than one	more than one	more than one
10	Flower: main color of corolla	pink	pink	pink	pink
11	Flower: intensity of pink color on outer side of corolla	dark	light	dark	light
12	Capsule: number of carpels	more than two	more than two	more than two	more than two
13	Capsule: length	medium	long	medium	medium
14	Capsule: color	green	green	green	green
15	Capsule: dehiscence at ripening	non-shattering	non-shattering	non-shattering	non-shattering
16	Seed coat: color	white	white	yellowish brown	white
17	Time of beginning of flowering	early	medium	early	early
18	Time of maturity	early	medium	early	early

Table 3. Combine analysis of variance for different traits during two years and four locations

S.O.V	df	Plant height	No. of sub-branches per plant	Height of first capsule from the ground	Days to ripening	No. of capsule per plant	No. of seed per capsule	Weight of 1000 seed	Seed Yield
Year (Y)	1	813.97ns	7.43 ns	1315.32 ns	189.45 ns	6388.78 ns	586.64 ns	0.11 ns	0.41 ns
Location (L)	3	46998.93ns	36.22 ns	10857.98 ns	2877.92 ns	117126.46*	5890.11 ns	5.72**	8.29**
Y*L	3	13521.87**	10.16**	1863.94**	339.92**	2881.56**	850.36**	0.04ns	0.19**
Rep (Y*L)	24	143.03	0.18	49.29	1.27	60.00	23.64	0.02	0.04
Variety (C)	6	2667.23**	21.28**	6779.46**	1123.22**	1422.53**	613.35**	0.39**	0.77**
C*Y	6	385.52ns	0.30 ns	33.40ns	225.44 ns	441.41 ns	123.07 ns	0.07 ns	0.09 ns
C*L	18	1488.80**	1.37**	557.12**	349.06**	2528.03**	469.72**	0.30**	0.53**
C*Y*L	18	295.09**	0.49**	34.81 ns	181.86**	472.19**	113.91**	0.04**	0.06**
Error	144	78.51	0.12	37.77	1.11	84.79	30.74	0.02	0.02
CV (%)		5.93	17.60	9.45	8.81	11.19	8.27	5.31	16.80
Group Comparison	1	13770.48**	0.364ns	37364.76**	990.86**	179.31ns	2940.73**	0.006ns	3.118**

¶ Comparison between group of dehiscent and group of indehiscent sesame cultivars; * & ** shows significant difference at 0.05 and 0.01 probability level respectively; ns: Non-significant

ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین

این صفت هر چند بیشتر جنبه ژنتیکی دارد ولی تا حدی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار گرفته به طوری که در این تحقیق در بین مکان‌های اجرای آزمایش بیشترین مقدار در گرگان (۷۷/۱۵) و کمترین در مغان (۴۸/۲۰) گزارش شد. مقایسه گروهی بین ارقام شکوفا (شاهد) و ناشکوفا اختلاف معنی‌داری ($P\leq0.01$) بین دو گروه نشان داد به طوری که ارقام کنجد ناشکوفا با ۵۳/۸۳ سانتیمتر ارتفاع کمتری نسبت به ارقام شاهد با ۷۹/۹۳ سانتیمتر از سطح زمین داشتند که از این لحاظ مناسب‌تر بودند. در بین ارقام رقم شوین (۸۴/۳۳) بالاترین و رقم چمران (۴۳/۳۴) پایین‌ترین ارتفاع کپسول از سطح زمین را داشتند (شکل ۱). در بین ارقام کنجد ناشکوفا بیشترین ارتفاع کپسول از سطح زمین در رقم برکت و کمترین آن در رقم چمران مشاهده شد (شکل۱). عکس‌العمل ارقام در مکان‌های مختلف متفاوت بود و بیشترین مقدار این صفت (۱۰۰/۲۵) در رقم سردار در دزفول و کمترین آن (۳۶/۱۳) در رقم مهاجر در مغان گزارش گردید (جدول ۳). این صفت از ویژگی‌های مهم بوته در کنجد است که تأثیر مستقیمی در بهینه‌سازی ساختار بوته کنجد جهت برداشت با کمباین دارد و در انتخاب بوته‌ها می‌باید به دقت مد نظر قرار گیرد زیرا که پایین بودن آن منجر به ایجاد اختلال در کارکرد بهینه دروگر کمباین و فاصله زیاد آن منجر به کاهش طول ناحیه کپسول‌دهی بوته در ارقام می‌شود. وجود تنوع در این صفت در بین ژنوتیپ‌های کنجد در تحقیقات پیشین نیز گزارش شده است (Gedifew *et al*., 2023).

تعداد روز تا رسیدگی

هر چند این صفت اختلاف آماری معنی‌داری در بین مناطق مورد مطالعه نشان نداد (جدول ۱) ولی بیشترین تعداد روز تا رسیدگی کامل در منطقه مغان (۱۲۴/۶۲) و کمترین در منطقه دزفول (۱۰۹/۰۰) گزارش گردید. اختلاف دمایی بین این مناطق عامل اصلی زودرسی بیشتر ارقام کنجد در مناطق دزفول و داراب بود. مقایسه گروهی بین ارقام ناشکوفا و ارقام شاهد اختلاف آماری معنی‌داری

($P\leq0.01$) نشان داد (جدول ۳). به طوری که ارقام اصلاح شده کنجد ناشکوفا با میانگین ۱۱۷/۸۱ روز تا رسیدگی کامل نسبت به ارقام شاهد با ۱۲۲/۰۶ روز زودرس‌تر بوده و برتری معنی‌داری نشان دادند. در مقایسه بین ارقام بیشترین مقدار این صفت در رقم شوین و کمترین در رقم اولتان و چمران مشاهده گردید. اختلاف بین ارقام کنجد ناشکوفا هم معنی‌دار بود و کمترین در چمران و بیشترین در برکت مشاهده شد (شکل ۱). با توجه به تأثیر مکان در تعداد روز تا رسیدگی کامل، ارقام در مناطق مختلف تغییرات معنی‌داری ($P\leq0.01$) از نظر این صفت داشتند به طوری که بیشترین تعداد روز تا رسیدگی کامل در رقم شوین در منطقه داراب و کمترین در رقم دزفول در منطقهٔ دزفول گزارش گردید (جدول ۳). یکی از ویژگی‌های مهم ژنتیکی ارقام تجاری، طول دوره تا زمان رسیدگی کامل گیاه است (Gedifew *et al*., 2023). زودرسی درگیاه کنجد به عنوان یک گیاه تابستانه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و مزیت‌های زیادی برای این گیاه ایجاد می‌کند که از جمله آنها می‌توان به عدم مصادف شدن زمان رسیدگی و برداشت با بارندگی‌های پاییزه و عدم تأخیر در انجام کشت‌های پاییزه اشاره کرد. نظرات مشابهی در این خصوص در تحقیقات گذشته گزارش شده است (Zech-Matterne *et al*., 2015; Debela, *et al*., 2023)

تعداد کپسول در بوته

اختلاف آماری معنی‌داری ($P\leq0.01$) بین مکان‌های مختلف از نظر تعداد کپسول در بوته مشاهده شد. در بین مناطق مختلف، داراب (۱۳۹/۲۶) بیشترین و به دنبال آن به ترتیب گرگان (۸۹/۷۹)، مغان (۷۱/۱۴) و دزفول (۲۸/۹۴) قرار گرفتند. در مقایسه گروهی بین ارقام کنجد شکوفا و ناشکوفا، نتایج اختلاف آماری معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۳) ولی ارقام کنجد ناشکوفا با ۸۳/۰۷ کپسول در بوته نسبت به ارقام شکوفا با ۸۱/۲۶ برتری داشتند. در بین ارقام کنجد شکوفا، ارقام مهاجر و دزفول تعداد کپسول در بوته بیشتری نسبت به سایر ارقام داشتند (شکل ۱). اثرمتقابل رقم در مکان برای صفت تعداد کپسول در بوته معنی‌دار ($P\leq0.01$) بود و بیشترین تعداد کپسول در بوته در رقم مهاجر در داراب (۱۷۰) و کمترین در رقم سردار در دزفول (۲۵/۷۵) مشاهده گردید. هر چند تعداد کپسول در بوته در تعیین عملکرد کنجد بسیار مهم است ولی وجود دامنه تغییرات زیاد این صفت برای ارقام مختلف در مکان‌های مختلف بیانگر اثرپذیری آن از عوامل محیطی است (Zabet *et al*., 2024). با توجه به اینکه تعداد کپسول در بوته به ویژه در شرایط تنش‌های محیطی یکی از مهمترین اجزای تعیین کنندهٔ عملکرد دانه گزارش شده است (Bharathi *et al*., 2016)، در این پژوهش در برنامه به نژادی ارقام کنجد ناشکوفا در تمامی نسل‌ها به این صفت توجه خاصی معطوف شد که ثمرهٔ آن تعدادقابل توجه کپسول در ارقام کنجد ناشکوفا می‌باشد.

تعداد دانه در کپسول

صفت تعداد دانه در کپسول نیز یکی از صفات مهم تعیین کننده عملکرد دانه در کنجد است که همواره در برنامه‌های اصلاحی مد نظر به نژادگران می‌باشد. در تحقیق حاضر برای این صفت اختلاف آماری معنی‌داری در بین سال‌ها و مکان‌های مختلف اجرای آزمایشات مشاهده نشد. ولی به طورکلی بیشترین تعداد دانه در کپسول در سال اول ۶۸/۶۲ و در سال دوم ۶۵/۳۸ برآورد گردید. از نظر مقادیر این صفت در مکان‌های مختلف، مغان (۷۵/۳۶) بیشترین و گرگان (۷۱/۶۴)، داراب (۶۸/۸۶) و دزفول (۵۲/۱۴) مقادیر بعدی را به خود اختصاص دادند. ارقام شکوفا (شاهد) و ناشکوفا در مقایسه گروهی اختلاف آماری معنی‌داری ($P\leq0.01$) از نظر این صفت نشان دادند (جدول ۳)، به طوری که ارقام ناشکوفا (۷۰/۱۴) نسبت به ارقام شکوفا (۶۲/۸۱) برتری داشتند. در بین ارقام نیز بالاترین تعداد دانه در کپسول در ارقام برکت و چمران و کمترین در ارقام سردار و شوین مشاهده شد (شکل ۱). ارقام در مناطق مختلف واکنش‌های متفاوتی از نظر این صفت داشتند به طوری که بیشترین تعداد دانه در کپسول در رقم برکت در منطقه مغان (۸۶/۸۸) و کمترین آن در رقم سردار در دزفول

(۴۳/۱۳) مشاهده گردید. مقادیر سایر ارقام در مناطق مختلف در جدول ۴ ارائه گردیده است. بروز گرما در مرحلهٔ گرده افشانی یکی از عوامل اصلی کاهش تعداد دانه درگیاهان به ویژه گیاهان تابستانه است (Rani & Kiranbabu, 2017). دمای محیطی کمتر در مناطق مغان و گرگان در مرحلهٔ گرده افشانی در مقایسه با مناطق دزفول و داراب منجر به دانه‌بندی بیشتر و افزایش تعداد دانه در کپسول در این مناطق در بین ارقام شده است. در تحقیق مشابهی نقش تعیین کننده عوامل محیطی به ویژه دما بر تعداد دانه در کپسول به تایید رسیده است (Huang *et al.*, 2019). در این پژوهش نیز برتری تعداد دانه در کپسول ارقام اصلاح شده کنجد ناشکوفا نسبت به ارقام شاهد تأیید شد.

وزن هزار دانه

در این پژوهش مکان‌های اجرای آزمایش اختلاف آماری معنی‌داری ($P\leq0.01$) از نظر وزن هزار دانه نشان دادند در بین مناطق مختلف، گرگان (۲/۸۵) و مغان (۲/۸۲) به طور معنی‌داری وزن هزار دانه بیشتری نسبت به داراب (۲/۴۲) و دزفول (۲/۱۸) داشتند. مقایسه گروهی اختلاف آماری معنی‌داری را بین ارقام شکوفا و ناشکوفا نشان نداد (جدول ۳). در بین ارقام، مهاجر و چمران بیشترین، و سردار و اولتان کمترین میزان وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند (شکل ۱). از نظر وزن هزار دانه ارقام اولتان و مهاجر در مناطق گرگان و مغان بیشترین وزن هزار دانه را داشتند و در یک گروه مستقل نسبت به سایر ارقام قرار گرفتند. کمترین وزن هزار دانه در ارقام دزفول و سردار در منطقهٔ دزفول و داراب بدست آمد. مناطق مغان و گرگان به واسطه داشتن دمای کمتر طول دورهٔ رویشی طولانی‌تری در اختیار گیاه قرار می‌دهند لذا امکان افزایش طول دورهٔ پرشدن دانه برای گیاه در این مناطق نسبت به مناطق گرم دزفول و داراب بیشتر بوده و وزن هزار دانه در این مناطق افزایش یافته است (Saikat, 2015). درتمامی گیاهان زراعی وزن هزار دانه همواره یکی از اجزای مهم عملکرد است. این صفت هر چند که از نظر ژنتیکی قابل ارتقا در ارقام اصلاح شده است ولی از نظر طول دوره پر شدن دانه و سرعت پرشدن دانه به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد و بهینه‌سازی تاریخ کشت و شرایط زراعی برای افزایش آن ضروری است (Mousavi *et al.*, 2021a; Musavi *et al.* 2021b).

عملکرد دانه

هدف اصلی برنامه‌های به نژادی افزایش عملکرد است. در کنجد نیز به عنوان یک گیاه زراعی داشتن عملکرد بالا در کنار سایر صفات یکی از شروط اصلی تجاری‌سازی ارقام جدید اصلاح شده می‌باشد. در این پژوهش عملکرد دانه ارقام کنجد با ۰/۹۹ تن در هکتار در سال اول و با ۰/۹۰ تن در هکتار در سال دوم به دست آمد. از نظر مکانی بیشترین عملکرد دانه در مغان (۱/۲۶) و به دنبال آن به ترتیب در گرگان (۱/۱۴)، دزفول (۰/۹۸) و داراب (۰/۳۹) به دست آمد. مقایسه گروهی بین ارقام کنجد ناشکوفا و شکوفا (شاهد) وجود اختلاف آماری معنی‌داری ($P\leq0.01$) را بین این دو گروه نشان داد به طوری که ارقام کنجد ناشکوفا با ۱/۰۵ تن در هکتار نسبت به ارقام شاهد با ۰/۸۰ تن در هکتار برتر بودند. این افزایش عملکرد حدود ۲۴ درصدی ارقام اصلاح شده کنجد ناشکوفای جدید می‌تواند در افزایش تولید کنجد کشور بسیار مؤثر باشد. در مقایسه بین ارقام، بیشترین عملکرد دانه در ارقام برکت، چمران و مهاجر و کمترین مقادیر در ارقام سردار و شوین مشاهده شد (شکل ۱). از نظر مقایسه عملکرد در بین ارقام کنجد ناشکوفا، هر سه رقم برکت، چمران و مهاجر در یک گروه قرار گرفتند و رقم دزفول با عملکرد کمتر در گروه مجزایی قرار گرفت. پاسخ ارقام از نظر صفت عملکرد دانه در مناطق مختلف متفاوت بود به طوری که بالاترین عملکرد دانه در رقم برکت در گرگان (۱/۵۸) و کمترین عملکرد دانه در رقم سردار در داراب (۰/۳۲) گزارش گردید. عملکرد دانه سایر ارقام درمناطق مختلف در جدول ۴ ارائه گردیده است. نتایج بررسی ارزش زراعی ارقام کنجد ناشکوفا در این تحقیق از نظر عملکرد دانه هم برتری کامل این ارقام را در مقایسه با ارقام شاهد نشان داد. لازم به

ذکر است که با توجه به عدم امکان نگهداری ارقام کنجد شکوفا در مزرعه تا مرحله رسیدگی کامل به دلیل ریزش شدید دانه، به ناچار برداشت آنها به صورت سبز در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک صورت گرفت. در سایر مطالعات نیز به این نقطه ضعف مهم ارقام کنجد شکوفا (شاهد) در مقایسه با ارقام کنجد ناشکوفا همواره تأکید شده است (Gholamhoseini *et al*., 2023).

برداشت مکانیزه ارقام کنجد ناشکوفا

در کشت گستردهٔ ارقام کنجد ناشکوفا که طی آزمایشات ناحیه‌ای در مزارع شرکت کشت و صنعت شهید رجایی انجام شد، برداشت پس از رسیدگی و خشک شدن کامل گیاهان کنجد بصورت کاملا مکانیزه با استفاده از کمباین رایج منطقه صورت گرفت و میزان ریزش دانه در فرآیند برداشت مکانیزه در تراکم ۴۵ بوته در هکتار حدود ۲/۸۱ درصد برآورد گردید. این مقدار ریزش دانه که بیشتر ناشی از عملکرد ماشین آلات کشاورزی است در تمامی برداشت‌ها اجتناب ناپذیر است بطوریکه در کلزا ۲۰ تا ۲۵ درصد (Price *et al*., 1996) و در گندم ۴/۸۱ تا ۱۸/۱ درصد (Anonymous, 2003) برآورد گردیده است. تنظیمات دستگاه کمباین جهت برداشت مکانیزه ارقام کنجد ناشکوفا طی تحقیقی توسط نورانی و همکاران گزارش شده است (Noorani *et al*., 2023a). در الگوی کشت گیاهان زراعی کشور از نقطه نظر مکانیزاسیون، استفاده از ارقام کنجد ناشکوفا در سیستم کشت مکانیزه علاوه بر اینکه امکان توسعه کشت و کاهش هزینه‌های تولید کنجد را درکشور فراهم می‌نماید، بر اساس بررسی صورت گرفته تولید کنجد در سیستم مکانیزه اثرات مخرب زیست محیطی کمتری نظیر مصرف آب، سم و کود کمتر نسبت به سیستم سنتی خواهد داشت (Noorani *et al*., 2023b).

ارزیابی کیفی ارقام کنجد ناشکوفا

جهت ارزیابی کیفی ارقام کنجد ناشکوفای برکت، مهاجر، چمران و دزفول طی آزمایشی، صفات درصد روغن و پروتئین دانه در مقایسه با رقم شاهد شوین مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۲). دامنه تغییرات درصد روغن بین ۴۷/۳۱ تا ۴۹/۲۲ درصد برآورد گردید. ارقام کنجد ناشکوفا دارای اختلاف آماری معنی‌داری از نظر درصد روغن دانه با یکدیگر و با رقم شکوفای شاهد نبودند و نتایج نشان داد که میزان درصد روغن ارقام اصلاح شده کنجد ناشکوفا به طور کامل قابل رقابت با رقم شوین بود (شکل ۲). درصد پروتئین دانه بین ۲۴/۷۹ در رقم برکت تا ۲۸/۸۰ در رقم چمران تغییر یافت. درصد پروتئین برای ارقام برکت و مهاجر به طور معنی‌داری ($P\leq0.05$) کمتر از رقم شاهد بود. ولی ارقام دزفول و چمران اختلاف آماری معنی‌داری از نظر درصد پروتئین دانه با رقم شاهد شوین نداشتند (شکل ۲). در دانه های روغنی داشتن درصد روغن مناسب یکی از شروط اصلی توسعه کشت ارقام تجاری است. به علاوه داشتن درصد پروتئین بالا منجر به افزایش کیفیت کنجاله دانه روغنی می‌شود. مقادیر درصد روغن و پروتئین ارقام کنجد در این تحقیق در دامنه گزارش شده توسط محققین دیگر قرار داشت (Farida, *et al*., 2021; Morris et al., 2021).

Table 4. Mean comparison for interaction effect of variety in place for different traits

Location	Cultivars	Plant height (cm)	No. of sub-branches per plant	Height of the first capsule from the ground (cm)	Days to ripening	No. of capsule per plant	No. of seed per capsule	Weight of 1000 seed (g)	SeedYield ($T\ ha^{-1}$)
Gorgan	Barakat	156fgh	2.25def	67.46fg	120.8fg	88.14f	78.72a-d	2.71cdefg	1.58a
	Chamran	160efg	2.25def	61.98gh	122.1ef	88.18f	83.48ab	2.78cde	1.41abc
	Mohajer	164 def	1.00g	64.16fgh	119.8g	93.39ef	79.35a-d	3.06ab	1.45abc
	Dezful	165def	2.25def	77.38de	118.2h	72.63g	77.77b-e	2.82cd	1.13def
	Oltan	171cde	3.00bc	89.26bc	122.6de	103.75de	69.29e-i	3.20a	1.00efg
	Sardar	181bc	1.75f	91.15abc	122.0ef	95.83ef	54.70mn	2.53fg	0.88fgh
	Shwin	148ghi	1.00g	88.69bc	133.5b	86.66f	58.17k-n	2.84bc	0.58ij
Mughan	Barakat	102o	3.53a	38.38k	122.0ef	62.25gh	86.88a	2.89bc	1.21cde
	Chamran	110no	2.58cd	36.38k	120.5g	56.25h	83.13abc	2.90bc	1.45abc
	Mohajer	109no	1.88ef	36.13k	122.0ef	67.38gh	74.25c-g	2.89bc	1.43abc
	Dezful	112mno	3.44ab	41.50k	132.1b	97.00ef	75.88b-f	2.76cde	1.54ab
	Oltan	117mno	3.80a	60.88ghi	122.5def	69.00gh	71.00d-i	3.04ab	1.42abc
	Sardar	121lmn	3.49ab	58.38ghi	120.2g	89.00f	67.13f-j	2.56efg	1.09def
	Shwin	116mno	2.08def	65.75fgh	133.3b	57.13h	69.25e-i	2.73cdef	0.65hi
Darab	Barakat	145hij	2.13def	72.25ef	127.5c	115.00cd	63.13i-m	2.50g	0.37j
	Chamran	133jkl	2.13def	39.00k	121.5efg	152.00b	65.88g-k	2.60defg	0.39j
	Mohajer	125klm	1.00g	46.00jk	126.0c	170.00a	65.13h-l	2.70cdefg	0.39j
	Dezful	134ijkl	2.38de	45.00jk	121.5efg	156.25b	73.63d-h	2.10hij	0.34j
	Oltan	180bc	3.75a	65.13fgh	99.0l	96.75ef	63.50i-m	2.30h	0.40j
	Sardar	142ij	1.00g	61.25ghi	124.0d	123.13c	79.88a-d	2.60defg	0.32j
	Shwin	138ijk	1.00g	84.13cd	135.5a	161.88ab	70.88d-i	2.20hij	0.54ij
Dezful	Barakat	177cd	2.00ef	63.38fgh	104.0k	25.75i	59.13j-n	2.22hi	1.15de
	Chamran	157efgh	1.00g	56.00hi	104.0k	29.25i	56.88lmn	2.20hij	1.06d-g
	Mohajer	176cd	0.00h	64.13fgh	104.0k	28.50i	53.13no	2.11hij	1.00efg
	Dezful	157e-h	2.00ef	52.13ij	99.0l	27.13i	45.88op	1.99j	0.83gh
	Oltan	191b	2.00ef	95.50ab	111.0j	27.00i	55.50mn	2.19hij	1.01efg
	Sardar	180bc	0.00h	100.25a	114.0i	25.75i	43.13p	2.04ij	0.50ij
	Shwin	217a	0.00h	98.75a	127.0c	39.25i	51.38nop	2.57efg	1.29bcd

The same letters in each column shows no significant difference ($P \leq 0.01$) between the means

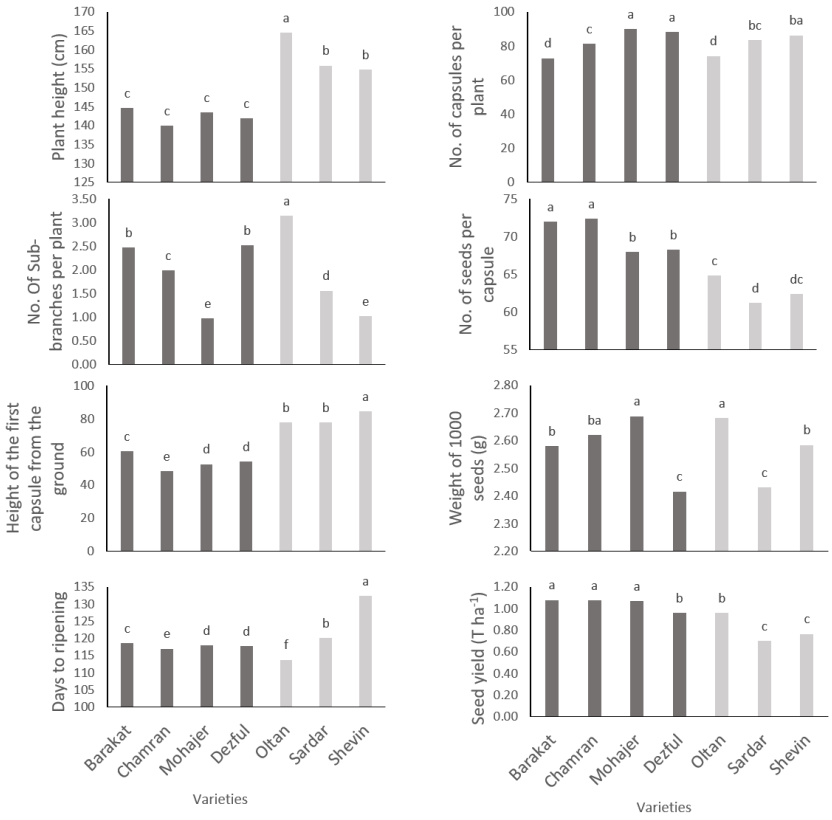

Figure 1. Mean comparison of sesame cultivars in terms of different traits (Indehiscent sesame cultivars are shown in black and control cultivars are shown in gray)

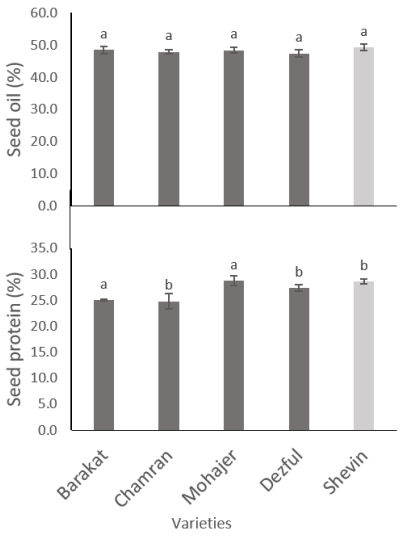

Figure 2. Mean comparison of cultivars in terms of seed oil and protein percentage (The control cultivar was Shevin and is shown in gray)

نتیجه‌گیری

در طی یک پروژه به نژادی هفت ساله، چهار رقم کنجد مقاوم به ریزش دانه (ناشکوفا) به نام‌های برکت، مهاجر، چمران و دزفول تولید و به مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کشور جهت انجام آزمایشات VCU و DUS ارائه گردیدند. در چهار منطقه با شرایط آب و هوایی متفاوت کشور یعنی مناطق مغان، گرگان، داراب و دزفول تمایز، یکنواختی و پایداری صفات این ارقام به ویژه صفت مقاومت به ریزش دانه با دقت بررسی و مورد تأیید قرار گرفت. به علاوه طی آزمایشاتی ارزش زراعی ارقام کنجد ناشکوفا در مقایسه با سه رقم کنجد تجاری کشور به نام‌های سردار، اولتان و شوین در چهار منطقه ذکر شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش در کلیه صفات، به ویژه صفات مرتبط با عملکرد دانه برتری ارقام برکت، مهاجر، چمران و دزفول را به خوبی نشان داد. در این آزمایشات افزایش عملکرد دانه حدود ۲۴ درصد در ارقام کنجد ناشکوفا در مقایسه با ارقام شاهد (شکوفا) مشاهده گردید که به طور معنی‌داری می‌تواند تولید کنجد کشور را افزایش دهد. به علاوه بر اساس بررسی‌های صورت گرفته ارقام اصلاح شده از نظر مقاومت به آفات و بیماری‌ها تفاوتی با ارقام شاهد نشان ندادند. ویژگی بارز مقاومت به ریزش دانه در زمان رسیدگی و خشک شدن کامل بوته امکان برداشت مکانیزه این ارقام با کمباین را برای اولین بار در کشور فراهم می‌نماید. این ویژگی در کنار عملکرد بالا نوید دهنده پتانسیل توسعه کشت و به کارگیری ارقام کنجد ناشکوفا در الگوی کشت زراعی کشور است. نیاز آبی بسیار کم کنجد در مقایسه با سایر گیاهان زارعی تابستانه ارزش این گیاهی زراعی را جهت کشت در فصل پرتنش تابستان در مناطق مختلف کشور چند برابر می‌نماید.

سپاس گزاری

از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز که شرایط اجرای این پژوهش را فراهم آوردند سپاسگزاری می‌شود. این پژوهش با حمایت مالی شرکت کشت و صنعت شهید رجایی بر اساس طرح ارتباط با صنعت به شماره ۹۸/۹۰۲ انجام شده است که بدینوسیله از مدیر عامل این شرکت آقای مهندس منصور مخبر دزفولی، همینطور آقایان مهندس مجاهدنیا، عطارروشن، نجف‌زاده، صاحب محمدی، قصاب‌پور، رائی و سایر کارشناسان این شرکت و همینطور دانشجویانی که در انجام این کار همکاری نمودند، آقایان مهندس ناصرزاده، سلمان‌زاده، پارسی و اسدی‌وفا و خانم‌ها فیاضی و پورنبی که یاریگر ما در اجرای این پروژه بودند صمیمانه سپاسگزاری می‌شود. از آقایان دکتر عصاره و دکتر خیری، همینطور مهندسان علیزاده، نوری‌نژاد، نورزیارت، اسماعیلی، رنجبر، خانم مهندس مهرآور و سایر کارشناسان محترم موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال نیز بخاطر رهنمودهای ارزنده و همکاری ایشان تقدیر می‌گردد.

Reference

Ahmed, J., Qadir, G., Ansar, M., Wattoo, M., Javed, T., Ali, B., Marc, A.R., & Rahimi, M. (2023). Shattering and yield expression of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes influenced by paclobutrazol concentration under rainfed conditions of Pothwar. *MBC Plant Biology*, 23,137.

Anitha, B.K., Manivannan, N., Muralidharan, V., Gopalakrishnan, C., & Vindhiyavarman, P. (2010). Character association analysis in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 1(2), 209-211.

Anonymous. (2003). Wheat losses before and after harvesting and during consumption. Iranian Inspection Organization. [In Persian]

Bharathi, D., Thirumala Rao, V., Vankudoth, V., & Bhadru, D. (2016). Genetic analysis of yield and its components in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Progressive Research*, 11, 603-3604.

Chiang, C., Bankestad, D., & Hoch, G. (2020) . Reaching natural growth: light quality effects on plant performance in indoor growth facilities. *Plants*, 9(10),1273.

Debela, C., Dabesa, A., Birhanu, T., Gutu, T., & Tekele, F. (2023) Determination of optimum planting time of different Sesame (*Sesamum indicium* L.) varieties for Chewaka district, Western Oromia, Ethiopia. *Open Journal of Plant Science* 8(1), 032-036.

FAO. (2019). State-Agriculture, Food & Agriculture Organization. Available online at: www.Fao.org.

Farida, A., Koudédia Drome, G., and Djamel, A. (2021). Oil extraction from two species of sesame (*Sesamum Indicum*) and the chemical composition of the meal. *Modern Concept and Development in Agronomy*, 8(5). MCDA. 000698. DOI: 10.31031/MCDA.2021.08.000698.

Gedifew, S., Abate, A. & Abebe, T. (2023). Genetic variability in sesame (*Sesamum indicum* L.) for yield and yield related traits. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27(2), 153-165.

Gholamhoseini, M., Ghodrati, G., Alhani, A., Mansori, S., & Shariati, F. (2023). Evaluation of yield performance of a shattering tolerant sesame genotype under different Planting arrangements in the Darab and Dezful region. *Plant Productions*. 46(2), 293-305. [In Persian]

Gong, H., Zhao, F., Pei, W., & Meng, Q. (2016). Advances in sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm resources and molecular biology research. *Journal of Plant Genetic Resources*, 17, 517–522.

Baneshi, H., Mohammadabadi, T., Mirzadeh, K, Chaji, M. & Ghasemi Nejad M.(2017). Effect of processing sesame straw with low steam pressure and chemical materials on digestibility and fermentation, protozoa population, rumination and some blood parameters of Arabi sheep. *Journal of Animal Production*, 19(4),765-776. [In Persian]

Huang, R., Liu, Z., Xing, M., Yang, Y., Wu, X., Liu, H., & Liang, W. (2019). Heat stress suppresses *Brassica napus* seed oil accumulation by inhibition of photosynthesis and *BnWRI1* Pathway. *Plant and Cell Physiology*, 60(7), 1457-1470.

IPGRI & NBPGR. 2004. Descriptors for Sesame (*Sesamum* spp.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy; and National Bureau of Plant Genetic Resources, New Delhi, India.

Kuai, J., Li, X.Y., Yang, Y., & Zhou, G.S. (2017). Effects of paclobutrazol on biomass production in relation to resistance to lodging and pod shattering in *Brassica napus* L. *Journal of Integrative Agriculture*. 16,2470–81.

Langham, D.G. (1946). Genetics of Sesame III: "Open Sesame" and Mottled Leaf. *Journal of Heredity*, 37:149-152.

Langham, D.R. (2012). Non-dehiscent sesame IND variety Sesaco 33. *US Patent Application*. No. 8,207397 B1.

Langyan, S., Yadava, p., Sharma, S., Gupta, N.C., Bansal, R., Yadav, R. & Kumar, A. (2022). Food and nutraceutical functions of Sesame oil: an underutilized crop for nutritional and health benefits. *Food Chemistry*, 30,389:132990.

Mili, A., Das, S., Nandakumar, K., & Lobo, R. (2021). A Comprehensive Review on *Sesamum indicum* L.: Botanical, Ethnopharmacological, Phytochemical, and Pharmacological Aspects. *Journal of Ethnopharmacology*, 281, 114503.

Morris, J.B., Wang, M.L., & Tonnis, B.D. (2021). Variability for oil, protein, lignan, tocopherol, and fatty acid concentrations in eight sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. *Industrial Crops & Products*, 164,113355.

Mousavi, S.S., Siahpoosh, M.R., & Rahnama, A. (2021a). Genetic evaluation of commercial bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars for duration and rate of grain filling under normal and heat stress conditions. *Crop production*, 14(2), 83-96. [In Persian]

Musavi, F., Siahpoosh, M.R., & Sorkheh, K. (2021b). Influence of sowing date and terminal heat stress on phonological features and yield components of bread wheat genotypes. *Plant Production*, 44(2), 127-170. [In Persian]

Noorani, M.H., Asakereh, A., & Siahpoosh, M.R. (2023a). Evaluation of mechanized and traditional harvesting methods of sesame in the north of Khuzestan province. *Journal of Agricultural Mechanization*, 8(1), 33−42. [In Persian]

Noorani, M.H., Asakereh, A., & Siahpoosh, M.R. (2023b). Investigating cumulative energy and exergy consumption and environmental impact of sesame production systems, a case study. *International Journal of Energy*, 42 (1), 96-114.

Pathirana, R. (1994). Natural cross-pollination in sesame *(Sesamum indicum* L.). *Plant Breeding*, 112,167-170.

Poehlman, J.M. (2013). Breeding Field Crops. Springer Science & Business Media.

Price, J. S., M. A. Neale, R. N. Hobson, & D. M. Bruce. (1996). Seed losses in commercial harvesting of oilseed rape. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 65, 183-191.

Rani, T., and Kiranbabu, T. (2017). Screening sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm for thermo-tolerance. *Agriculture Update*, 12(TECHSEAR-6), 1553-1556.

Saikat, C. (2015). Performance of summer sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars under varying dates of sowing in the prevailing agro-climatic condition of North Bengal. *Scientific Research and Essays*, 10(12), 411-420.

Saju, A. (2021). Effect of sowing dates and varieties of sesame (*Sesamum indicum* L.) for higher productivity during the pre-kharif season in New Alluvial Zone of West Bengal. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10(2), 960-962.

Sharifi Zivah, P., Fakhari, R., Khalil Tahmasabi, B., & Ghasemi, S. (2020). Investigating agronomic traits, yield and yield components of different sesame cultivars. *Journal of Applied Research and Plant Ecophysiology*, 6(2),149-166. [In Persian]

Wei. P., Zhao, F., Wang, Z., Wang, Q., Chai, X., Hou, G. & Meng, Q. (2022). Sesame (*Sesamum indicum* L.): A comprehensive review of nutritional value, phytochemical composition, health benefits, development of food, and industrial applications. Nutrients,14, 4079.

Xu, G., & Zhang, W. (2018). Analysis of the changing trend of world sesame production and trade structure. *World Agriculture*, 10, 131–137.

Zabet, M., Barazandeh, F., & Samadzadeh, A. (2024). Genetic analysis of different traits of sesame using Hyman's numerical and graphical method under drought stress. *Journal of Crop Breeding*, 15(48), 62-77. [In Persian]

Zech-Matterne, V., Tengberg, M., & Van Andringa, W. (2015). *Sesamum indicum* L. (sesame) in 2nd century BC Pompeii, southwest Italy, and a review of early sesame finds in Asia and Europe. *Veget Hist Archaeobot*, https://doi.org/10.1007/s00334-015-0521-3.