Plant Prod., 2026, 48(4), 567- 583
https://plantproduction.scu.ac.ir/
**ISSN (P):** 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
**Doi:** 10.22055/ppd.2025.47397.2227
**Received:** 16 November 2024
**Accepted:** 19 May 2025

**Plant Productions**

**Research Article**

# Effects of withholding irrigation in different phonological stages on growth and yield traits of commercial seed shatter-resistant sesame cultivars

**Foroogh Motallebiyan[1], Payman Hassibi[2*], Mohammad Reza Siahpoosh[2]**

1. M.Sc. Graduate, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

**Citation:** Motallebiyan, F., Hassibi, P., Siahpoosh, M.R. (2026). Effects of withholding irrigation in different phonological stages on growth and yield traits of commercial seed shatter-resistant sesame cultivars. *Plant Productions*, 48(4), 567 – 583.

## Abstract

### Introduction

Oilseed plants hold an important position among crops by providing the energy and calories required by humans and animals. Sesame (*Sesamum indicum* L.), a member of the Pedaliaceae family, is one of the oldest cultivated oilseed crops in the world, particularly thriving in tropical and semi-tropical regions. Sesame seeds contain the highest oil content, holding special significance due to their wide range of applications in food, medicine, and industry. In most regions of Iran, effective irrigation management is crucial for summer crops, especially during the summer. The susceptibility of crops to water scarcity varies across different phenological stages, making precise irrigation practices essential for sustaining growth and maximizing yield.

### Materials and Methods

This study aimed to investigate the impact of withholding irrigation at different phenological stages on growth and yield traits of indehiscent sesame cultivars. The experiment was conducted using a split-plot arrangement within a randomized complete block design with four replications during the 2021-2022 growing season in the southern regions of Khuzestan province. The main factor included three irrigation-limitation treatments; irrigation withheld from mid-flowering to late flowering, from the end of flowering to physiological maturity, and from physiological maturity to full maturity, and a control with no irrigation withholding. The sub-plot factor consisted of three new commercial indehiscent sesame cultivars; Mohajer, Barekat, and Chamran**.**

### Results and Discussion

In the treatment where irrigation was withheld from physiological maturity to full maturity, the Barekat cultivar exhibited the greatest plant height (87 cm) and the highest number of capsules per plant (58). In contrast, the Chamran cultivar showed the lowest number of capsules per plant (27) under irrigation withholding from the end of the flowering stage to physiological maturity.

* **Corresponding Author:** Payman Hassibi
**E-mail:** p.hassibi@scu.ac.ir

The average seed weight per capsule ranged from 0.12 g in the treatment where irrigation was withheld from mid-flowering to late flowering to 0.30 g in the control treatment. Notably, the maximum seed yield (1362 kg. $ha^{-1}$) was achieved in the Chamran cultivar under irrigation withholding from physiological maturity to full maturity, whereas the Barekat cultivar showed the lowest seed yield (510 kg. $ha^{-1}$) when irrigation was withheld from the end of flowering to physiological maturity. The highest harvest index (28%) was also recorded in the Chamran cultivar under irrigation withholding from the end of flowering to physiological maturity, while the lowest harvest index (10%) observed in the Barekat cultivar under the same treatment. In addition, the greatest seed oil content (53%) was also obtained in the Chamran cultivar under the control treatment.

## Conclusion

This cultivar has shown promising results in terms of growth, yield traits, and oil content under the specified irrigation conditions, making it a suitable choice for cultivation in this region. The findings indicate that under water-limited conditions, withholding irrigation at specific phenological stages may not lead to a substantial reduction in sesame seed yield. This implies that the potential for implementing strategic irrigation practices that optimize water use efficiency without sacrificing yield performance. Given the climatic conditions of the southern regions of Khuzestan Province, the indehiscent Chamran cultivar is recommended for cultivation. This cultivar showed superior growth, yield attributes, and oil content under the evaluated irrigation regimes, making it a suitable option for cultivation in this region.

**Keywords:** Number of capsules, Number of seeds, Oil percentage, Resistance to seed shattering

© 2026 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.

تولیدات گیاهی، ۱٤۰٤، ٤۸(٤)، ٥٦۷-٥۸۳
https://plantproduction.scu.ac.ir/
**ISSN (P):** 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
**Doi:** 10.22055/ppd.2025.47397.2227
**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۳/۰۸/۲۶
**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۲/۲۹

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

# اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف فنولوژیک بر صفات رشدی و عملکردی ارقام تجاری کنجد مقاوم به ریزش دانه

**فروغ مطلبیان[۱]، پیمان حسیبی[۲*]، محمدرضا سیاهپوش[۲]**

۱- دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

## چکیده

**مدیریت مناسب آبیاری کشت‌های تابستانه به ویژه در فصل پرتنش تابستان، در بیشتر مناطق کشور اجتناب ناپذیر است، زیرا حساسیت گیاهان زراعی به کمبود آب در مراحل مختلف فنولوژیک متفاوت است. بر همین اساس، این آزمایش با هدف بررسی اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف فنولوژیک بر برخی صفات رشدی و عملکردی ارقام کنجد مقاوم به ریزش دانه (ناشکوفا) در جنوب استان خوزستان (شهرستان شادگان) اجرا شد. این پژوهش در سال زراعی ۱٤۰۱ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. سه زمان قطع آبیاری در مراحل مختلف فنولوژیک شامل قطع آبیاری در مرحلهٔ میانی گلدهی تا انتهای گلدهی، قطع آبیاری در مرحلهٔ انتهای گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک، قطع آبیاری از رسیدگی فیزیولوژیک تا رسیدگی کامل و بدون قطع آبیاری (شاهد) در کرت‌های اصلی و سه رقم تجاری جدید کنجد ناشکوفای مهاجر، برکت و چمران در کرت‌های فرعی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۳٦۲ کیلوگرم در هکتار) در شرایط قطع آبیاری در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک تا رسیدگی کامل رقم چمران و کم‌ترین میزان (۵۱۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ انتهای گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک رقم برکت مشاهده شد. بیش‌ترین شاخص برداشت در تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ انتهای گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک و قطع آبیاری در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک تا رسیدگی کامل در رقم چمران (به ترتیب ۲۸ و ۲٤ درصد) و کمترین میزان در تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ انتهای گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک در رقم برکت (۱۰ درصد) مشاهده شد. بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد شاخهٔ فرعی با میانگین ٦ و ٤ عدد به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ میانهٔ گلدهی تا انتهای گلدهی شمارش شد. بیش‌ترین میزان ارتفاع محل ظهور اولین کپسول (۲٦/۳ سانتی‌متر) در تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ انتهای گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک در رقم برکت مشاهده شد. بیش‌ترین تعداد کپسول در بوته (۵۸ عدد) در تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک تا رسیدگی کامل در ارقام مهاجر و برکت بود. بیش‌ترین میزان درصد روغن دانهٔ کنجد نیز در رقم چمران در تیمار شاهد با میزان ۵۳ درصد به دست آمد. نتایج نشان داد که برای مدیریت منابع آب در فصل پرتنش**

**نویسنده مسئول:** پیمان حسیبی
**رایانامه:** p.hassibi@scu.ac.ir

**تابستان، ارقام جدید کنجد مقاوم به ریزش دانه نیازی به آبیاری از مرحلۀرسیدگی فیزیولوژیک تا انتهای رسیدگی کامل نداشته و قطع آبیاری در این بازۀ زمانی منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد دانه نمی‌شود. همچنین رقم چمران نسبت به سایر ارقام برای کشت در نواحی دارای محدودیت منابع آب در انتهای فصل زراعی، به ویژه نواحی جنوبی استان خوزستان مناسب‌تر تشخیص داده شد.**

**کلید واژه‌ها: تعداد دانه، تعداد کپسول، درصد روغن، مقاوم به ریزش دانه**

## مقدمه

گیاهان دانه روغنی از لحاظ تأمین انرژی و کالری مورد نیاز انسان و دام در میان محصولات زراعی جایگاه ویژه‌ای دارند (Zafar *et al*., 2019). کنجد با نام علمی *Sesamum indicum* L. متعلق به خانوادۀ Pedaliaceae یکی از قدیمی‌ترین گیاهان روغنی زراعی است که از سالیان دور در نقاط مختلف دنیا به‌ویژه در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشت می‌شود (Mazrae *et al*., 2019) و به ملکۀ دانه‌های روغنی شهرت یافته است (Siahpoosh *et al*., 2024). این گیاه گرمادوست، سازگار با نواحی خشک و نیمه خشک دنیا (Alizadeh and Yadavi, 2016) و محصولی کم‌توقع (Gholamhoseini *et al*., 2023) است. دانۀ کنجد بیش‌ترین میزان روغن را در میان گیاهان روغنی دارد (Silva *et al*., 2016) و به خاطر مصارف متنوع آن از جمله خوراکی، دارویی و صنعتی، اهمیت ویژه‌ای در میان گیاهان روغنی دارد. دانۀ کنجد غنی از چربی‌ها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، فیبرها و عناصر معدنی و دارویی بوده و حاوی ۶۰-۵۰ درصد روغن، ۲۵-۱۸ درصد پروتئین و ۱۴-۱۳ درصد کربوهیدرات است (Islam *et al*., 2016; Haghanian *et al*., 2019). کنجد به دلیل داشتن میزان روغن بالا، کلسترول پایین و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نقش مهمی در سلامت انسان دارد (Gunstone, 2011).

آب به عنوان یکی از منابع بسیار مهم در بخش کشاورزی، در مناطق خشک و نیمه خشک با چالش‌های زیادی روبه‌رو بوده و مسأله تغییر اقلیم و تبعات ناشی از آن ازجمله افزایش دما، تغییر در الگوهای بارش، احتمال کم-آبی و خشکسالی تأمین آب را با محدودیت بیش‌تری روبرو ساخته است (Nasiri Forg, 2021). کم‌آبیاری تنظیم شده نمونه‌ای از روش‌های توسعه‌یافتۀ آبیاری در شرایط کمبود آب است (Karandish *et al*., 2019). کنجد به عنوان گیاهی با نیاز آبی پایین شناخته می‌شود، اما با اعمال کم-آبیاری در برخی از مراحل فنولوژیک، تعداد کپسول در گیاه، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و عملکرد دانه آن کاهش می‌یابد (Heidari *et al*., 2011; Pouresmaiel *et al*., 2013). تنش کم آبی در هر مرحله از رشد و نمو بر رشد گیاه اثر می‌گذارد و برخی محققان اعتقاد دارند اوایل مرحلۀ زایشی در گیاهان، از جمله حساس‌ترین مراحل به تنش کم آبی هستند (Jorgensna *et al*., 2011). نتایج مطالعه‌ای نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد کنجد تحت تأثیر کم‌آبیاری قرار می‌گیرد و در صورتی که گیاه در مرحلۀ گلدهی، تولید کپسول و پر شدن دانه دچار کم‌آبیاری شود، عملکرد و اجزای آن کاهش قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت (Sarhadhi and Sharif, 2018). این محققان همچنین بیان کردند که با مدیریت کم‌آبیاری در مراحل غیرحساس چرخۀ زندگی گیاه، علاوه بر تولید مناسب و صرفه‌جویی آب، امکان تداوم تولید در چارچوب کشاورزی پایدار فراهم می‌شود. از سوی دیگر، برخی پژوهشگران عنوان کردند که در شرایط آبیاری طبیعی و کم‌آبیاری، تعداد کپسول در بوته، طول دورۀ گلدهی و تعداد گره زاینده بر عملکرد دانۀ کنجد اثر معنی‌دار داشت (Mansouri and Soltani Najafabadi, 2013). علیرغم ویژگی‌های برجستۀ کنجد، توسعۀ کشت این گیاه زراعی به دلیل ریزش دانه در زمان رسیدگی کامل و عدم امکان برداشت مکانیزۀ آن، بسیار محدود بوده است. اصلاح ژنتیکی ارقام کنجد

مقاوم به ریزش دانه (ناشکوفا) و تجاری‌سازی این ارقام طی سال‌های اخیر امکان برداشت مکانیزه و توسعهٔ کشت آن را فراهم و فرصت‌های جدیدی جهت بهره‌وری از پتانسیل‌های این گیاه زراعی تابستانه در کشور ایجاد نموده است (Siahpoosh *et al*., 2024). بر اساس مطالعات انجام شده میزان ریزش دانه در برداشت مکانیزه با کمباین در کنجد حدود ۲/۸ درصد کاهش یافته است که تحول بزرگی در توسعهٔ کشت این گیاه ارزشمند روغنی است (Noorani *et al*., 2023). با توجه به اهمیت تولید دانه-های روغنی در کشور به عنوان محصولات استراتژیک و نیز نگاه ویژه به گیاه کنجد به دلیل کیفیت مناسب روغن و نیاز کم این گیاه به آب و نیز موقعیت جغرافیایی کشور ایران به لحاظ قرار داشتن در اقلیم خشک و نیمه خشک، بررسی اثر اعمال قطع آبیاری در مراحل مختلف فنولوژیک و مطالعهٔ اثر آن بر ویژگی‌های کمی و کیفی کنجد، همراه با ارزیابی پاسخ ارقام مختلف کنجد ناشکوفا می‌تواند اطلاعات ارزنده‌ای در مدیریت منابع آب طی فصل پرتنش تابستان در کشور حاصل نماید.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در جنوب استان خوزستان در مزرعهٔ آزمایشی مرکز خدمات جهاد کشاورزی حسینی واقع در روستای غریبه از توابع شهرستان شادگان در سال زراعی ۱۴۰۱ اجرا شد. مزرعهٔ تحقیقاتی در ″۴۸′۱۷ °۳۰ شمالی و ″۴۷′۱۸ °۴۸ شرقی، با ارتفاع متوسط شش متر از سطح دریا بود. خاک مزرعه پیش از کاشت (پس از حذف پنج سانتی‌متری بالای خاک و حذف بقایا) نمونه‌برداری شد و مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت (جدول ۱).

داده‌های هواشناسی منطقهٔ آزمایش نیز در جدول ۲ ارائه شده است. این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. سه زمان قطع آبیاری در مراحل مختلف فنولوژیک گیاه کنجد شامل، قطع آبیاری از مرحلهٔ میانی گلدهی (کد ۵۹: گل‌ها و پایهٔ گل‌ها طویل شدند، اما هنوز بسته و به رنگ سفید هستند) تا انتهای گلدهی (کد ۶۹: ۹۰ درصد گل‌ها باز شدند)، قطع آبیاری از مرحلهٔ انتهای گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک (کد ۸۱: آغاز تغییر رنگ میوه از سبز کمرنگ به زرد)، قطع آبیاری از مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک تا رسیدگی کامل (کد ۸۹: رسیدگی کامل، آغاز خشک شدن) و بدون قطع آبیاری (شاهد) در کرت‌های اصلی و سه رقم جدید تجاری کنجد ناشکوفا و مقاوم به ریزش دانه به نام‌های مهاجر، برکت و چمران با ویژگی‌های ارائه شده توسط Siahpoosh *et al*., (2024) در کرت‌های فرعی قرار گرفت.

**جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش**

**Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil at the experimental site**

| Soil depth | Organic matter | K | P | N | pH | EC | Soil texture | Sand | Silt | Clay |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| cm | % | mg. $Kg^{-1}$ | | | - | ds. $m^{-1}$ | | | | |
| 0-30 | 1.19 | 206 | 8.03 | 0.083 | 7.8 | 3.5 | Silty clay loam | 24 | 50 | 26 |

**جدول ۲- دمای حداکثر و حداقل و میزان بارش از زمان کاشت تا رسیدگی کامل**

**Table 2. Minimum and maximum temperatures and rainfall from planting to full maturity**

| Month | Minimum temperature (°C) | Maximum temperature (°C) | Precipitation (mm) |
|---|---|---|---|
| June | 26 | 49.1 | 0 |
| July | 27.2 | 50.4 | 0 |
| August | 21.2 | 47.2 | 0 |
| September | 19.2 | 42.4 | 0 |
| October | 13 | 37.9 | 0 |

مراحل آماده‌سازی زمین شامل دو دیسک سنگین، سبک و نهربندی به شیوهٔ رایج منطقه انجام شد. کوددهی بر اساس توصیه‌های علمی مرکز تحقیقات کشاورزی استان خوزستان و بر اساس نتایج آزمون تجزیه خاک انجام شد. کودهای شیمیایی شامل اوره ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار در سه مرحله (مرحلهٔ پایه و سرک در مرحلهٔ ۲ تا ۶ برگی و ابتدای گلدهی)، سوپرفسفات تریپل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و سولفات پتاسیم به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت پایه و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگردی گرانوله در نظر گرفته شد که اختلاف میزان برآورد شده در آزمون خاک و مقادیر بیان شده از سوی مراکز تحقیقاتی در اختیار گیاه قرار داده شد. زمین به صورت جوی و پشته تهیه و کرت‌هایی با ابعاد سه در چهار مترمربع (شامل چهار پشتهٔ ۷۵ سانتی‌متری در طول چهار متر) در نظر گرفته شد. بذور در دو طرف پشته به صورت خطی در چهارم تیرماه کشت شدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت گیاه انجام شد و آبیاری‌های بعدی تا زمان استقرار گیاهچه هر ۸ تا ۱۰ روز یک‌بار و از آن پس بر اساس نیاز گیاه (هر دو هفته یکبار) صورت گرفت (جدول ۳). تنک در مرحلهٔ چهار برگی و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام گرفت. برداشت در زمان رسیدگی کامل گیاهان (بر اساس سیستم کدبندی BBCH) در دوم آبان ماه از سطحی معادل ۱۰ مترمربع صورت پذیرفت. بررسی و تشخیص مراحل فنولوژیک ارقام کنجد برمبنای دستورالعمل BBCH انجام شد (Attibayeba *et al.*, 2010).

در این روش کدبندی تمامی مراحل فنولوژیک رشد گیاه توسط کد از ۰۰ (بذر خشک) تا ۹۹ (ذخیره‌سازی مواد در دانه) معرفی شده است. صفات رشدی و عملکردی شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخهٔ فرعی در بوته، ارتفاع محل تشکیل اولین کپسول، تعداد کپسول در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت ودرصد روغن بررسی شدند. استخراج روغن با استفاده از دستگاه سوکسوله و با توجه به مقادیر به دست آمده درصد روغن محاسبه شد (Kaufman, 1958).

پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها و یکنواخت بودن خطاهای آزمایش، تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین صفات با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2013 انجام شد.

**جدول ۳- تاریخ‌های آبیاری**

**Table 3. Dates of irrigation**

| Dates | Control | Irrigation withholding from | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Mid-flowering to the end of the flowering stage | The end of the flowering stage to physiological maturity | Physiological maturity to full maturity |
| 25 June 2022 | √ | √ | √ | √ |
| 3 July 2022 | √ | √ | √ | √ |
| 14 July 2022 | √ | √ | √ | √ |
| 30 July 2022 | √ | √ | √ | √ |
| 14 August 2022 | √ | × | √ | √ |
| 30 August 2022 | √ | √ | √ | √ |
| 14 September 2022 | √ | √ | × | √ |
| 30 September 2022 | √ | √ | √ | × |

√: Iirrigation آبیاری ×: Withholding irrigation عدم آبیاری

## نتایج و بحث

### ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که از نظر ارتفاع بوته میان تیمار قطع آبیاری، ارقام و برهم‌کنش قطع آبیاری در رقم اختلاف آماری معنی‌داری ($P\leq0.01$) مشاهده شد (جدول ۴). بیش‌ترین میزان ارتفاع بوته (۸۷ سانتی‌متر) در تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک تا رسیدگی کامل در رقم برکت مشاهده شد هر چند که اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت (شکل ۱). کم‌ترین میزان ارتفاع بوته (۵۱ سانتی‌متر) نیز در تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ میانهٔ گلدهی تا انتهای گلدهی در رقم برکت مشاهده شد (شکل ۱).

در شرایط شاهد بیش‌ترین میزان ارتفاع بوته به ترتیب به رقم برکت، چمران و مهاجر تعلق داشت (شکل ۱). کاهش ارتفاع گیاه در شرایط محدودیت شدید آبیاری ناشی از کاهش فشار تورژسانس و متعاقب آن کاهش تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها است. بر اساس مطالعات صورت گرفته در شرایط رخداد قطع آبیاری در مراحل حساس گیاه (طولانی مدت و یا شدید)، فشار تورژسانس سلول-های ساقه که در حال ازدیاد طول هستند، کاهش می‌یابد و ازطرفی تولید مواد اصلی فتوسنتز نیز کم می‌شود، لذا طول میانگره‌های ساقه و در نتیجه ارتفاع‌بوته کاهش می‌یابد (Darghahi *et al*., 2014).

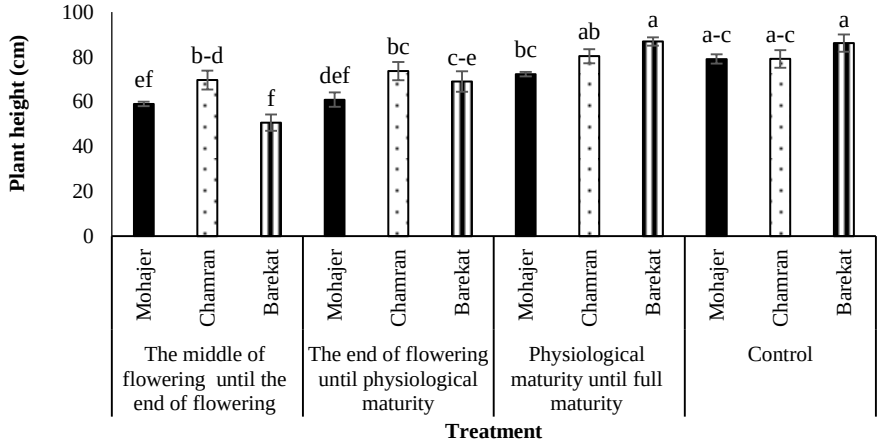
**جدول ٤- تجزیه واریانس صفات بررسی شده در ارقام مختلف کنجد تحت شرایط قطع آبیاری**

**Table 4. Variance analysis of investigated traits in different sesame cultivars under conditions of withholding irrigation**

| S.O.V | df | Plant height | Number of sub-branches in the plant | Height of the first capsule emergence | Number of capsules per plant | Biological yield | 1000-seed weight | Seed yield | Harvest index | Oil percentage |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 3 | 13 $^{ns}$ | 0.722 $^{ns}$ | 13 $^{ns}$ | 17 $^{ns}$ | 8056 $^{ns}$ | 0.097$^{*}$ | 3.6 $^{ns}$ | 0.111 $^{ns}$ | 12 $^{*}$ |
| Withholding irrigation(A) | 3 | 1261$^{**}$ | 16.6$^{**}$ | 1.021 $^{ns}$ | 433$^{**}$ | 234330$^{**}$ | 0.412$^{**}$ | 325$^{**}$ | 2.5$^{*}$ | 2200$^{**}$ |
| Ea | 9 | 32 | 0.611 | 4.021 | 46 | 10505 | 0.016 | 2.47 | 0.352 | 2.53 |
| Cultivar (B) | 2 | 266$^{**}$ | 2.52$^{*}$ | 101$^{**}$ | 707$^{**}$ | 15813 $^{ns}$ | 0.042$^{ns}$ | 8.90$^{ns}$ | 2.15 $^{ns}$ | 5.05 $^{ns}$ |
| A × B | 6 | 185$^{**}$ | 1.24 $^{ns}$ | 60$^{**}$ | 186$^{**}$ | 19256 $^{ns}$ | 0.305$^{**}$ | 23.15$^{*}$ | 2.56$^{*}$ | 63 $^{**}$ |
| Eb | 24 | 53 | 0.535 | 5.78 | 47 | 8581 | 0.017 | 5.67 | 0.79 | 5.67 |
| CV (%) | - | 10.12 | 15.67 | 11.6 | 16.29 | 16.29 | 9.92 | 16.75 | 24.44 | 7.55 |

$^{ns}$، * و **: فاقد اختلاف آماری معنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد، به ترتیب.

$^{ns}$, * and **: Non significant, significant at 5% and 1% probability level, respectively.




**شکل ۱-برهمکنش زمان قطع آبیاری و رقم بر ارتفاع بوته**

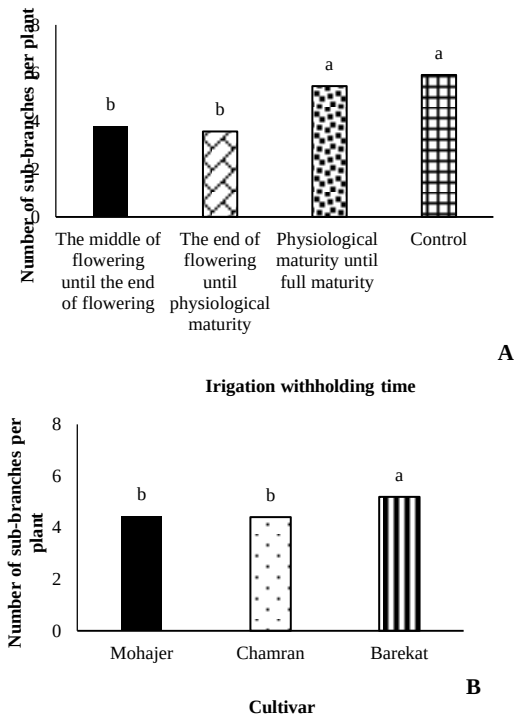
**Figure 1. Interaction effects of irrigation withholding time and cultivar on plant height**

اگرچه ارتفاع بوته بیش‌تر تحت‌تأثیر ژنتیک است، اما به نظر می‌رسد که قطع آبیاری موجب ایجاد رقابت بیش از حد میان بوته‌ها برای به دست آوردن آب شده و این مساله در نهایت منجر به کاهش تخصیص مواد

فتوسنتزی به ساقه و کوتاهی گیاه می‌شود (Paknejad *et al*., 2007; Mehrabi Zadeh and Ehsan Zadeh, 2012). قطع آبیاری و بروز تنش خشکی با تأثیر بر توسعهٔ سیستم ریشه‌ای، تعداد و اندازه برگ‌ها، ارتفاع گیاه و عملکرد بیولوژیک سبب کاهش رشد و توسعهٔ کنجد می‌شود (Jian *et al*., 2010). با توجه به نتایج به نظر می‌رسد ارقام مورد بررسی باتوجه به توان ژنتیکی خود در رقابت برای دریافت آب و انجام فعالیت‌های فتوسنتزی خود و تولید مواد فتوسنتزی و رشد، ارتفاع بوته مختلفی را در شرایط محدودیت دسترسی به آب نشان دادند. ارقام مهاجر و برکت با قطع آبیاری در میانهٔ گلدهی تا انتهای گلدهی و انتهای گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک کاهش معنی‌داری در ارتفاع بوته نشان دادند، درحالی‌که با قطع آبیاری در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک تا رسیدگی کامل، ارتفاع بوته این ارقام با شاهد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بود. ارتفاع بوته رقم چمران نیز در شرایط مختلف قطع آبیاری با شاهد اختلاف آماری معنی‌دار نداشت.

## تعداد شاخهٔ فرعی در بوته

از نظر تعداد شاخه فرعی میان زمان‌های قطع آبیاری ($P\leq0.01$) و ارقام ($P\leq0.05$) اختلاف آماری معنی‌دار مشاهده شد، اما برهم‌کنش زمان قطع آبیاری در رقم اختلاف آماری معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴). بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد شاخه فرعی با میانگین ۶ و ۴ عدد به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ میانهٔ گلدهی تا انتهای گلدهی مشاهده شد (شکل ۲ A, B).




**شکل ۲- اثر اصلی زمان قطع آبیاری و رقم بر تعداد شاخهٔ فرعی در بوته**

**Figure 2. The main effect of withholding irrigation time and cultivar on the number of sub-branches per plant**

رقم برکت بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته را نشان داد (شکل ۲). گیاه در پاسخ به قطع آبیاری در یک واکنش تعادلی توسعهٔ بافت‌های رویشی را کاهش داده به طوری که تعداد کمتری شاخه فرعی تولید می‌نماید. البته قابل ذکر است که در این پاسخ زمان قطع آبیاری بسیار مهم است (Danaie and Rafi., 2017). کنجد گیاهی رشد نامحدود است و نسبت به گیاهان رشد محدود تحمل بیش‌تری نسبت به کمبود آب نشان می‌دهد و احتمالاً به همین دلیل با وقوع قطع آبیاری در مراحل اولیه از تعداد شاخه‌های فرعی آن کاسته شده، ولی در قطع آبیاری در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک تارسیدگی کامل تغییر زیادی در شاخه‌های فرعی ایجاد نمی‌نماید (Gardner *et al*., 1985). در آزمایشی بر روی کلزا نیز نتایج مشابهی گزارش شده است (Shirani Rad *et al*., 2010).

## ارتفاع محل ظهور اولین کپسول

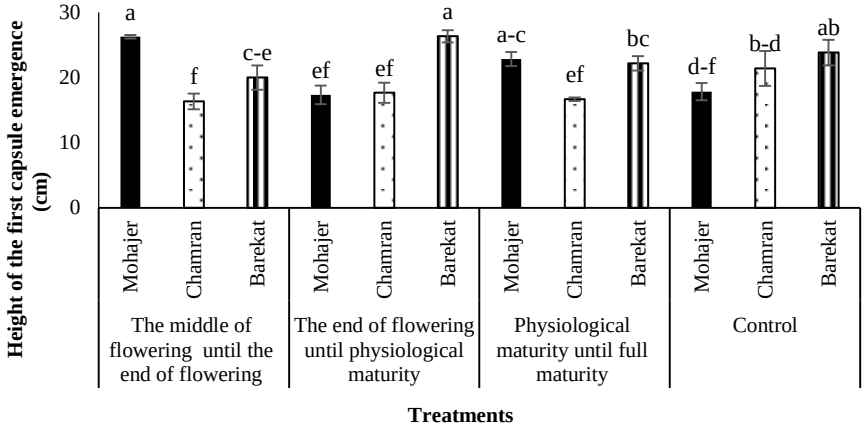
با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات، از نظر ارتفاع محل ظهور اولین کپسول در مرحله رسیدگی کامل میان ارقام و برهم‌کنش قطع آبیاری در رقم اختلاف آماری ($P\leq0.01$) معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴). بیش‌ترین میزان ارتفاع محل ظهور اولین کپسول (۲۶/۳ سانتی‌متر) در تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ انتهای گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک در رقم برکت وکم‌ترین میزان (۱۶/۳ سانتی‌متر) در تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ میانهٔ گلدهی تا انتهای گلدهی در رقم چمران مشاهده گردید (شکل ۳). در شرایط شاهد بیش‌ترین میزان ارتفاع محل ظهور اولین کپسول به ترتیب به رقم برکت، چمران و مهاجر تعلق داشت (شکل ۳).

در آزمایش مشابهی پژوهشگران گزارش کردند که میان تیمارهای مختلف آبیاری از نظر ارتفاع محل تشکیل اولین کپسول کنجد از سطح زمین اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2005). آن‌ها بیان کردند محل تشکیل اولین کپسول از سطح زمین به شدت به تراکم وابسته است و با افزایش تراکم به دلیل افزایش رقابت بر سر منابع به ویژه نور، ارتفاع محل تشکیل اولین کپسول از سطح زمین افزایش می‌یابد. برخی دیگر از محققان نیز بیان کردند که رژیم‌های مختلف رطوبتی در گیاه روغنی کرچک بر صفت ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین معنی‌دار نشد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت (Koutroubas *et al.*, 2000).

## عملکرد زیست توده

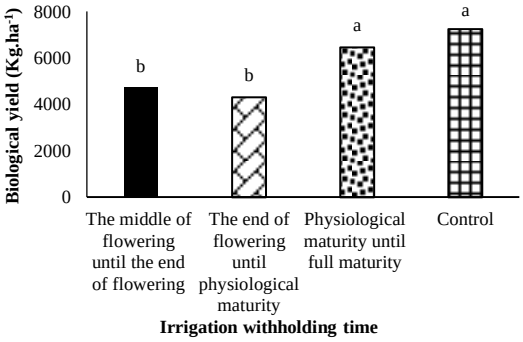
نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که از نظر عملکرد زیست توده میان زمان‌های قطع آبیاری اختلاف آماری معنی‌دار ($P\leq0.01$) مشاهده شد، اما ارقام و برهم‌کنش زمان قطع آبیاری در رقم اختلاف آماری معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۴). بیش‌ترین عملکرد زیست توده (۷۲۴۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد و کم‌ترین میزان (۴۳۱۰ کیلوگرم در هکتار) به تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ انتهای گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک تعلق داشت (شکل ۴).

گیاه زمان رویارویی با کم‌آبی با کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش جذب دی‌اکسیدکربن و صرف انرژی زیاد برای جذب عناصرغذایی، رشد شاخ و برگ خود را به عنوان منابع اصلی تبخیر و تعرق کاهش می‌دهد. در صورت تداوم این شرایط، ظرفیت کل فتوسنتزی و تولید زیست تودهٔ گیاه به دلیل تشدید رقابت بین گیاهان بر سر منابع به ویژه آب کاهش می‌یابد. نتایج تحقیقات دیگر مبنی براین که افزایش دفعات آبیاری گیاه کنجد سبب افزایش تولید زیست توده در واحد سطح شد، بیان کرد با افزایش آبیاری به دلیل بهبود ویژگی های رشدی و اجزای عملکرد گیاه کنجد، عملکرد زیست توده آن بهبود یافت (Dilip *et al.*, 1991) که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت نشان داد. محققین دیگر، دلیل کاهش عملکرد زیست توده را کاهش شاخص سطح برگ در تیمارهای کمبود شدید آب، کاهش جذب نور در جامعهٔ گیاهی و به دنبال آن کاهش مادهٔ خشک تولیدی عنوان کردند (Aien, 2013; Mehrabi Zadeh and Ehsan Zadeh, 2012). در گزارش دیگر نیز بیان شد که با افزایش محدودیت آبیاری، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، عملکرد بیولوژیک و در نهایت عملکرد دانه در واحد سطح کاهش می یابد (Eskandari *et al.*, 2010).




**شکل ۳- برهمکنش زمان قطع آبیاری و رقم بر ارتفاع محل ظهور اولین کپسول**

**Figure 3. Interaction effects of irrigation withholding time and cultivar on the height of the first capsule emergence**




**شکل ٤- اثراصلی زمان قطع آبیاری بر عملکرد بیولوژیک**

**Figure 4. The main effect of irrigation withholding time on biological yield**

## تعداد کپسول در بوته

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات، از نظر تعداد کپسول در بوته میان زمان‌های قطع آبیاری، ارقام و برهم-کنش زمان قطع آبیاری در رقم اختلاف آماری معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴). بیش‌ترین تعداد کپسول در بوته (۵۸ عدد) در تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک تا رسیدگی کامل در ارقام مهاجر و برکت مشاهده شد. هرچند که این مقدار در رقم برکت با تیمار شاهد اختلاف آماری معنی‌دار نداشت (شکل ۵). کم-ترین تعداد کپسول در بوته (۲۷ عدد) در تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ انتهای گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک در رقم چمران مشاهده شد (شکل ۵).

گزارش‌ها نشان می‌دهد که حساس‌ترین مراحل رشد گیاه به قطع آبیاری، مراحل زایشی است و تعداد کپسول در بوته مهم ترین عامل تأثیرگذار بر عملکرد دانه در کنجد می‌باشد (Fallah Ghalhari *et al*., 2022). نتایج آزمایش حاضر نشان داد که اثر تیمارهای مختلف قطع آبیاری بر تعداد کپسول در بوته معنی‌دار بود. اعمال تیمار قطع آبیاری در اواخر دورهٔ رشد گیاه منجر به اثرگذاری کمتر آن بر تعداد کپسول در بوته گردید، البته صرفاً باروری گل‌ها و تبدیل آن‌ها به کپسول را نمی‌توان تنها عامل مؤثر در افزایش عملکرد دانست و از تأثیر پرشدن دانه غافل شد (Koul *et al*., 2000). آغاز گلدهی حساس‌ترین مرحلهٔ رشد گیاه کنجد به قطع آبیاری محسوب شده و اثر کمبود آب بر عوامل مختلف رشد گیاه کنجد با افزایش شدت اعمال قطع آبیاری تشدید می‌گردد. لذا هر رقم که در شرایط محیطی مشابه سریع‌تر از سایر ارقام به گل رود از اثرات نامطلوب بروز محدودیت آبیاری از طریق قطع آبیاری در مراحل انتهای رشد بر روی تعداد کپسول در بوته آن نسبت به سایر ارقام مصون مانده است (Boureima, 2011). در پژوهشی دیگر نیز محققان، اثر قطع آبیاری بر تعداد کپسول در بوته، زیست توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت کنجد را معنی‌دار گزارش نمودند (Rezvani Moghaddam *et al*., 2005).

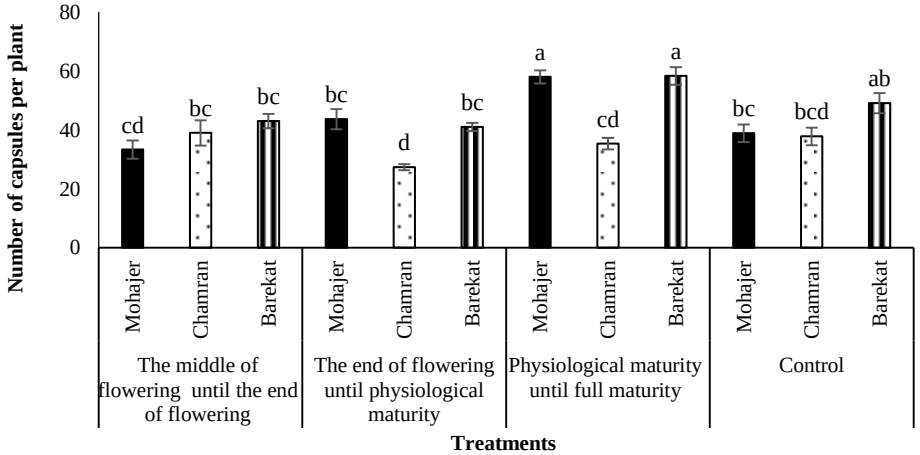
## وزن هزار دانه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات از نظر وزن هزار دانه، میان زمان‌های قطع آبیاری و برهمکنش زمان قطع آبیاری در رقم اختلاف آماری معنی‌دار($P\leq0.01$) مشاهده شد، اما ارقام اختلاف آماری معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۴). بیش‌ترین وزن هزار دانه (۲/۸۴ گرم) به تیمار شاهد در رقم برکت و کمترین میزان نیز به تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ میانهٔ گلدهی تا انتهای گلدهی (۱/۵۳ گرم) در رقم چمران تعلق داشت (شکل ۶).

در گزارشی، اثر حذف آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت معنی‌دار عنوان شد (Aien, 2013). دیگر محققان بیان کردند که اگرچه کنجد به عنوان گیاهی با نیاز آبی پایین شناخته می‌شود، اما با اعمال تنش کم‌آبیاری از مرحلهٔ گلدهی تا پایان فصل رشد، عملکرد، تعداد کپسول در گیاه، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه آن کاهش می‌یابد (Pouresmaiel *et al*., 2013). به نظر می‌رسد کاهش وزن هزار دانه در نتیجهٔ کم‌آبی به دلیل کاهش انتقال آب و املاح و کاهش میزان فتوسنتز و کاهش طول دورهٔ پر شدن دانه باشد. به نظر می‌رسد وزن هزار دانه پایین‌تر از ۲ گرم در برخی تیمارها ناشی از شرایط اقلیمی منطقه و تیمارهای مورد آزمایش بوده است. نتایج تحقیق دیگری، کاهش وزن هزار دانه کنجد در نتیجهٔ اعمال کم‌آبی را نشان داد (Jian *et al*., 2010). این محققین دلیل آن را کاهش تولید و تجمع مواد فتوسنتزی در بذور کنجد با کاهش فتوسنتز درنتیجهٔ اعمال کم‌آبی ذکر کردند. بروز کم‌آبی در دورهٔ زایشی باعث کوتاه شدن طول دورهٔ پر شدن دانه و کاهش انتقال کربوهیدرات به دانه می‌شود که این امر ناشی از کاهش سطح برگ و کاهش فتوسنتز برگ است و در نتیجه منجر به کاهش وزن دانه می‌گردد. پژوهشگران دیگر طی تحقیقات خود دریافتند که در بین ارقام مورد بررسی، هیچ یک عملکرد مطلوبی در شرایط کم آبیاری نداشتند و هم در شرایط آبیاری کامل و هم در شرایط کم آبیاری، درصد روغن با وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. بنابراین تلاش در جهت افزایش وزن دانه می‌تواند منجر به تولید ارقامی با درصد روغن بالا شود (Ghasemipamah *et al*., 2022).

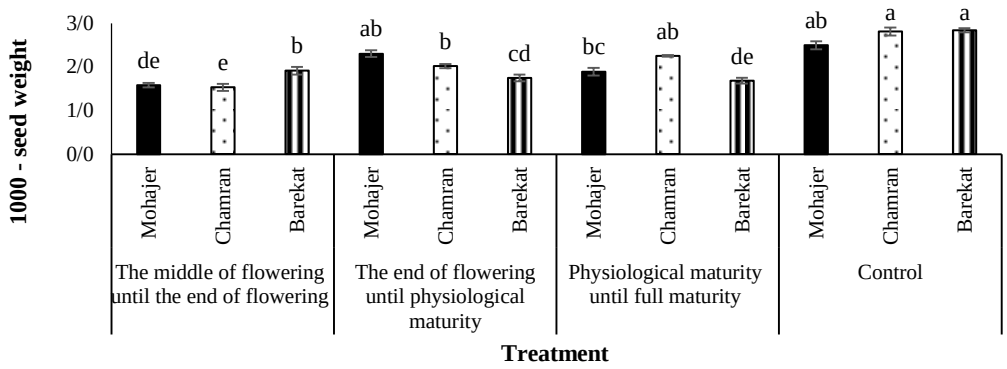
## عملکرد دانه

از نظر عملکرد دانه میان زمان‌های قطع آبیاری در سطح یک درصد و برهم‌کنش زمان قطع آبیاری در رقم در سطح پنج درصد اختلاف آماری معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴). بیش‌ترین میزان عملکرد دانه به شرایط شاهد تعلق داشت. کمترین عملکرد دانه با ۵۱۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ انتهای گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک در رقم برکت مشاهده شد (شکل ۷).



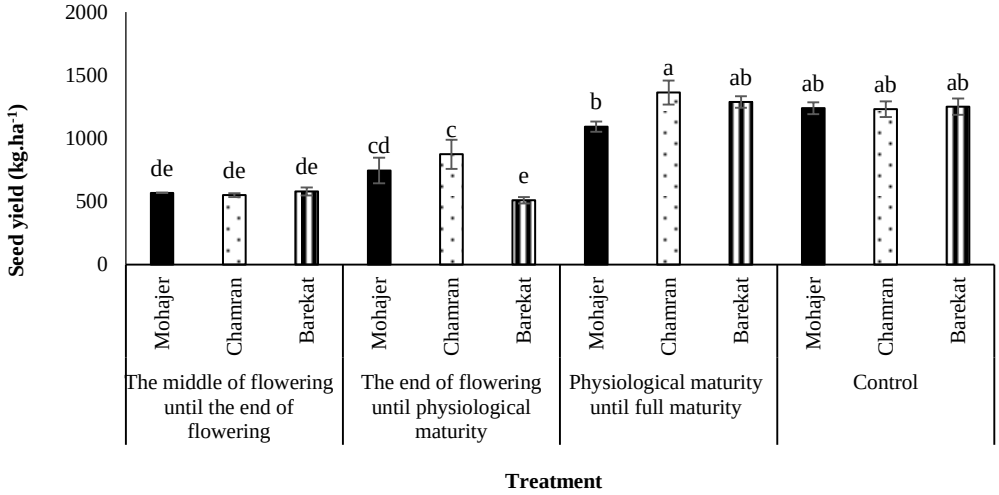

**شکل ۵- برهمکنش زمان قطع آبیاری و رقم بر تعداد کپسول در بوته**

**Figure 5. Interaction effects of irrigation withholding time and cultivar on the number of capsules per plant**




**شکل ٦- برهمکنش زمان قطع آبیاری و رقم بر وزن هزاردانه**

**Figure 6. Interaction effects of irrigation withholding time and cultivar on the 1000 seed weight per plant**




**شکل ۷- برهمکنش زمان قطع آبیاری و رقم بر عملکرد دانه**

**Figure 7. Interaction effects of irrigation withholding time and cultivar on seed yield**

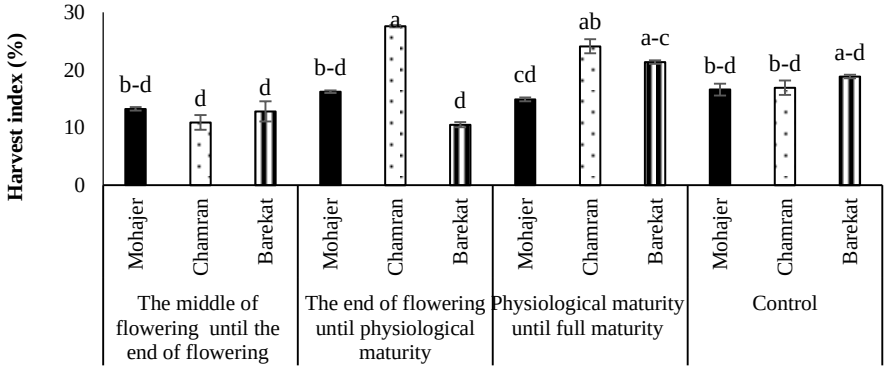
سه رقم مورد بررسی در شرایط قطع آبیاری در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک تا رسیدگی کامل از نظر عملکرد دانه اختلاف آماری معنی‌داری با شرایط شاهد نشان ندادند. احتمالاً این مسأله به دلیل تسریع پر شدن دانه در این تیمار رخ داده است. درحالی‌که اعمال قطع آبیاری در میانهٔ گلدهی تا انتهای گلدهی و انتهای گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک به دلیل محدودیت دسترسی به آب در گیاه و بروز اختلال در فرآیندهای سلولی با کاهش معنی‌دار عملکرد دانه همراه بود. محققان دیگر گزارش کردند که عملکرد دانه کنجد ارتباط مستقیمی با تجمع ماده خشک دارد و روند تغییرات تجمع مادهٔ خشک در ژنوتیپ‌های مختلف کنجد یکسان نیست (Gholamhoseini *et al.*, 2022). عملکرد دانه مهم‌ترین صفتی است که به دنبال کمبود شدید آب کاهش می‌یابد. در شرایط قطع آبیاری در مرحلهٔ میانهٔ گلدهی تا انتهای گلدهی و انتهای گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک گیاه کنجد به علت اختلال در فرآیند فتوسنتز و تولید فرآورده‌های آن و کاهش در صفات فیزیولوژیک و عملکردی دیگر، گیاه با کاهش در تجمع ماده خشک در اندام هوایی و در نهایت کاهش عملکرد دانه مواجه می‌شود. به عبارتی دیگر بروز تنش کم‌آبی در مراحل حساس رشدی گیاه علاوه بر اختلال در جذب عناصر غذایی منجر به کاهش سطح برگ و تولید مواد فتوسنتزی و محدودیت مواد پرورده در بخش‌های مختلف گیاه شده و از سوی دیگر بخش زیادی از انرژی گیاه صرف پیشبرد سازوکارهای تحمل در گیاه و نگه‌داری و حفظ بافت‌ها می‌گردد. این عوامل سبب کاهش تجمع مواد پرورده در دانه و کاهش عملکرد می‌گردد. از سوی دیگر بخشی از کاهش

عملکرد دانه در بوته در شرایط کمبود آب در دسترس گیاه به علت انتقال مجدد اندوخته‌های غذایی به سوی برگ‌ها است (Koocheki *et al.*, 1995). با توجه به نتایج تحقیقات انجام شده، با وقوع کم آبی در مراحل حساس رشدی، عملکرد کنجد کاهش می‌یابد و عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در گیاه کنجد در مقایسه با ویژگی‌های مورفولوژیک نسبت به کمبود آب حساس‌تر هستند (Hussein *et al.*, 2015).

## شاخص برداشت

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات، اختلاف آماری معنی‌داری ($P \leq 0.05$) بین زمان‌های مختلف قطع آبیاری و برهم‌کنش زمان قطع آبیاری با رقم در شاخص برداشت مشاهده شد، اما بین ارقام اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). بیش‌ترین شاخص برداشت (۲۸ و ۲۴ درصد) به ترتیب در تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ انتهای گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک و قطع آبیاری در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک تا رسیدگی کامل در رقم چمران و کم‌ترین شاخص برداشت (۱۰ درصد) در تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ انتهای گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک در رقم برکت مشاهده شد (شکل ۸).

اختلاف مشاهده شده در شاخص برداشت می‌تواند ناشی از تفاوت ژنتیکی بین ارقام در پاسخ به تنش رطوبتی از نظر ظرفیت اختصاص تولیدات فتوسنتزی به بخش زایشی و دانه باشد. شاخص برداشت معیاری از کارآیی انتقال مواد فتوسنتزی تولید شده در گیاه به دانه می‌باشد. تغییرات شاخص برداشت در سطوح مختلف آبیاری بستگی به وقوع و عدم وقوع کم آبی بر مراحل مختلف فنولوژیک گیاه دارد. در تیمارهای قطع آبیاری در میانهٔ گلدهی تا انتهای گلدهی و انتهای گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک، قطع آبیاری که مراحل حساسی از نظر رشد رویشی، دانه‌بندی و پرشدن دانه می باشند سبب شد که دورهٔ رشد رویشی و زایشی گیاه کوتاه شده و شاخص برداشت کاهش یابد. شاخص برداشت در شرایط شاهد و قطع آبیاری در میانهٔ گلدهی تا انتهای گلدهی و انتهای گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک دارای همبستگی مثبت معنی‌داری (به ترتیب $r=۰/۵۸۱^{*}$ ،$r=۰/۸۶۵^{*}$ و $r=۰/۹۲۱^{**}$) با عملکرد دانه بود. افزایش مقدار ضریب همبستگی مشاهده شده از تیمار شاهد تا تیمار قطع آب در مرحلهٔ انتهای گلدهی تا رسیدگی‌فیزیولوژیک بیانگر نقش مهم اختصاص مواد پرورده به دانه در شرایط تنش رطوبتی انتهای رشد در ارقام کنجد می‌باشد.




**شکل ۸- برهمکنش زمان قطع آبیاری و رقم بر شاخص برداشت**

**Figure 8. Interaction effects of irrigation withholding time and cultivar on harvest index**

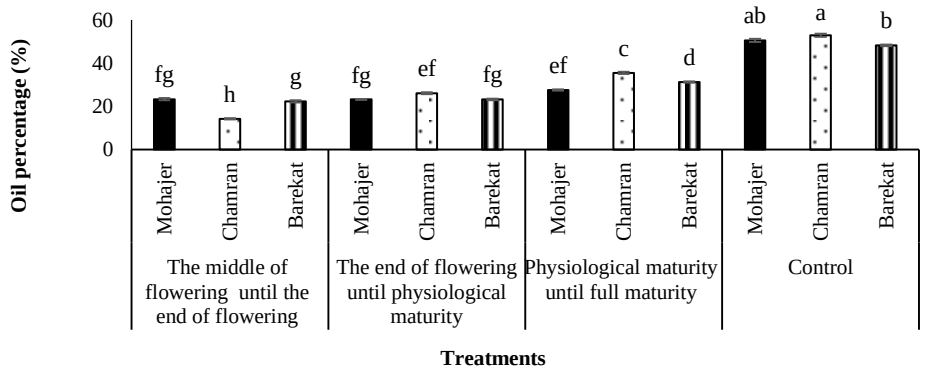
نتایج آزمایش حاضر با یافته های دیگر محققان مبنی بر کاهش شاخص برداشت با اعمال تنش خشکی در کنجد مطابقت داشت (Ayobizadeh *et al.*, 2018). این محققین دلیل این کاهش را تأثیر بیش‌تر کمبود رطوبت بر فرآیندهای زایشی در مقایسه با رشد رویشی ذکر کردند. این در حالی است که محققین دیگر بیان داشتند که زمان‌های مختلف وقوع تنش رطوبتی در

گیاه دانه روغنی سویا تأثیری در شاخص برداشت نداشت (Spaeth *et al*., 1984). آن‌ها بر این عقیده‌اند که فرآیندهای رویشی و زایشی گیاه به یک اندازه تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار می‌گیرند و به همین دلیل، شاخص برداشت در وضعیت‌های مختلف رطوبتی از ثبات زیادی برخوردار است و تغییرات مادهٔ خشک کل گیاه و عملکرد دانه در مقایسه با شاخص برداشت در پاسخ به تنش آب بیش‌تر است.

## درصد روغن

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات از نظر درصد روغن دانه میان زمان‌های قطع آبیاری و برهم‌کنش زمان قطع آبیاری در رقم اختلاف آماری معنی‌دار ($P\leq0.01$)مشاهده شد، اما ارقام اختلاف آماری معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۴). بیش‌ترین درصد روغن (۵۳ درصد) به تیمار شاهد رقم چمران و کمترین میزان نیز به تیمار قطع آبیاری در مرحلهٔ میانهٔ گلدهی تا انتهای گلدهی (۱۴ درصد) در رقم چمران تعلق داشت (شکل ۹).

درصد روغن در شرایط قطع آبیاری در مقایسه با شاهد کاهش نشان داد. به نظر می‌رسد هزینه‌های متحمل شده توسط گیاه در مواجهه با شرایط نامساعد محیطی، مانند تنظیم اسمزی و افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به ریشه از یک طرف و کاهش فتوسنتز از سوی دیگر، موجب کاهش انرژی لازم برای بیوسنتز اسیدهای چرب می‌شود که نیازمند انرژی بیشتری است و در نتیجه درصد روغن کاهش می‌یابد. البته برخی تحقیقات نشان داده‌اند که این صفت، وراثت پذیری بالایی داشته و تأثیرپذیری کم‌تری نسبت به شرایط محیطی دارد (Deshiri *et al*., 2001). درحالی‌که برخی دیگر بیان کردند که آبیاری به موقع و کافی می‌تواند موجب افزایش مقدار روغن شود، ولی کاهش آب قابل دسترس موجب کاهش آن می‌شود و به طورکلی عوامل محیطی اثرات معکوس بر مقدار روغن دانه دارند (Vafabakhsh *et al*., 2009). نتایج آزمایش حاضر با نتایج سایر پژوهشگران مطابقت نشان داد (Enjalbert *et al*., 2013).




**شکل ۹- برهمکنش زمان قطع آبیاری و رقم بر درصد روغن**
**Figure 9. Interaction effects of irrigation withholding time and cultivar on oil percentage**

## نتیجه‌گیری

در این تحقیق، اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمار قطع آبیاری در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک تا رسیدگی کامل و شاهد از نظر عملکرد دانه مشاهده نگردید. این موضوع نشان می‌دهد که جذب ریشه‌ای گیاه کنجد در مراحل پس از رسیدگی فیزیولوژیک بسیار محدود بوده و انجام آبیاری در این مراحل منجر به افزایش عملکرد دانه در این گیاه نمی گردد. افزایش همبستگی شاخص برداشت با عملکرد دانه از تیمار شاهد تا تیمار قطع آبیاری در مراحل انتهایی رشد، نشان داد که دانهٔ کنجد از مرحلهٔ پس از رسیدگی

فیزیولوژیک تقریباً به رشد نهایی خود رسیده و استفاده از ذخایر مواد پرورده در بافت‌های رویشی نیاز گیاه را تا مرحلهٔ رسیدگی کامل فراهم می‌نماید. لذا آبیاری از مرحلهٔ پس از رسیدگی فیزیولوژیک در کنجد منجر به افزایش عملکرد نشده و جهت افزایش بهره‌وری منابع آب، قطع آبیاری از این مرحله توصیه می‌شود. از بین ارقام کنجد ناشکوفا، رقم چمران برتری خود را نسبت به سایر ارقام جهت کشت در مناطق جنوبی استان خوزستان نشان داد. در نهایت به‌نظر می‌رسد با توجه به لزوم صرفه‌جویی در مصرف آب و تهدیدات جدی پیش روی در رابطه با کمبود آب در فصل پرتنش تابستان، امکان قطع آبیاری در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک تا رسیدگی کامل دانه بدون بروز اثرات منفی کم‌آبی بر عملکرد دانه، به‌ویژه در رقم چمران وجود دارد.

## سپاس‌گزاری

نویسندگان لازم می‌دانند علاوه بر تشکر از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه به سبب تأمین هزینه‌های این تحقیق، از جناب آقای یوسف سالمی و جناب آقای یعقوب سالمی، کشاورزان محترم شهرستان شادگان جهت کمک و همراهی در راستای اجرای طرح، تشکر و سپاس‌گزاری ویژه نمایند.

**References**

Aien, A. (2013). Effect of eliminating of irrigation at different growth stages on seed yield and some agronomic traits of two sesame genotypes. *Seed and Plant Production Journal*, 29-2(1), 67-79. https://doi.org/10.22092/sppj.2017.110500 [In Persian].

Alizadeh, M., & Yadavi, A. (2016). The effect of priming and irrigation water quality on seed and oil yield and yield components of two sesames (*Sesamum indicum* L.). *Plant Productions*, 39(2), 115-125. https://doi.org/10.22055/ppd.2016.12051 [In Persian].

Attibayeba, A., Elie, N.M., Jean Serina, N.K., Dianga, J.G.C., & Francois, M.Y. (2010). Description of Different Growth Stages of *Sesamum indicum* L. Using the Extended BBCH Scale. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9, 235-239. https://doi.org/10.3923/pjn.2010.235.239

Ayobizadeh, N., Laei, G., Amini Dehaghi, M., Masood Sinaki, J., & Bidokhti, S.R. (2018). Seed yield and fatty acids composition of sesame genotypes as affected by foliar application of iron nano-chelate and fulvic acid under drought stress. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(6), 7585-7604.

Boureima, A. (2011). Sensitivity of seed germination and seedling radicle growth to drought stress in Sesame (*Seasamum Indicum* L.). *Research Journal of Environmental Science*, 5 (6), 556-564.

Danaie, A.K., & Rafi, M.R. (2017). Effect of drought stress on agronomic traits of sesame genotypes in behbahan region. *Seed and Plant Production Journal*, 33(1), 113-138. https://doi.org/10.22092/sppj.2017.113761 [In Persian].

Darghahi, Y., Asghari, A., Rasoulzadeh, A., Aghaeifard, K., & Ahmadian, M. (2014). Effect of water deficit stress on yield, water use efficiency and harvest index of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties. *Applied Crop Breeding*, 2(2), 171-183. [In Persian].

Deshiri, A., Ahmadi, M.R., & Tahmasabi Sarostani, Z.A. (2001). Response of rapeseed cultivars to water stress. *Agricultural Sciences of Iran*, 32(3), 649-659. https://sid.ir/paper/436788/fa [In Persian].

Dilip, K., Ajumdar, M & Roy, S. (1991). Response of summer sesame (*Sesamum indicum*) to irrigation, row spacing and plant population. *Indian Journal of Agronomy*, 37, 758-762.

Enjalbert, J.N., Zheng, S., Johnson, J.J., Mullen, J.L., Byrne, P.F., & McKay, J.K. (2013). Brassicaceae germplasm diversity for agronomic and seed quality traits under drought stress. *Industrial Crops and Products*, 47, 176-185.

Eskandari, H., Zehtab Salmasi, S., & Ghasemi-Golezani, K. (2010). Evaluation of water use efficiency and grain yield of sesame cultivars as a second crop under different irrigation regimes. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 20(1), 39-51. https://doi.org/20.1001.1.24764310.1389.20.1.4.55 [In Persian].

Fallah Ghalhari, G., Rahchamani, M., & Bayranvand, F. (2022). Estimating of sesame crop water requirement in Sabzevar climate. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, *6*(21), 1-14. [In Persian].

Farahbakhsh, S., & Farahbakhsh, H. (2014). Effect of drought stress onyield and yield components of sesame cultivars under Kerman conditions (*Sesamum indicum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(4), 776-783. https://doi.org/10.22067/gsc.v12i4.24390

Gardner, F.P., Pearce, R.B & Mitchell, R.L. (1985). Physiology of crop plants. Ames, Iowa State University Press. 478 pp.

Ghasemipamah, M., Aminian, R., Gholamhoseini, M., &Habibzadeh, F. (2020). Sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars response to full and low irrigation regimes. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 51(3), 151-163. https://doi.org/10.22059/ijfcs.2019.250447.654439 [In Persian].

Gholamhoseini, M., Danaei, A., & Falah Tosi, A. (2022). Determining the most suitable planting arrangement, planting density and sesame genotype in Behbahan region. *Plant Production*, 45(4), 575-587. https://doi.org/10.22055/ppd.2022.40492.2023 [In Persian].

Gholamhoseini, M., Ghodrati, G.R., Alhani, A., Mansouri, S., & Shariati, F. (2023). Evalution 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. https://doi.org/10.22055/ppd.2023.43685.2100 [In Persian].

Gunstone, F. (2011). Vegetable oils in food technology: Composition, properties and uses. *John Wiley and Sons*.

Haghanian, S., Yadavi, A.R., Blouchi, H.R., Moradi, A., & Behzadi, Y. (2019). The Effect of Nitrogen on Yield and Yield Components of Different Sesame (*Sesamum Indicum* L.) Varieties under Weed Competition. *Plant Production*, 42(2), 195-210. https://doi.org/10.22055/ppd.2019.22805.1497 [In Persian].

Heidari, M., Galavi M., & Hassani. M. (2011). Effect of sulfur and iron fertilizers on yield, yield components and nutrient uptake in sesame (*Sesamum indicum* L.) under water stress. *African Journal of Biotechnology*, 10(44), 8816- 8822.

Hussein, Y., Amin, G., Azab, A., & Gahin, A. (2015). Induction of drought stress resistance in sesame (*Sesamum indicum* L.) plant by salicylic acid and kinetin. *Journal of Plant Sciences*, 10, 128-141.

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. ed. Gupta, S. K. Cambridge: Academic Press.

Jian, S., Yue-Liang, R., Mei-Wang, L., Ting-Xian, Y., Xiao-Wen, Y., & Hong-Ying, Z. (2010). Effect of drought stress on Sesame growth and yield characteristics and comprehensive evaluation of drought tolerance. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 4, 525- 533.

Jorgensna, S., Ntundub, W., Ouedraogoc, M., Christiansena, J. & Liua, F. (2011). Effect of a short and severe intermittent drought on transpiration, seed yield, yield components, and harvest index in four of plant production. *Science and Biotechnology*, 5, 25-36.

Karandish, F., Shah Nazari, A., Mirlatifi, M., Aghajani, Q., & Abbasi, F. (2019). Comparison of moisture distribution in incomplete root irrigation and complete irrigation in the corn root area. The third national conference of management of irrigation and drainage networks. Shahid Chamran University of Ahvaz. [In Persian].

Kaufman, H.P. (1958). Analyse der fette and fettprodukte. Springer Verlag, Berlin.

Kochaki, A., Rashid Mozald, M.H., Nasiri, M., & Sadrabadi, R. (1995). Physiological basis of growth and development of agricultural plants. *Astan Quds Razavi Publications*. [In Persian].

Koocheki, A., Mokhtari, V., Khorramdel, S., & Taherabadi, S. (2015). Effects of irrigation levels on growth characteristics and yield of four ecotypes of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(2), 239-247. https://doi.org/10.22067/gsc.v13i2.49670 [In Persian].

Koul, B., Marc j. j., Janssen, S., & Abdolwahab, A. (2000). Breeding for drought tolerance in sesame (*Sesamum indicum* L.). University of Bonn, institute of horticulture, Germany, university of Khartoum, Sudan. *Crop Science*, 12(1), 123-135.

Koutroubas, S.D., Papakosta, D.K., & Doitsinis. A. (2000). Water requirments for castor oil crop (*Ricinnus communis* L.) in a Mediterranean climate. *Journal Agronmy and Crop Science*, 14, 33-41.

Liu, F., Anderson, M.N., & Jensen, C.R. (2003). Loss of pod set caused by drought stress is associated with water status and ABA content of reproductive structures in soybean. *Function of Plant Biology*, 30, 271-280.

Mansouri, S., & Soltani Najafabadi, M. (2013). Investigating systemic changes in sesame plant architecture under water limitation conditions. 13 Iranian Crop Sciences Congress & 3rd Iranian Seed Science and Technology Conference, Karaj. https://civilica.com/doc/312592 [In Persian].

Mazrae, F., Ayneband, A., Fateh, E., & Gorooei, A. (2019). The influence of PGPRs and planning methods on yield quantity and quality of sesame in Ahvaz. *Plant Productions*, 42(2), 239-252. https://doi.org/10.22055/ppd.2019.24474.1551 [In Persian].

Mehrabi Zadeh, Z., & Ehsan Zadeh, P. (2012). A study on physiological attributes and grain yield of sesame cultivars under different soil moisture regimes. *Journal of Crops Improvement*, 13(2), 75-88. [In Persian]

Nasiri Forg, M. (2021). Examining water scarcity challenges and optimal solutions for agricultural water management. The second national conference on deficit irrigation and the use of non-conventional water for agriculture in dry regions. https://civilica.com/doc/1514243 [In Persian].

Noorani, M.H., Asakereh, A., & Siahpoosh, M.R. (2023). Evaluation of mechanized and traditional harvesting methods of sesame in the north of Khuzestan province. *Agricultural Mechanization*, 8(1), 33-42. https://doi.org/10.22034/jam.2023.54685.1213

Paknejad, F., Majidi Heravan, E., Nourmohammadi, G. Seadat, A., & Vazan, S. (2007). Evaluation of drought stress on effective traits at accumulative assimilate of grain in different cultivars of wheat. *Journal of Agricultural Sciences*, 13(1), 137-149. https://sid.ir/paper/7701/en [In Persian].

Pouresmaiel, H.A., Saberi, M.H., & Fanaei, H.R. (2013). Evaluation of terminal drought stress tolerance of *Sesamum Indicum* L. genotypes under the Sistan region conditions. *International Journal of Science and Engineering Investigations*, 2(16), 58-61.

Rezvani Moghaddam, P., Norouz pour, G., Nabati, J., & Mohammadabadi, A. (2005). Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, grain and oil yields of sesame (*Sesamum indicum*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 3(1), 57-68. https://doi.org/10.22067/gsc.v3i1.1292 [In Persian].

Sarhadhi, J., & Sharif, M. (2018). The role of low irrigation on the growth and yield of sesame in drought conditions. The 16th Congress of Soil Sciences of Iran. University of Zanjan. September 5-7, 2018. [In Persian].

Shirani Rad, A.H., Naeemi, M., & Nasr Esfahani, S. (2010). Evaluation of terminal drought stress tolerance in spring and winter rapeseed genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 12(2), 112-126. https://doi.org/10.22126/atic.2022.7913.1059 [In Persian].

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. [In Persian].

Silva, M.A., Jifon, J.L., Da Silva, J.A., & Sharma, V. (2007). Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19, 193-201.

Spaeth, S.C., Randall, H.C., Sinclair, T.R., & Vendeland, J.S. (1984). Stability of soybean harvest index. *Agronomy*, 76, 482-486.

Vafabakhsh, J., Nasiri Mahalati, M., Kouchaki, A.R., & Azizi, M. (2009). Effects of water deficit on water use efficiency and yield of canola cultivars (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7(1), 297-304. https://sid.ir/paper/118897/en [In Persian].

Zafar, S., Li, Y., Li, N., Zhu, K., & Tan, X. (2019). Recent advances in enhancement of oil content in oilseed crops. *Journal of Biotechnology*, 301, 35-45.