نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

# Evaluation of seed yield and water productivity of sesame promising line under different irrigation treatments in Borazjan region, Bushehr province

**DOI:** 10.22055/ppd.2024.47304.2185

**Majid Gholamhoseini[1*], Davod Kiani[2], Mehrdad Norouzi[3] , Farnaz shariati[1] and Gholam Reza Ghodrati [4]**

1- Assistant professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2- Assistant professor, Crops and Horticultural Science Research Department, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Borazjan, Iran
3- Assistant professor, Soil and Water Science Research Department, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Borazjan, Iran
4- Crops and Horticultural Science Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran

## Abstract

### Introduction

Sesame (*Sesamum indicum* L.) is an oilseed crop grown for its edible oil in dry and semi-arid conditions worldwide. Because of its minimal input requirements, it is a great crop to cultivate in rotation with other crops. In the context of irrigation planning and determining the optimal time to cut-off irrigation at the end of sesame cultivation in the Bushehr region, a major sesame production hub, there has been no research conducted on the available cultivars or newly introduced lines. This study hypothesises that by reducing water availability during non-critical stages of drought tolerance, it may be possible to enhance irrigation water productivity in existing sesame cultivars and lines while maintaining seed and oil yields. To test this hypothesis, the present research was designed and implemented.

### Materials and Methods

The current experiment was carried out in 2022 and 2023 growing seasons at the Agricultural and Natural Resources Research Center fields in Borazjan, Bushehr, Iran. The region is characterized as hot and arid, and the average yearly precipitation (over a 30-yr period), which occurs mostly during the autumn and winter months, is 250 mm for the site. This study investigated the effect of different irrigation regimes—full irrigation (80 mm evaporation) and low irrigation (160 mm evaporation)—and the timing of irrigation cut-off on yield and yield components, seed oil content, oil yield and irrigation water productivity in two sesame genotypes: Dashtestan 2 cultivar and promising line number 7. The cut-off timings were as follows: beginning of flowering, beginning of capsule formation, and mid-capsule formation. A split-split-plot design was used, with irrigation regime as the main plot, irrigation cut-off timing as the sub-plot, and genotype as the sub-sub-plot, arranged within a randomised complete block design with three replications.

**Results and Discussion**

As anticipated, the reduction in water availability under the low irrigation regime led to a significant decrease in seed yield components across both genotypes. Results indicated that for the two primary traits determining sesame seed yield—the number of capsules per plant and the number of seeds per capsule—line number 7 outperformed Dashtestan 2 under full irrigation and was less affected by reduced irrigation or earlier irrigation termination. Conversely, Dashtestan 2 had a superior thousand-seed weight. Overall, line number 7 showed a higher average yield than Dashtestan 2 across irrigation treatments, and did not require irrigation beyond the early capsule-formation stage to reach maximum seed yield, leading to water saving of at least 600 cubic metres per hectare without significant yield reduction. While the maximum irrigation water productivity was similar for both genotypes, Dashtestan 2's efficiency gains were due to lower water use rather than increased yield, whereas line number 7 achieved both water savings and satisfactory yield (733 kg per hectare) with early irrigation cut-off during capsule setting. Although Dashtestan 2 exhibited up to 1.5% higher seed oil content, line number 7 yielded up to 24% more oil yield than Dashtestan 2.

**Conclusion**

In conclusion, replacing older sesame cultivars with new lines alongside optimal irrigation management can increase water productivity, reduce water consumption, and prevent yield losses.

**Key words**: Irrigation management, Irrigation regime, Oil yield, Seed oil percentage, Time of irrigation cut-off

# ارزیابی عملکرد دانه و بهره‌وری آب لاین امیدبخش کنجد در تیمارهای مختلف آبیاری در منطقه برازجان، استان بوشهر

**مجید غلامحسینی*[۱]، داود کیانی[۲]، مهرداد نوروزی[۳]، فرناز شریعتی[۱] و غلامرضا قدرتی[٤]**

**۱-استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران**

**۲- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، برازجان، ایران.**

**۳- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، برازجان، ایران.**

**٤- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران.**

## چکیده

با توجه به کاهش منابع آبی انجام تحقیقات هدفمند در ارتباط با برنامه‌ریزی آبیاری در زراعت کنجد در منطقه بوشهر به عنوان یکی از قطب‌های تولید کنجد در کشور ضروری به نظر می‌رسد. بدین منظور آزمایشی به صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در مزرعه پژوهشی مرکز

تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، ایستگاه برازجان اجرا شد. در این آزمایش اثر رژیم آبیاری، شامل آبیاری پس از تبخیر ۸۰ (آبیاری کامل) و ۱۶۰ (کم آبیاری) میلی‌متر از تشتک تبخیر کلاس A و زمان قطع آخرین آبیاری، شامل قطع آبیاری در ابتدای گلدهی، قطع آبیاری در ابتدای کپسول‌دهی و قطع آبیاری در اواسط کپسول‌دهی بر عملکرد و اجزای عملکرد، درصد و عملکرد روغن و کارایی مصرف آب دو ژنوتیپ کنجد شامل رقم دشتستان ۲ و لاین در دست معرفی کنجد (لاین شماره ۷) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در دو صفت مهم تعیین‌کننده عملکرد دانه در کنجد شامل تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول، لاین شماره ۷ نه تنها در تیمار آبیاری کامل برتر از رقم دشتستان ۲ بود بلکه رژیم کم آبیاری، صفات مذکور را در این لاین در مقایسه با رقم دشتستان ۲ کمتر متاثر ساخت. در مقابل از نظر صفت وزن هزار دانه برتری از آن رقم دشتستان ۲ بود. نتایج حاکی از آن بود که علاوه بر اینکه متوسط عملکرد لاین شماره ۷ در مقایسه با رقم دشتستان ۲ حدود ۲۵ درصد بیشتر بود، این لاین بر خلاف رقم دشتستان ۲ برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه نیازی به ادامه دادن آبیاری پس از مرحله ابتدای کپسول‌دهی نداشت. نتایج نشان داد که حداکثر بهره-وری آب آبیاری در رقم دشتستان ۲ ، ۰/۳۴ کیلوگرم دانه بر مترمکعب، از تیمار قطع آبیاری در ابتدای گلدهی بدست آمد. در لاین شماره ۷، بیشترین این صفت از تیمار قطع آبیاری در اوایل کپسول‌دهی به مقدار ۰/۳۶ کیلوگرم دانه به ازای هر مترمکعب آب مصرفی حاصل شد. در لاین شماره ۷، افزایش بهره‌وری آب آبیاری نه تنها به دلیل صرفه‌جویی در مصرف آب بلکه به دلیل عملکرد بالاتر بدست آمده (۷۳۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار قطع آبیاری در اوایل کپسول‌دهی حاصل شد. همچنین نتایج نشان داد گرچه که رقم دشتستان ۲، حدود ۱/۵ درصد محتوی روغن دانه بیشتری در مقایسه با لاین شماره ۷ داشت، در مقابل عملکرد روغن لاین شماره ۷ تا ۲۴ درصد بیشتر از عملکرد روغن رقم دشتستان ۲ بود. در مجموع چنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که از طریق جایگزینی ارقام قدیمی با لاین‌های جدید در دست معرفی کنجد و مدیریت بهینه آبیاری می‌توان با صرفه‌جویی در مصرف آب علاوه بر جلوگیری از کاهش عملکرد موجب افزایش بهره‌وری آب آبیاری در زراعت کنجد شد.

**کلید واژه‌ها:** درصد روغن دانه، رژیم آبیاری، زمان قطع آبیاری، عملکرد روغن، مدیریت آب

نسخه پیش از انتشار

## مقدمه

کنجد (*Sesamum indicum* L.) از قدیمی‌ترین دانه‌های روغنی است که در سراسر جهان به دلیل کاربردهای متنوع غذایی از جمله روغن خوراکی با کیفیت آن کشت می‌شود (Bedigian, 2015). این گیاه سازگاری مناسبی به شرایط اقلیمی کشور به‌ویژه جنوب کشور دارد و مهم‌تر آنکه نیاز آبی آن در مقایسه با سایر محصولات تابستانه پایین‌تر است (Gholamhoseini, 2020). منطبق با به‌روزترین آمار جهانی در سال ۲۰۲۲، سطح کشت کنجد در دنیا بالغ بر ۱۲/۸ میلیون هکتار با متوسط عملکرد ۵۲۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Faostat, 2024). در سال ۱۴۰۲، سطح کشت کنجد در ایران ۵۲/۶ هزار هکتار با تولیدی نزدیک به ۵۲/۳ هزار تن برآورد شده است. استان بوشهر با سطح کشت شش هزار هکتار یکی از مهم‌ترین مناطق تولید کنجد در کشور محسوب می‌شود (Anonymous, 2023).

اگرچه کنجد قادر به تحمل دوره‌های خشکی می‌باشد و از آن به عنوان گیاه متحمل به خشکی یاد می‌شود، تولید کنجد در شرایطی که میزان فراهمی آب کافی نباشد به‌شدت کاهش می‌یابد (Gholamhoseini, 2022 a). به‌ویژه کنجد در مرحله گیاهچه‌ایی به دلیل محدودیت گسترش ریشه و همچنین در مراحل زایشی، به دلیل افزایش شاخص سطح برگ و تشکیل اندام‌های ظریف مریستمی، به کم‌آبی حساس است (Ghasemi Hamedani *et al.*, 2022). هرچند نیاز آبی کنجد در در مقایسه با سایر محصولات دانه روغنی بهاره کمتر است (۴۵۰۰ تا ۵۵۰۰ مترمکعب در هکتار) درمقابل کارایی مصرف آب آن نیز (۰/۲ کیلوگرم بر مترمکعب) در مقایسه با سایر محصولات زراعی پایین‌تر است (Gholamhoseini *et al*, 2022 b; Sadeghi Garmaroodi *et al.*, 2023). بنابراین ضرورت دارد درخصوص نحوه مصرف بهینه آب در زراعت کنجد با در نظر داشتن محدودیت در منابع آبی به‌ویژه در فصل تابستان و امکان جایگزینی ارقام قدیمی با ارقام جدید، بررسی‌های کاربردی انجام شود. در همین زمینه گزارش شده است که کمبود آب در مرحله رشد رویشی می‌تواند عملکرد کنجد را به دلیل کاهش ارتفاع بوته و کاهش تعداد کپسول در بوته حتی تا نصف تقلیل دهد (Shokoohfar and Yaghoubi, 2013). در مقابل نتایج مطالعه Aien (2013) نشان داد که اگرچه در سطوح متوسط تنش، اجزای رویشی کنجد کاهش می‌یابند ولی عملکرد دانه تنها در شرایط خشکی شدید کاهش یافت. Jafari *et al*. (2019) بر اساس پژوهش‌هایی که در ارتباط با برنامه‌ریزی آبیاری کنجد در دو منطقه جیرفت و داراب انجام دادند نتیجه گرفتند که اعمال پنج مرتبه آبیاری در مراحل کاشت، ۲۵ روز پس از کاشت (سه تا چهار برگی)، ۳۵ روز پس از کاشت (۵۰ درصد گلدهی)، ۵۵ روز پس از کاشت (تشکیل کپسول) و ۶۵ روز پس از کاشت (پرشدن دانه‌ها) در افزایش عملکرد دانه نقش معنی‌دار و موثری دارد. در مقابل Salamati and Danaie (2016) هفت مرتبه آبیاری را برای حصول عملکرد دانه قابل قبول کافی دانستند. نتایج این گزارش‌ها حاکی از آن است که بسته به شرایط اقلیمی و ژنوتیپ کشت شده مقدار آب مصرفی و برنامه‌ریزی آبیاری در زراعت کنجد متفاوت است. بنابراین این فرضیه قابل طرح است که می‌توان در خصوص ارقام و لاین‌های در دست معرفی کنجد از طریق کاهش دسترسی گیاه به آب در مراحل غیر حساس گیاه به کم آبی با حداقل افت عملکرد دانه و روغن، به بهره‌وری آب بیشتری دست یافت. با این حال در ارتباط با تیمارهای آبیاری و زمان مناسب قطع آبیاری در انتهای زراعت کنجد در منطقه بوشهر به عنوان یکی از قطب‌های تولید کنجد در کشور با توجه به ارقام موجود و لاین‌های در دست معرفی، پژوهشی صورت نگرفته است. بنابراین آزمایش حاضر برنامه‌ریزی و اجرا گردید.

## مواد و روش‌ها

آزمایش در دو سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، ایستگاه برازجان با مختصات جغرافیائی ۲۱ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۱۰ متر از سطح دریا اجرا شد. ویژگی‌های خاک و شرایط اقلیمی منطقه اجرای آزمایش به‌ترتیب در جدول ۱ و شکل ۱ ارائه شده است. در این آزمایش اثر رژیم آبیاری (A)، شامل آبیاری پس از تبخیر ۸۰ (آبیاری کامل، A1) و ۱۶۰ (کم آبیاری، A2) میلی‌متر از تشتک تبخیر کلاس A (Aein, 2013) و زمان قطع آبیاری (B)، شامل قطع آبیاری در ابتدای گلدهی (B1، کد رشدی ۶۳ بر اساس مقیاس BBCH معرفی شده توسط Attibayeba *et al.* (2010))، قطع آبیاری در ابتدای کپسول‌دهی (B2، کد رشدی ۷۳) و قطع آبیاری در اواسط کپسول‌دهی (B3، کد رشدی ۷۷) بر عملکرد و اجزای عملکرد، درصد و عملکرد روغن و بهره‌وری آب آبیاری دو ژنوتیپ کنجد شامل رقم دشتستان ۲ و لاین در دست معرفی کنجد (لاین شماره ۷) مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲). آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خردشده (رژیم آبیاری عامل اصلی، زمان قطع آبیاری عامل فرعی و ژنوتیپ عامل فرعی فرعی) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

پس از اجرای عملیات آماده‌سازی زمین، بذور ضد عفونی شده کنجد با قارچ‌کش کاپتان (با غلظت دو در هزار) در دهه اول تیر ماه در سال اول و دوم آزمایش به‌صورت دستی در کرت‌های آزمایشی کشت شدند. هر کرت شامل شش ردیف کاشت به طول سه متر بود. تراکم کاشت ۲۸ بوته در مترمربع (فاصله ۴۵ سانتی‌متری بین ردیف‌های کاشت و هشت سانتی‌متری بین بوته‌ها) در واحدهای آزمایشی اعمال گردید. آبیاری واحدهای آزمایشی به روش قطره‌ای و با استفاده از نوار تیپ انجام شد. فاصله‌ائی به اندازه چهار متر بین تکرارها، شش متر بین کرت‌های اصلی و چهار متر بین کرت‌های فرعی، به منظور جلوگیری از تداخل تیمارهای آبیاری لحاظ گردید. برای ثبت و اندازه‌گیری مقدار آب مصرفی از کنتور حجمی استفاده شد. در تمام نوبت‌های آبیاری در تیمارهای مختلف و برای دو ژنوتیپ، مقدار آب مصرفی اندازه‌گیری شد. جدول ۳ مجموع مقدار آب مصرفی تیمارهای مختلف را به‌صورت میانگین دو سال آزمایش نشان می‌دهد. کنترل علف‌های هرز با استفاده از علفکش پیش کاشت ترفلان (تری فلورالین به مقدار دو لیتر در هکتار) و عملیات وجین در طول فصل رشد انجام شد. همچنین ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره در سه مرحله، یک سوم در زمان آماده‌سازی زمین، یک سوم در مرحله چهار تا پنج برگی و مابقی به صورت جایگذاری کنار ردیف‌های کاشت، در ابتدای گلدهی به کار برده شد. علاوه بر این ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به‌ترتیب از منبع کود سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم قبل از کاشت استفاده شد.

برداشت به صورت دستی و با کف‌بر کردن بوته‌ها در زمان ظهور اولین علایم برداشت یعنی زرد شدن برگ‌های پایینی و باز شدن نوک کپسول‌های پایینی در هر یک از تیمارها و قبل از باز شدن کامل کپسول‌ها و ریزش دانه در اواخر مهرماه انجام گرفت. مساحت برداشت شدهٔ هر کرت از چهار ردیف میانی با لحاظ کردن اثر حاشیه، بالغ بر سه مترمربع بود. عملکرد دانه بر اساس رطوبت شش درصدی دانه محاسبه گردید. جهت تعیین اجزاء عملکرد از کل بوته‌های برداشت شده از هر کرت، ده بوته به صورت تصادفی انتخاب شد و سپس ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و تعداد کپسول در بوته اندازه‌گیری شد. برای ثبت تعداد دانه در کپسول از بوته‌های برداشت شده از هر واحد آزمایشی ۲۵ کپسول به‌طور تصادفی انتخاب و پس از بوجاری و شمارش تعداد

نسخه پیش از انتشار

بذور موجود در آنها، متوسط تعداد دانه در کپسول مشخص شد. برای تعیین وزن هزار دانه نیز دو نمونه ۱۰۰۰ تایی از بذور هر یک از تیمارها شمارش و توزین گردید و بر اساس آن وزن هزار دانه محاسبه شد. درصد روغن دانه، پس ازخشک کردن دانه‌ها، با استفاده از روش سوکسله در آزمایشگاه کیفیت روغن بخش دانه-های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر اندازه‌گیری شد (Ullah *et al.*, 2011). عملکرد روغن در واحد سطح نیز از حاصل‌ضرب درصد روغن دانه در عملکرد دانه به‌دست آمد. همچنین پس از برداشت نهائی، بهره‌وری آب آبیاری بر اساس نسبت عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) بر مقدار آب آبیاری مصرفی (مترمکعب در هکتار) محاسبه گردید (Gholamhoseini *et al.*, 2013). از آنجائیکه فرض تجانس واریانس‌ها در هر دو سال در صفات مختلف بر اساس نتایج آزمون بارتلت برقرار بود، در این آزمایش از تجزیه مرکب داده‌ها با فرض اثر تصادفی سال و با استفاده از رویه GLM در نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ استفاده شد. برای مقایسه میانگین اثرات اصلی از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد و در صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل، برش‌دهی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون lsmeans انجام گرفت.

**Table 1. Soil characteristics of study areas (Borazjan)**

| Depth (cm) | Organic matter (%) | Total N | K | P | Zn | Fe (mg kg$^{-1}$) | pH | EC (dS m$^{-1}$) | Soil texture |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-30 | 0.56 | 0.12 | 210 | 10.5 | 0.29 | 1.12 | 7.2 | 1.4 | Sandy Loam |

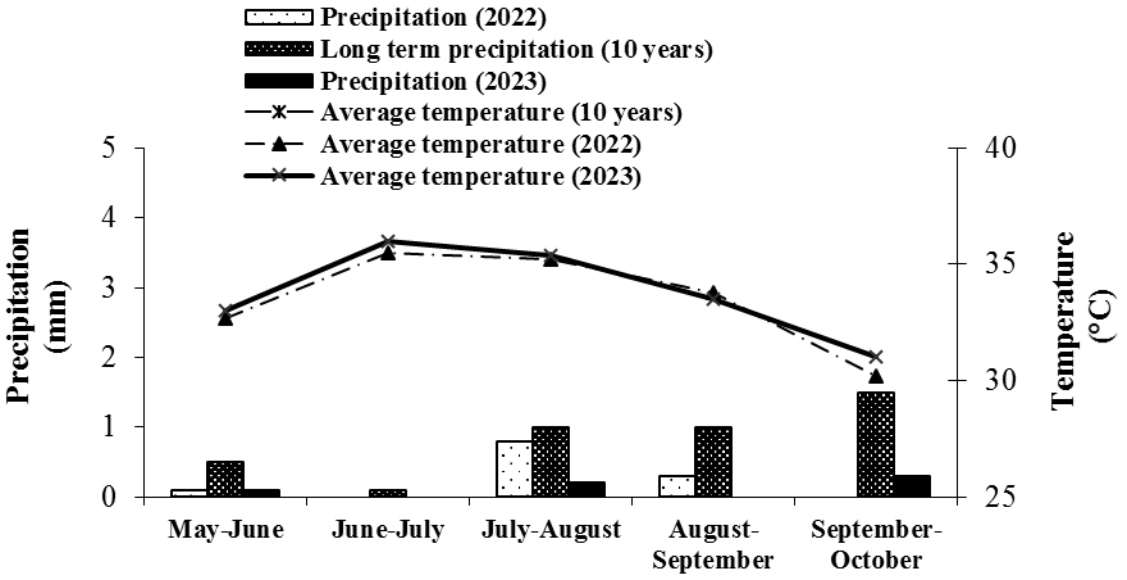


Figure 1. The amount of monthly precipitation and temperature changes in growing seasons and long-term average.

**Table 2. Genotype properties**

| | Dashtstan 2 cultivar | Promising line number 7 |
|---|---|---|
| **Growth habit and branching** | Indeterminate and multi-branched | Indeterminate and multi-branched |
| **Pedigree** | pure line selection from Dashtestan landrace germplam | Pure line selection from (D.14*IS)(2822*ch)*(K-1*MDZ)(IS*NbN) |
| **Breeding place** | Dashtestan, Bushehr province | Dezful, Khuzestan province |
| **Number of capsules per leaf axil** | 1 | 1 |
| **Maturity group*** | Late maturity (105 to 114 days) | Late maturity (105 to 114 days) |
| **Seed color** | Dark brown | Light brown |

*According to the Langham (2007) classification

**Table 3. Amount of water used ($m^3$ $ha^{-1}$) in different experimental treatments**

| | | B1 | B2 | B3 | | | B1 | B2 | B3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Dashtstan 2 cultivar** | **A1** | 3003 | 3914 | 4620 | **Promising line number 7** | **A1** | 3101 | 4041 | 4688 |
| | **A2** | 1396 | 2150 | 2619 | | **A2** | 1402 | 2205 | 2680 |

A1: Full irrigation; A2: Low irrigation. B1: Irrigation cut-off at the beginning of flowering ; B2: Irrigation cut-off at the beginning of capsule formation ; B3: Irrigation cut-off at the mid-capsule formation

## نتایج و بحث

### ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی

نتایج تجزیه مرکب دو سال داده‌های آزمایشی نشان داد که اثر رژیم آبیاری، زمان قطع آبیاری و اثر متقابل زمان قطع آبیاری در ژنوتیپ بر ارتفاع بوته و اثر تیمار آبیاری بر تعداد شاخه فرعی معنی‌دار بود (جدول ۴). با کاهش فراهمی آب ناشی از کم آبیاری ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی به‌طور معنی‌دار کاهش یافت (جدول ۵). همچنین مقایسه میانگین اثر متقابل زمان قطع آبیاری در ژنوتیپ نیز نشان داد که تسریع در زمان قطع آبیاری در رقم دشتستان ۲ تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع این ژنوتیپ نداشت (شکل ۲). در مقابل در لاین شماره ۷ قطع آبیاری در ابتدای گلدهی با کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته همراه بود (شکل ۲). کاهش ارتفاع بوته در شرایط کم آبیاری ناشی از کاهش فشار تورژسانس و در نتیجه کاهش تقسیم و بزرگ شدن سلول می‌باشد (Alizadeh and Yadavi, 2016). به علاوه در شرایط کم آبیاری رقابت گیاهان برای دستیابی به رطوبت موجب کاهش تولید مواد فتوسنتزی شده، اختصاص مواد پرورده به ساقه کاهش می‌یابد که نتیجه آن کاهش ارتفاع بوته است. کوتاهی ارتفاع و کاهش تعداد شاخه های فرعی کنجد ناشی از تنش خشکی، همچنین تفاوت پاسخ ژنوتیپ‌های کنجد در صفات مورفولوژیک به تیمارهای آبیاری در یافته‌های سایر پژوهشگران نیز منعکس شده است (Yemata and Bekele, 2024).

### اجزای عملکرد

در هر سه صفت مرتبط با اجزای عملکرد، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه، اثرات اصلی تیمارهای آزمایشی معنی‌دار بود (جدول ۴). علاوه بر این در صفت تعداد کپسول در بوته اثر متقابل زمان قطع آبیاری در ژنوتیپ و در صفت تعداد دانه در کپسول اثر متقابل سال در رژیم آبیاری در ژنوتیپ معنی-دار بود (جدول ۴). همانطور که انتظار می‌رفت کاهش فراهمی آب در رژیم کم آبیاری با کاهش معنی‌دار اجزای عملکرد همراه بود (جدول ۵). تعداد کپسول در

بوته و تعداد دانه در کپسول تعیین کننده قدرت مخزن در گیاه کنجد می‌باشند و تاثیر مستقیمی بر عملکرد دانه دارند (Gholamhoseini *et al.*, 2023). در شرایط کم آبی که فتوسنتز گیاه کاهش می‌یابد، مواد پرورده کافی برای حفظ کپسول در بوته و تشکیل دانه‌ها در دسترس گیاه نیست و این امر توجیه کننده کاهش تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول کنجد در شرایط کم آبیاری می‌باشد. برش‌دهی و مقایسه میانگین اثر متقابل زمان قطع آبیاری در ژنوتیپ بر تعداد کپسول در بوته نیز حاکی از آن است که در هر تیمار زمان قطع آبیاری، لاین شماره ۷ در مقایسه با رقم دشتستان ۲ تعداد کپسول بیشتری داشت که می‌تواند ناشی از ارتفاع بلندتر و تعداد شاخه فرعی بیشتر این لاین در مقایسه با رقم دشتستان ۲ باشد (جدول ۵). همچنین ادامه آبیاری پس از مرحله رشدی ابتدای کپسول‌دهی تاثیر معنی‌داری بر تعداد کپسول در بوته لاین شماره ۷ نداشت در حالی‌که موجب افزایش معنی‌دار این صفت در رقم دشتستان ۲ شد (شکل ۲). از طرف دیگر مقایسه میانگین اثر سه جانبه سال در رژیم آبیاری در ژنوتیپ بر صفت تعداد دانه در کپسول نشان می‌دهد که در سال اول تیمار کم آبیاری در مقایسه با تیمار آبیاری کامل موجب کاهش ۷۰ و ۵۴ درصدی تعداد دانه در کپسول به ترتیب در رقم دشتستان ۲ و لاین شماره ۷ شد (شکل ۳). کاهش این صفت در سال دوم در اثر کم آبیاری برای رقم دشتستان ۲، ۴۴ درصد و برای لاین شماره ۷، ۱۶ درصد بود. جالب آنکه در سال دوم تعداد دانه‌ها در کپسول لاین شماره ۷ در رژیم کم آبیاری تقریبا برابر با تعداد دانه‌های در کپسول رقم دشتستان ۲ در تیمار آبیاری کامل بود (شکل ۳). این نتایج نشان می‌دهد که در صفات مهم تعیین‌کننده عملکرد دانه در کنجد، لاین شماره ۷ نه تنها در تیمار آبیاری کامل برتر از رقم دشتستان ۲ بود بلکه رژیم کم آبیاری و یا تسریع در زمان قطع آبیاری نیز که هر دو القا کننده کاهش فراهمی آب برای گیاه می‌باشند، صفات مذکور را در لاین شماره ۷ در مقایسه با رقم دشتستان ۲ کمتر متاثر ساخت (جدول ۲).

برخلاف دو صفت تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول که در آنها لاین شماره ۷ در مقایسه با رقم دشتستان ۲ برتر بود، در صفت وزن هزار دانه برتری از آن رقم دشتستان ۲ بود (جدول ۵). در این آزمایش اگرچه لاین شماره ۷، ۲۱ درصد تعداد دانه در بوته (حاصل‌ضرب تعداد کپسول در بوته در تعداد دانه در کپسول) بیشتری در مقایسه با رقم دشتستان ۲ داشت با این حال وزن هزار دانه آن ۹ درصد کمتر بود. یافته‌های پژوهشگران اصلاح کنجد حاکی از آن است که بین اجزای عملکرد کنجد تا حدی رابطه معکوس وجود دارد به‌طوریکه تلاش برای افزایش تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول تا اندازه‌ای از طریق کاهش در وزن هزار دانه خنثی می‌شود (Bedigian, 2010). به‌طور کلی با افزایش تعداد دانه در کپسول قابلیت دسترسی به مواد فتوسنتزی برای هر دانه کمتر می‌شود و این امر موجب کاهش وزن هزار دانه می‌گردد (Gholamhoseini *et al.*, 2022 a).

نسخه پیش از انتشار

**Table 4. Analysis of variance for the effects of different treatments on the measured traits**

| S.O.V | df | H | SB | CP | SC | SW | SY | IWP | OP | OY |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Yr** | 1 | 7938 $^{ns}$ | 2.72 $^{ns}$ | 4340 $^{ns}$ | 6170 $^{ns}$ | 0.06 $^{ns}$ | 1959 $^{ns}$ | 0.001 $^{ns}$ | 1.39 $^{ns}$ | 554 $^{ns}$ |
| **R(Yr)** | 4 | 634 | 0.55 | 9.43 | 29.0 | 0.11 | 11391 | 0.007 | 1.90 | 3240 |
| **A** | 1 | 1339107 $^{*}$ | 3450 $^{*}$ | 62160 $^{*}$ | 152790 $^{*}$ | 2765 $^{*}$ | 52500390 $^{*}$ | 0.026 $^{ns}$ | 77.40 $^{*}$ | 15051660 $^{*}$ |
| **Yr×A** | 1 | 7854 $^{ns}$ | 20.06 $^{ns}$ | 276 $^{ns}$ | 613 $^{ns}$ | 7.19 $^{ns}$ | 263392 $^{ns}$ | 0.094 $^{ns}$ | 0.22 $^{ns}$ | 66797 $^{ns}$ |
| **Error a** | 4 | 2342 | 0.35 | 27.5 | 54.8 | 0.03 | 2562 | 0.014 | 1.28 | 423 |
| **B** | 2 | 284 $^{*}$ | 2.72 $^{ns}$ | 1237 $^{*}$ | 5360 $^{*}$ | 5.77 $^{*}$ | 1015976 $^{*}$ | 0.351 $^{*}$ | 42.92 $^{*}$ | 303337 $^{*}$ |
| **A×B** | 2 | 60 $^{ns}$ | 0.17 $^{ns}$ | 71.3 $^{ns}$ | 80.5 $^{ns}$ | 0.53 $^{ns}$ | 277817 $^{**}$ | 0.019 $^{ns}$ | 3.02 $^{ns}$ | 89949 $^{**}$ |
| **Yr×B** | 2 | 0.29 $^{ns}$ | 0.39 $^{ns}$ | 44.3 $^{ns}$ | 128 $^{ns}$ | 0.06 $^{ns}$ | 11966 $^{ns}$ | 0.017 $^{ns}$ | 0.10 $^{ns}$ | 3277 $^{ns}$ |
| **Yr× A×B** | 2 | 31 $^{ns}$ | 0.06 $^{ns}$ | 70.0 $^{ns}$ | 8.98 $^{ns}$ | 0.07 $^{ns}$ | 1573 $^{ns}$ | 0.022 $^{ns}$ | 1.85 $^{ns}$ | 526 $^{ns}$ |
| **Error b** | 16 | 37 | 0.29 | 6.59 | 49.6 | 0.09 | 17235 | 0.001 | 2.25 | 4951 |
| **C** | 1 | 133 $^{ns}$ | 2.72 $^{ns}$ | 27410 $^{*}$ | 48.9 $^{ns}$ | 2.62 $^{*}$ | 25058100 $^{*}$ | 0.020 $^{ns}$ | 21.86 $^{ns}$ | 8082800 $^{*}$ |
| **A×C** | 1 | 76 $^{ns}$ | 1.39 $^{ns}$ | 48.3 $^{ns}$ | 2.66 $^{ns}$ | 0.02 $^{ns}$ | 16384 $^{ns}$ | 0.021 $^{ns}$ | 3.64 $^{ns}$ | 1520 $^{ns}$ |
| **B×C** | 2 | 191 $^{*}$ | 0.06 $^{ns}$ | 908 $^{*}$ | 20.6 $^{ns}$ | 0.01 $^{ns}$ | 184481 $^{*}$ | 0.355 $^{*}$ | 3.61 $^{ns}$ | 42535 $^{*}$ |
| **A×B×C** | 2 | 0.10 $^{ns}$ | 0.72 $^{ns}$ | 26.8 $^{ns}$ | 4.90 $^{ns}$ | 0.05 $^{ns}$ | 33756 $^{ns}$ | 0.004 $^{ns}$ | 1.64 $^{ns}$ | 11138 $^{ns}$ |
| **Yr×C** | 1 | 321 $^{ns}$ | 0.50 $^{ns}$ | 131 $^{ns}$ | 70.1 $^{ns}$ | 0.01 $^{ns}$ | 138858 $^{ns}$ | 0.008 $^{ns}$ | 1.39 $^{ns}$ | 34916 $^{ns}$ |
| **Yr×A×C** | 1 | 3.56 $^{ns}$ | 1.39 $^{ns}$ | 2.35 $^{ns}$ | 102 $^{*}$ | 0.03 $^{ns}$ | 30898 $^{ns}$ | 0.005 $^{ns}$ | 0.22 $^{ns}$ | 7623 $^{ns}$ |
| **Yr×B×C** | 2 | 6.35 $^{ns}$ | 0.17 $^{ns}$ | 46.3 $^{ns}$ | 2.04 $^{ns}$ | 0.03 $^{ns}$ | 9144 $^{ns}$ | 0.005 $^{ns}$ | 0.85 $^{ns}$ | 1998 $^{ns}$ |
| **Yr×A×B×C** | 2 | 87 $^{ns}$ | 0.39 $^{ns}$ | 22.3 $^{ns}$ | 2.12 $^{ns}$ | 0.06 $^{ns}$ | 5254 $^{ns}$ | 0.0027 $^{ns}$ | 0.60 $^{ns}$ | 1530 $^{ns}$ |
| **Error c** | 24 | 30.95 | 0.27 | 21.47 | 45.67 | 0.09 | 15494 | 0.0018 | 1.54 | 4123 |
| **C.V.(%)** | | 5.63 | 20.71 | 15.84 | 20.81 | 14.65 | 23.26 | 23.03 | 2.43 | 23.07 |

Yr: Year; R: Replication; A: Irrigation regime B: Irrigation cut-off time; C: Genotype; H: Height; SB: Number of Secondary Branch; CP: Number of Capsule in Plant; SC: Number of Seed in Capsule; SW: 1000-Seed Weight; SY: Seed Yield; IWP: Irrigation Water Productivity; OP: Seed Oil Percentage; OY: Oil Yield;

*, ** Significant at the 0.05, 0.01 probability level, respectively, ns: non-significant

**Table 5. Mean comparisons of treatments main effects on different measured traits.**

| Treatments | | H | SB | CP | SC | SW | SY | IWP | OP | OY |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A** | **A1** | 122 a | 4 a | 39 a | 41 a | 2.71 a | 805 a | 0.17 a | 52.1 a | 419 a |
| | **A2** | 75 b | 2 b | 20 b | 24 b | 1.47 b | 265 b | 0.21 a | 50.1 b | 133 b |
| **B** | **B1** | 85 b | 2 a | 22 c | 27 b | 1.58 c | 309 c | 0.26 a | 49.6 c | 153 c |
| | **B2** | 101 a | 2 a | 30 b | 34 a | 2.12 b | 584 b | 0.21 a | 51.0 b | 298 b |
| | **B3** | 100 a | 3 a | 36 a | 36 a | 2.56 a | 712 a | 0.10 b | 52.1 a | 371 a |
| **C** | **C1** | 97 a | 2 a | 26 b | 32 a | 2.24 b | 476 b | 0.17 a | 51.1 a | 243 b |
| | **C2** | 100 a | 3 a | 32 a | 33 a | 2.04 a | 594 a | 0.21 a | 50.8 a | 302 a |

A: Irrigation regime; B: Irrigation cut-off time; C: Genotype; A1: Full irrigation; A2: Low irrigation. B1: Irrigation cut-off at the beginning of flowering; B2: Irrigation cut-off at the beginning of capsule formation; B3: Irrigation cut-off at the mid-capsule formation. C1: Dashtestan 2 cultivar; C2: Promising line number 7. H: Height; SB: Number of Secondary Branch; CP: Number of Capsule in Plant; SC: Number of Seed in Capsule; SW: 1000-Seed Weight; SY: Seed Yield; IWP: Irrigation Water Productivity; OP: Seed Oil Percentage; OY: Oil Yield.

In each trait and for each treatment, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).

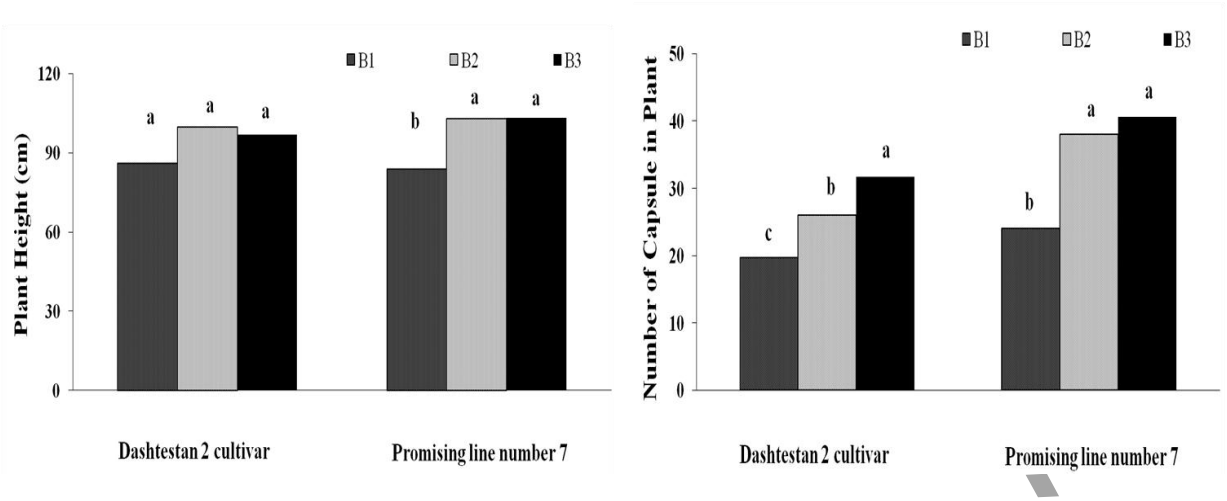


Figure 2. Slicing and mean comparing of irrigation cut-off time × genotype interaction effect in plant height (left) and number of capsule in plant (right). In each genotype, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$). B1: Irrigation cut-off at the beginning of flowering ; B2: Irrigation cut-off at the beginning of capsule formation ; B3: Irrigation cut-off at the mid-capsule formation.

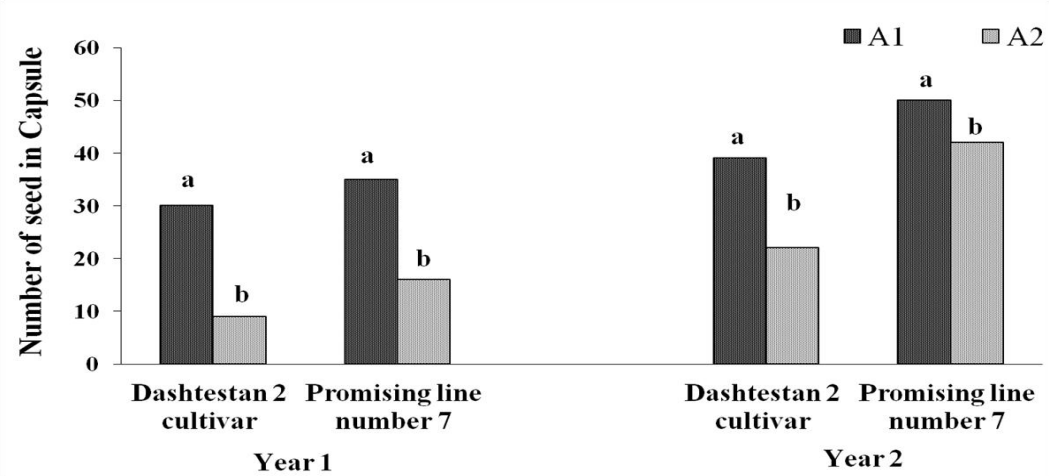


Figure 3. Slicing and mean comparing of year × irrigation regime × genotype interaction effect in number of seed in capsule. In each genotype, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$). A1: Full irrigation; A2: Low irrigation.

## عملکرد دانه

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر اصلی رژیم آبیاری، زمان قطع آبیاری و اثر متقابل آنها بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). همچنین اثر ژنوتیپ و اثر متقابل آن با زمان قطع آبیاری نیز تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری در زمان قطع آبیاری حاکی از آن است که در تیمار آبیاری کامل افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه با ادامه دادن آبیاری پس از مرحله ابتدای کپسول دهی مشاهده نشد (شکل ۴). به عبارت دیگر بین دو تیمار قطع آبیاری در ابتدا و اواسط کپسول‌دهی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در اقلیم های گرم جنوب کشور اگر رطوبت در دسترس کنجد باشد گیاهان ممکن است ۸۰ تا ۸۵ روز پس از کاشت نیز به تولید گل ادامه دهند (Sadeghi Garmaroodi *et al.*, 2023). به عبارت دیگر در ارقام مختلف کنجد فراهمی طولانی مدت آب، رسیدگی گیاهان را به تأخیر می‌اندازد. بنابراین مجبور کردن گیاهان به توقف گل‌دهی و تحریک به پرکردن دانه‌ها در عوض تولید کپسول‌های جدید با دانه‌های نارس، از طریق قطع

عملیات آبیاری برای دستیابی به عملکرد دانه بالا مهم است (Langham, 2007).

برخلاف تیمار آبیاری کامل، تعویق زمان قطع آبیاری تا اواسط کپسول‌دهی در رژیم کم آبیاری افزایش معنی‌دار عملکرد دانه را در مقایسه با قطع زودتر آبیاری به همراه داشت (شکل ۴). به هر روی نتایج حاکی از آن است که ادامه دادن آبیاری حتی تا اواسط کپسول‌دهی در شرایط کم آبیاری نمی‌تواند تضمین کننده عملکرد قابل قبول در زراعت کنجد در استان بوشهر باشد. به عبارت دیگر رژیم آبیاری (حجم آب مصرفی) در مقایسه با زمان قطع آبیاری از اهمیت بیشتری در عملکرد دانه کنجد برخوردار است به‌طوری که عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل و قطع در ابتدای گلدهی (۴۵۶ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با تیمار کم آبیاری و قطع در اواسط کپسول‌دهی (۳۸۸ کیلوگرم در هکتار) بیشتر بود. مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ در زمان قطع آبیاری نیز نشان می‌دهد که در رقم دشتستان ۲ تسریع در زمان قطع آبیاری با کاهش معنی‌دار عملکرد دانه همراه بود (شکل ۵). در مقابل در لاین شماره ۷ صرفا قطع خیلی زود آبیاری (قطع در مرحله ابتدای گلدهی) موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد و بین دو تیمار قطع آبیاری در اوایل و اواسط کپسول دهی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۵). این نتایج حاکی از آن است علاوه بر اینکه متوسط عملکرد لاین شماره ۷ در مقایسه با رقم دشتستان ۲ بیشتر بود (جدول ۵)، این لاین برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه نیازی به ادامه دادن آبیاری پس از مرحله ابتدای کپسول دهی ندارد. این ویژگی لاین شماره ۷ موجب صرفه جویی در مصرف آب (حداقل به مقدار ۶۰۰ مترمکعب در هکتار) بدون کاهش معنی‌دار عملکرد دانه می‌شود. گزارش شده است که مهم‌ترین سازوکارهای گیاه کنجد برای تحمل شرایط کم آبی تولید پرولین، تغییرات غلظت قند و انباشت یون‌ها در سلول است (Jeyaraj and Beevy, 2024) و به نظر می‌رسد لاین شماره ۷ از نظر این صفات فیزیولوژیک در مقایسه با رقم دشتستان ۲ برتر باشد که نتیجه آن عملکرد بالاتر این لاین در شرایط کم آبیاری یا تسریع در زمان قطع آبیاری می‌باشد.

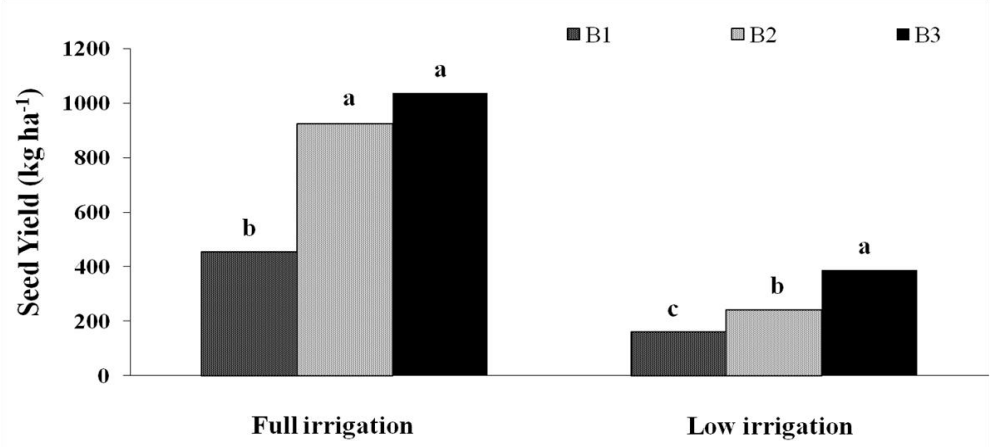


Figure 4. Slicing and mean comparing of irrigation regime × irrigation cut-off time interaction effect in seed yield. In each irrigation regime, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$). B1: Irrigation cut-off at the beginning of flowering ; B2: Irrigation cut-off at the beginning of capsule formation ; B3: Irrigation cut-off at the mid-capsule formation.

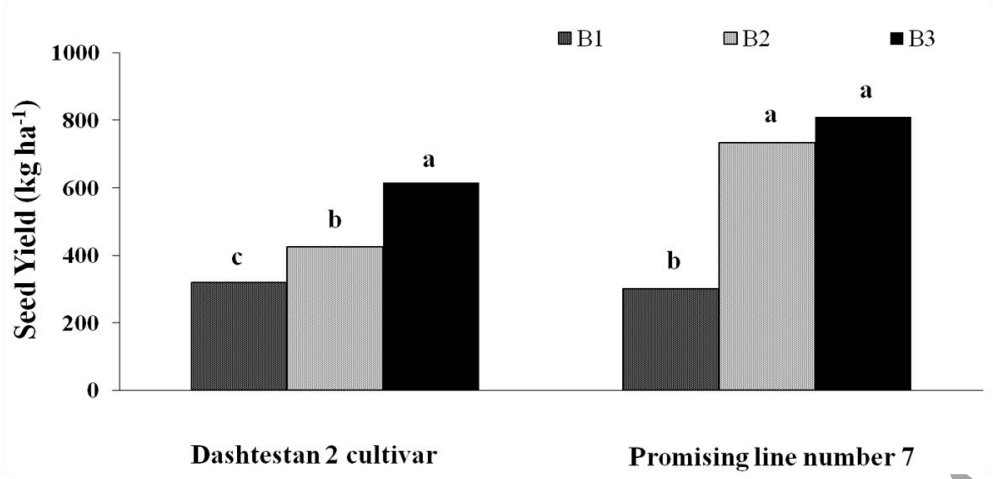


Figure 5. Slicing and mean comparing of irrigation cut-off time × genotype interaction effect in seed yield. In each genotype, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$). B1: Irrigation cut-off at the beginning of flowering ; B2: Irrigation cut-off at the beginning of capsule formation; B3: Irrigation cut-off at the mid-capsule formation.

## بهره‌وری آب آبیاری

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که اثر اصلی تیمار زمان قطع آبیاری و اثر متقابل آن با ژنوتیپ بر بهره‌وری آب آبیاری معنی‌دار بود (جدول ۴). گرچه نتایج نشان داد که اثر رژیم‌های آبیاری بر این صفت معنی دار نبود با این حال با کاهش فراهمی آب بهره‌وری آب آبیاری افزایش یافت (جدول ۵). سایر پژوهشگران نیز به افزایش بهره‌وری آب آبیاری در شرایط کم آبیاری اشاره داشته‌اند (Sadler and Evans, 2008) . مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ در زمان قطع آبیاری نشان می-دهد که حداکثر بهره‌وری آب آبیاری در رقم دشتستان ۲ از تیمار قطع آبیاری در ابتدای گلدهی بدست آمد (شکل ۶). رقم دشتستان ۲ در این تیمار به ازای مصرف هر مترمکعب آب، ۰/۳۴ کیلوگرم دانه تولید کرد. ادامه دادن آبیاری پس از مرحله گلدهی در رقم دشتستان ۲ به نسبتی که آب مصرف شد نتوانست عملکرد دانه را افزایش دهد که این امر موجب کاهش معنی‌دار بهره‌وری آب آبیاری شد (شکل ۶). در لاین شماره ۷، بیشترین این صفت از تیمار قطع آبیاری در اوایل کپسول دهی به مقدار ۰/۳۶ کیلوگرم دانه به ازای هر مترمکعب آب مصرفی حاصل شد (شکل ۶). اگرچه مقدار حداکثر بهره‌وری آب آبیاری در دو ژنوتیپ مورد بررسی تقریبا برابر بود باید توجه داشت که در رقم دشتستان ۲ حداکثر بهره‌وری آب آبیاری با حداکثر تولید دانه همراه نبود و افزایش این صفت در رقم دشتستان ۲ مربوط به کاهش مصرف آب بود و نه افزایش تولید. در مقابل در لاین شماره ۷، افزایش بهره‌وری آب آبیاری نه تنها به دلیل صرفه جویی در مصرف آب بلکه به دلیل عملکرد قابل قبول بدست آمده (۷۳۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار قطع آبیاری در اوایل کپسول‌دهی حاصل شد. متوسط بهره‌وری آب آبیاری و عملکرد کنجد در محل اجرای آزمایش، استان بوشهر، به ترتیب برابر ۰/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب و ۱۱۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Najafian *et al.*, 2020). بنابراین نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که لاین شماره ۷ در تیمار آبیاری کامل به روش قطره‌ای تا اوایل کپسول‌دهی و سپس قطع آبیاری، علاوه بر اینکه می‌تواند عملکردی همتراز (۱۰۴۰ کیلوگرم در هکتار) با متوسط استان داشته باشد، بهره-وری آب آبیاری را تا ۶۷ درصد افزایش می‌دهد.

نسخه پیش از انتشار

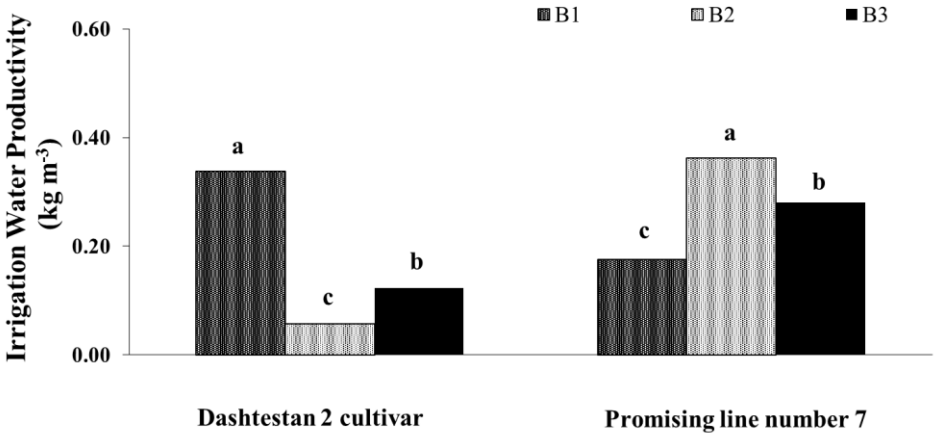


Figure 6. Slicing and mean comparing of irrigation cut-off time × genotype interaction effect in irrigation water productivity. In each genotype, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$). B1: Irrigation cut-off at the beginning of flowering ; B2: Irrigation cut-off at the beginning of capsule formation; B3: Irrigation cut-off at the mid-capsule formation.

## درصد و عملکرد روغن

درصد روغن دانه تحت تاثیر اثر اصلی تیمارهای آبیاری (رژیم آبیاری و زمان قطع آبیاری) قرار گرفت (جدول ۴). بین دو ژنوتیپ مورد بررسی از لحاظ درصد روغن دانه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد گرچه که رقم دشتستان ۲، تا ۱/۵ درصد محتوی روغن دانه بیشتری در مقایسه با لاین شماره ۷ داشت (جدول ۵). بیشتر بودن وزن هزار دانه در رقم دشتستان ۲ در مقایسه با لاین شماره ۷ می‌تواند دلیلی برای بیشتر بودن درصد روغن دانه آن باشد. در گیاه کنجد هرمقدار وزن هزار دانه بیشتر باشد، محتوی روغن دانه نیز بیشتر است (Sadeghi Garmaroodi *et al.*, 2023). نتایج نشان داد که رژیم کم آبیاری و یا تسریع در زمان قطع آبیاری موجب کاهش معنی‌دار درصد روغن دانه شد (جدول ۵). در طول دوره پر شدن دانه کنجد، ابتدا پروتئین و سپس روغن در دانه تجمع می‌یابد (Ozdemir *et al.*, 2018). کاهش فراهمی آب، با تسریع در رسیدگی از طریق تاثیر بر وزن هزار دانه موجب کاهش درصد روغن دانه می‌شود (Gholamhoseini, 2022). کاهش درصد روغن دانه کنجد در شرایط کم آبیاری توسط Alizadeh and Yadavi (2016) نیز گزارش شده است. در این آزمایش نیز همانطور که کاهش فراهمی آب موجب کاهش وزن هزار دانه شد، درصد روغن دانه‌ها نیز کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد عواملی که بر عملکرد دانه تاثیر معنی‌داری داشتند، عملکرد روغن را نیز متاثر ساختند (جدول ۴). روند تغییرات میانگین‌های عملکرد روغن در تیمارهای مختلف نیز مشابه با نتایجی بود که در صفت عملکرد دانه حاصل شد (شکل ۷ و ۸). همبستگی بسیار معنی‌دار و مستقیم عملکرد دانه با عملکرد روغن کنجد در مقایسه با همبستگی ضعیف‌تر آن با درصد روغن (Gholamhoseini *et al.*, 2023)، گواه این مطلب است که عملکرد روغن به عنوان یک صفت تعیین کننده در گیاهان دانه روغنی وابستگی بیشتری به عملکرد دانه در مقایسه با درصد روغن دارد. به عبارت دیگر مجموعه عواملی که در تیمارهای مختلف منجر به کاهش یا افزایش عملکرد دانه می‌شوند، در کاهش یا افزایش عملکرد روغن نیز نقش مستقیمی دارند.

## نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد علاوه بر اینکه متوسط عملکرد لاین شماره ۷ در مقایسه با رقم دشتستان ۲ در تیمارهای مختلف آبیاری بیشتر بود، این لاین برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه نیازی به ادامه دادن

نسخه پیش از انتشار

آبیاری پس از مرحله ابتدای کپسول‌دهی ندارد. این ویژگی لاین شماره ۷ موجب کاهش در مصرف آب بدون افت معنی‌دار عملکرد دانه می‌شود. در مجموع چنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که از طریق جایگزینی ارقام قدیمی با لاین‌های جدید در دست معرفی کنجد و مدیریت بهینه آبیاری می‌توان با صرفه‌جویی در مصرف آب علاوه بر جلوگیری از کاهش عملکرد موجب افزایش بهره‌وری آب در زراعت کنجد شد.

## سپاسگزاری

بدین وسیله نگارندگان قدردانی خود را از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، ایستگاه برازجان، جهت فراهم نمودن امکانات پژوهشی اجرای این تحقیق ابراز می‌دارند.

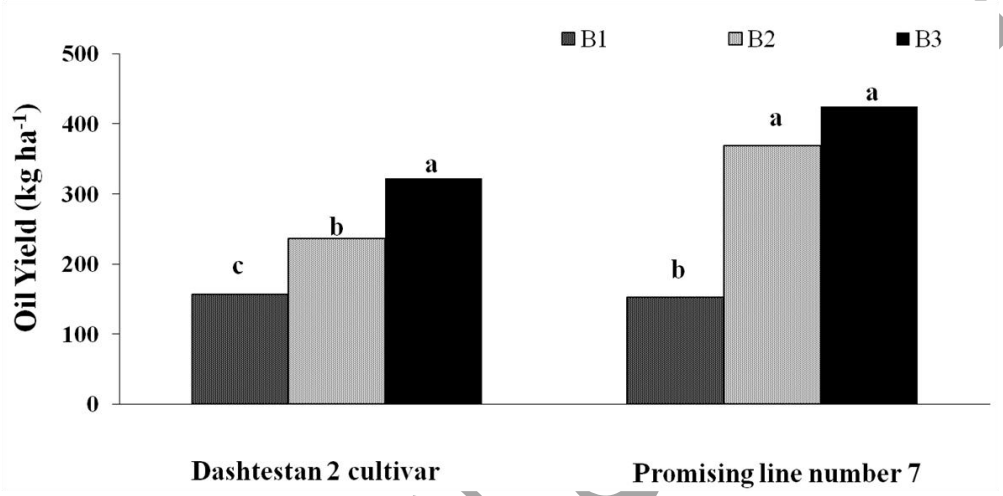


Figure 7. Slicing and mean comparing of irrigation regime × irrigation cut-off time interaction effect in oil yield. In each irrigation regime, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$). B1: Irrigation cut-off at the beginning of flowering ; B2: Irrigation cut-off at the beginning of capsule formation ; B3: Irrigation cut-off at the mid-capsule formation.

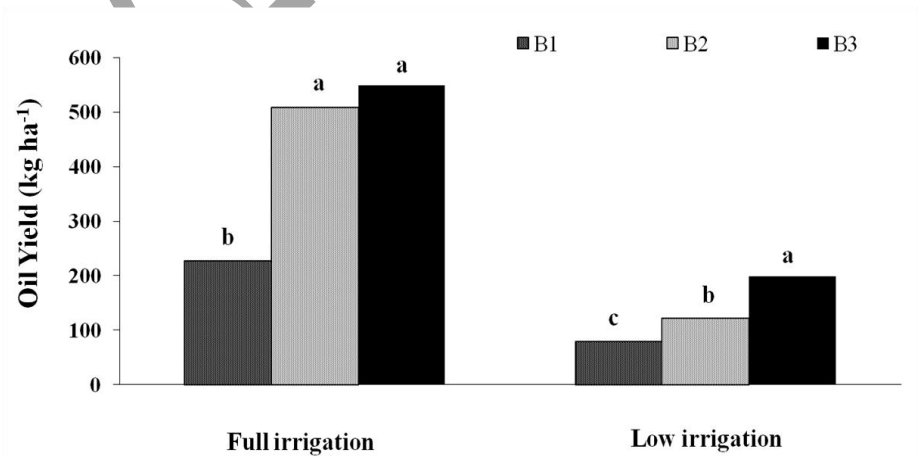


Figure 8. Slicing and mean comparing of irrigation cut-off time × genotype interaction effect in oil yield. In each genotype, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$). B1: Irrigation cut-off at the beginning of flowering ; B2: Irrigation cut-off at the beginning of capsule formation; B3: Irrigation cut-off at the mid-capsule formation.

## 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(1), 67-79. [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. [In Persian]

Anonymous. (2023). Crop statistics. Ministry of Agriculture-Jahad. Deputy of Planning and Economy (Deputy of Planning and Economy). [In Persian]

Attibayeba, A., Elie, N-M., Serina, N.J., 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(3), 235-239.

Bedigian, D. 2010. Characterization of sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm: A critique. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 57, 641–647.

Bedigian, D. 2015. Systematics and evolution in Sesamum L. (Pedaliaceae), part 1: Evidence regarding the origin of sesame and its closest relatives. *Webbia*, 70(1), 1-42.

Evans, R. G. & Sadler, E.J. (2008). Methods and technologies to improve efficiency of water use. *Water Resources Research*, 44(7), 15-28.

Faostat. (2024). Food and Agriculture Organization Statistical Databases statistics service. www.faostat.fao.org. Food and Agriculture Organization. 2022. FAO Statistics. Retrieved July 1, 2022 from http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

Ghasemi Hamedani, N., Gholamhoseini, M., Bazrafshan, F., Habibzadeh, F. & Amiri, B. (2022). Yield, irrigation water productivity and nutrient uptake of arbuscular mycorrhiza inoculated sesame under drought stress conditions. *Agricultural Water Management*. 266, 107569.

Gholamhoseini, M., AghaAlikhani, M., Modarres Sanavy, S.A.M., Mirlatifi, S.M. & Zakikhani, H. (2013), Response of corn and redroot pigweed to nitrogen fertilizer in different irrigation regimes. *Agronomy Journal*, 105, 1107-1118.

Gholamhoseini, M. 2020. Evaluation of sesame genotypes for agronomic traits and stress indices grown under different irrigation treatments. *Agronomy Journal*. 112, 1794-1804.

Gholamhoseini, M. 2022. Optimizing irrigation and nitrogen fertilization of Iranian sesame cultivars for grain yield and oil quality. *Journal of Food Composition and Analysis*. 10, 104448.

Gholamhoseini, M., Mansouri, S., Masoudi, B, & Shariati, F. (2022 a). Evaluation of grain yield and agronomic traits of foreign sesame (*Sesamum Indicum* L.) genotypes under drought stress conditions. *Journal of Crop Production and Processing*, 12(2), 19-33. [In Persian]

Gholamhoseini, M., Asadi, H. & Davoodi, M.H. (2022 b). Determining the physical and economic efficiency of water and nitrogen in sesame production. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 16(4), 841-851. [In Persian]

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]

Heydari, N. (2013). Challenges and approaches for enhancing of water use efficiency in field crops in iran. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 2(1), 25-51.

Jafari, H., Noorgholipour, F. & Rajaee, M. (2019). Investigation of determination of the optimal irrigation interval on yield and yield components of sesame in Sesame field region of Iran using class A evaporation pan. *Irrigation and Water Engineering*, 9(4), 206-221. [In Persian]


نسخه پیش از انتشار

Jeyaraj, S. & Beevy, S.S. (2024). Insights into the Drought Stress Tolerance Mechanisms of Sesame: The Queen of Oilseeds. *Journal of Plant Growth Regulation*, 43(5), 1689-1706.

Langham, D.R. (2007). Phenology of sesame. In: Janick and Whipkey A (eds) Issues in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA, pp. 144–182.

Najafian, G., Moghadam, A., ghanbari, A.A., Mahrokh, A., Golzardi, F., Ismailzadeh Moghadam, M., Jabbari, H., Gholamhoseini, M., Abedi, M., Bagheri, M., Abdi, H., Keshavarz, S., Zamani, M.J., Forodi, B., Mehrvar, M., Rahjo, V., Mosa Porgorji, A. & Shirani Rad, A.H. (2020). Water roductivity improvement program in some crops and vegetables. Agricultural Education Publication. Tehran, Iran. 362 pp. [In Persian]

Ozdemir, I.S., Karaoglu, O., Dag, C. & Bekiroglu, S. (2018). Assessment of sesame oil fatty acid and sterol composition with FT-NIR spectroscopy and chemometrics. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42, 444–452.

Ratnakumar, P. & Ramesh, K. 2019. Identification of appropriate sesame variety under changing climate scenario: a field study. *Journal of Oilseeds Research*, 36, 54–56.

Sadeghi Garmaroodi, H., Gholamhoseini, M. & Habibzadeh, F. (2023). Sesame production challenges and approaches. Emam Khomeini International University Publication. Qazvin, Iran. 268 pp. [In Persian]

Salamati, N. & Danaie, A. (2016). Effects The amount of water of tape tube irrigation on qualitative and quantitative yield of three sesame varieties. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 47(1), 137-146. [In Persian]

Shokoohfar, A. & Yaghoubi, N.S. (2013). The effect of drought stress on yield components of sesame (S. indicum L.) cultivars. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 8, 19–29. [In Persian]

Ullah, S.M.R., Murphy, B., Dorich, B., Richter, B. & Srinivasan, K. (2011). Fat extraction from acid- and base-hydrolyzed food samples using accelerated solvent extraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59, 2169‑2174.

Yemata, G. & Bekele, T. (2024). Evaluation of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties for drought tolerance using agromorphological traits and drought tolerance indices. *PeerJ*, 12, e16840.

نسخه پیش از انتشار