



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

Majid Gholamhoseini^{1*} , Davod Kiani² , Mehrdad Norouzi³, Farnaz Shariati¹, Gholam Reza Ghodrati⁴

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. Assistant Professor, Crops and Horticultural Science Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran

Citation: Gholamhoseini, M., Kiani, D., Norouzi, M., Shariati, F., Ghodrati, G.H.R. (2025). Evaluation of seed yield and water productivity of a promising sesame line under different irrigation treatments in Borazjan region, Bushehr province. *Plant Productions*, 48(1), 53 – 68.

Abstract

Introduction

Sesame (*Sesamum indicum* L.) is an oilseed crop widely cultivated in dry and semi-arid regions. It is also among the most healthy and quality edible oil sources worldwide. With a short vegetation period, it has relatively high drought tolerance and potential for decreasing the present gap between consuming and producing the edible oil since it comprises 17–20% protein and 40–50% oil. With minimal input requirements, sesame is well-suited for crop rotation. However, research on optimal irrigation management, particularly the timing of irrigation cut-off, remains limited for existing cultivars and newly introduced lines in the Bushehr regions, a major sesame production hub. This study hypothesizes that optimizing water availability during non-critical growth stages can improve irrigation water productivity while maintaining seed and oil yields.

Materials and Methods

The experiment was carried out during the 2022 and 2023 growing seasons at the Agricultural and Natural Resources Research Center in Borazjan, Bushehr, Iran. The region has a hot and arid climate with an average annual precipitation of 250 mm, primarily occurring in autumn and winter. The study examined two irrigation regimes: full irrigation (80 mm evaporation) and low irrigation (160 mm

* **Corresponding Author:** Majid Gholamhoseini
E-mail: m.gholamhoseini@areeo.ac.ir



evaporation), and three irrigation cut-off timing: at the beginning of flowering, the beginning of capsule formation, and mid-capsule formation, and two sesame genotypes. Dashtestan 2 cultivar and promising line 7, were evaluated for yield components, seed oil content, oil yield, and irrigation water productivity. 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 in a randomized complete block design with three replications. SAS software (version 9.4) was used to analyze variance on the data. Because Bartlett's test showed homogeneity of variance in most of the studied traits, data were subjected to combined analysis of variance. Differences between the main effects of treatments were compared using the protected LSD at the 0.05 probability level when the F-test was significant. The slicing method was used to separate the significant interaction effects

Results and Discussion

As anticipated, reduced water availability under the low irrigation regime significantly decreased seed yield components in both genotypes. However, line 7 outperformed Dashtestan 2 in key yield traits, including the number of capsules per plant and seeds per capsule, particularly under full irrigation, while showing greater resilience to reduced irrigation and earlier irrigation termination. Conversely, Dashtestan 2 exhibited a higher thousand-seed weight. Line 7 showed higher average seed yield across irrigation treatments, and did not require irrigation beyond the early capsule formation to reach its maximum yield, enabling a water saving of at least $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ without significant yield reduction. While both genotypes exhibited similar maximum irrigation water productivity, Dashtestan 2's efficiency gains resulted from lower water use, whereas line 7 combined water savings with a satisfactory yield (733 kg ha^{-1}) when irrigation was cut-off at the capsule-formation stage. Although Dashtestan 2 exhibited a slightly higher seed oil content (up to 1.5%), line 7 produced up to 24% more oil yield.

Conclusion

Replacing older sesame cultivars with improved lines, combined with optimized irrigation management, can enhance water productivity, reduce water consumption, and minimize yield losses.

Key words: Irrigation cutoff timing, Irrigation management, Irrigation regime, Oil yield, Seed oil percentage



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، غلامرضا قدرتی^۴

- 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.
- ۴- 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 وزن هزار دانه رقم دشتستان ۲ برتری داشت. نتایج حاکی از آن بود که متوسط عملکرد لاین شماره ۷ در مقایسه با رقم دشتستان ۲ حدود ۲۵ درصد بیشتر بود، همچنین این لاین بر خلاف رقم دشتستان ۲ برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه نیازی به ادامه دادن آبیاری پس از مرحله ابتدای کپسول‌دهی

نویسنده مسئول: مجید غلامحسینی

رایانامه: m.gholamhoseini@areo.ac.ir

نداشت. حداکثر بهره‌وری آب آبیاری در رقم دشتستان ۲، ۰/۳۴ کیلوگرم دانه بر مترمکعب، از تیمار قطع آبیاری در ابتدای گلدهی به دست 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 به دست 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، زمان قطع آبیاری، عملکرد روغن، مدیریت آب

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

مقدمه

محصولات دانه روغنی بهاره کمتر است (۴۵۰۰ تا ۵۵۰۰ مترمکعب در هکتار) در مقابل 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 در خصوص نحوه مصرف بهینه آب در زراعت کنجد با در نظر داشتن محدودیت در منابع آبی به-ویژه 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 ۵۰ درصد کاهش 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 برگه)، 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 مؤثری دارد. در مقابل (Salamati and Danaie (2016)

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 آن که 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 گیاهچه‌ای به دلیل محدودیت گسترش ریشه و همچنین در مراحل زایشی، به دلیل افزایش شاخص سطح برگ و تشکیل اندام‌های ظریف مرستمی، به کم‌آبی حساس است (Ghasemi Hamedani et al., 2022). هرچند نیاز آبی کنجد در در مقایسه با سایر

مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲). آزمایش به صورت کرت های دوبار خردشده (رژیم آبیاری عامل اصلی، زمان قطع آبیاری عامل فرعی و ژنوتیپ عامل فرعی فرعی) در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

پس از اجرای عملیات آماده سازی زمین، بذور ضد عفونی شده کنجد با قارچ کش کاپتان (با غلظت دو در هزار) در دهه اول تیر ماه در سال اول و دوم آزمایش به صورت دستی در کرت های آزمایشی کشت شدند. هر کرت شامل شش ردیف کاشت به طول سه متر بود. تراکم کاشت ۲۸ بوته در مترمربع (فاصله ۴۵ سانتی متری بین ردیف های کاشت و هشت سانتی-متری بین بوته ها) در واحدهای آزمایشی اعمال گردید. آبیاری واحدهای آزمایشی به روش قطره ای و با استفاده از نوار تیپ انجام شد. فاصله چهار متر بین تکرارها، شش متر بین کرت های اصلی و چهار متر بین کرت های فرعی، به منظور جلوگیری از تداخل تیمارهای آبیاری لحاظ گردید. برای ثبت و اندازه گیری مقدار آب مصرفی از کنتور حجمی استفاده شد. در تمام نوبت-های آبیاری در تیمارهای مختلف و برای دو ژنوتیپ، مقدار آب مصرفی اندازه گیری شد. جدول ۳ مجموع مقدار آب مصرفی تیمارهای مختلف را به صورت میانگین دو سال آزمایش نشان می دهد. کنترل علف های 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 آماده سازی زمین، یک سوم در مرحله چهار تا پنچ برگی و مابقی به صورت جایگذاری کنار ردیف های کاشت، در ابتدای گلدهی به کار برده شد. علاوه بر این ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به ترتیب از منبع کود سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم قبل از کاشت استفاده شد.

برداشت به صورت دستی و با کف بر کردن بوته ها در زمان ظهور اولین علایم برداشت یعنی زرد شدن برگ های پایینی و باز شدن نوک کپسول های پایینی در هر یک از تیمارها و قبل از باز شدن کامل کپسول ها و ریزش دانه در اواخر مهرماه انجام گرفت.

هفت مرتبه آبیاری را برای حصول عملکرد دانه قابل قبول کافی دانستند. نتایج این گزارش ها حاکی از آن است که بسته به شرایط اقلیمی و ژنوتیپ کشت شده مقدار آب مصرفی و برنامه ریزی آبیاری در زراعت کنجد متفاوت است. بنابراین این فرضیه قابل طرح است که می توان در خصوص ارقام و لاین های در دست معرفی کنجد از طریق کاهش دسترسی گیاه به آب در مراحل غیر حساس گیاه به کم آبی با حداقل کاهش عملکرد دانه و روغن، به بهره وری 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 قطب های تولید کنجد در کشور با توجه به ارقام موجود و لاین های در دست معرفی، پژوهشی صورت نگرفته است. بنابراین آزمایش حاضر برنامه ریزی و اجرا گردید.

مواد و روش ها

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. ویژگی های خاک و شرایط اقلیمی منطقه اجرای آزمایش به ترتیب 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) میلی متر 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 کپسول دهی (B2)، کد رشدی ۷۳ و قطع آبیاری در اواسط کپسول دهی (B3)، کد رشدی ۷۷) بر عملکرد و اجزای عملکرد، درصد و عملکرد روغن و بهره وری آب آبیاری دو ژنوتیپ کنجد شامل رقم دشتستان ۲ و لاین در دست معرفی کنجد (لاین شماره ۷)

درصد و در صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل، برش‌دهی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون Ismeans انجام گرفت.

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 برهم‌کنش 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 برهم‌کنش زمان قطع آبیاری در ژنوتیپ نیز نشان داد که تسریع در زمان قطع آبیاری در رقم دشتستان ۲ تأثیر 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 تورژانس 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 شاخه‌های 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).

مساحت برداشت شده هر کرت از چهار ردیف میانی با لحاظ کردن اثر حاشیه، بالغ بر سه متر مربع بود. عملکرد دانه بر اساس رطوبت شش درصدی دانه محاسبه گردید. جهت تعیین اجزای 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 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 از خشک کردن دانه‌ها، با استفاده از روش سوکسله در آزمایشگاه کیفیت روغن بخش دانه‌های روغنی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر اندازه‌گیری شد (Ullah et al., 2011). عملکرد روغن در واحد سطح نیز از حاصل ضرب درصد روغن دانه در عملکرد دانه به‌دست آمد. همچنین پس از برداشت نهایی، 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 آنجایی که 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

Table 1. Soil characteristics of study areas (Borazjan)

Depth (cm)	Organic matter (%)	Total N	K	P	Zn	Fe	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

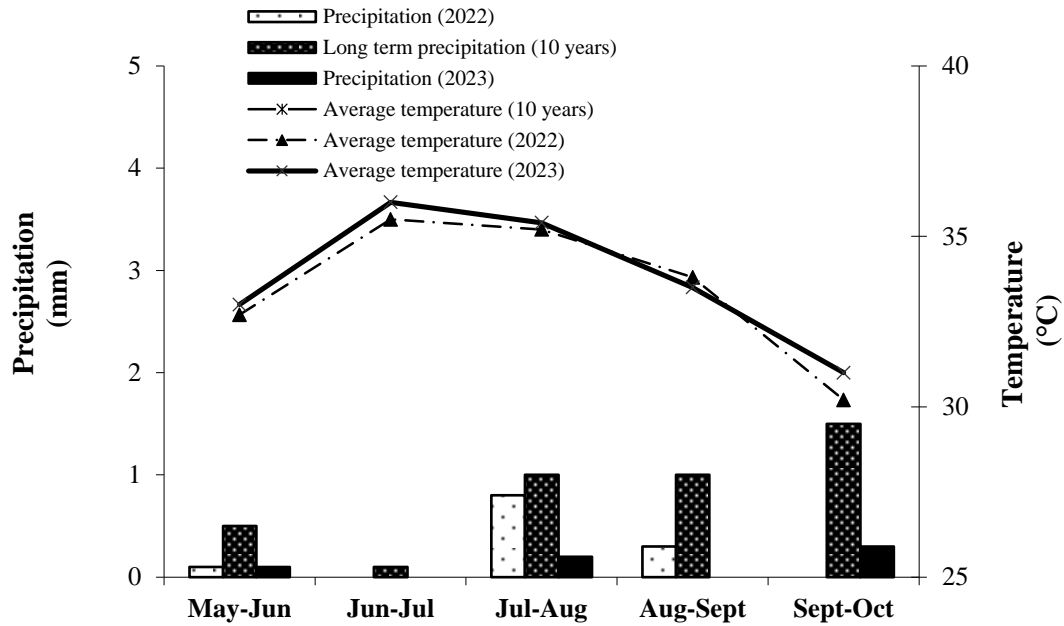


Figure 1. The amount of monthly precipitation and temperature changes in growing seasons and long-term average

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

اجزای عملکرد

دشتستان ۲ و لاین شماره ۷ شد (شکل ۴). 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 آن که در سال دوم تعداد دانه‌ها در کپسول لاین شماره ۷ در رژیم کم آبیاری تقریباً برابر با تعداد دانه‌های در کپسول رقم دشتستان ۲ در تیمار آبیاری کامل بود (شکل ۴). 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 (حاصل ضرب 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).

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 برهم‌کنش زمان قطع آبیاری در ژنوتیپ و در صفت تعداد دانه در کپسول برهم‌کنش سال در رژیم آبیاری در ژنوتیپ - معنی‌دار 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 تعیین‌کننده قدرت مخزن در گیاه کنجد می‌باشند و تأثیر 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 توجیه‌کننده کاهش تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول کنجد در شرایط کم آبیاری می‌باشد. برش‌دهی و مقایسه میانگین برهم‌کنش 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 تأثیر معنی‌داری بر تعداد کپسول در بوته لاین شماره ۷ نداشت در حالی که موجب افزایش معنی‌دار این صفت در رقم دشتستان ۲ شد (شکل ۳). 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

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

S.O.V	df	PH	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: Plant height; SB: Number of sub- branch; CP: Number of capsule per plant; SC: Number of seed per 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		PH	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. PH: Plant height; SB: Number of secondary branch; CP: Number of capsule per plant; SC: Number of seed per 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 ($p \leq 0.05$).

غلامحسینی و همکاران: ارزیابی عملکرد دانه و بهره‌وری آب...

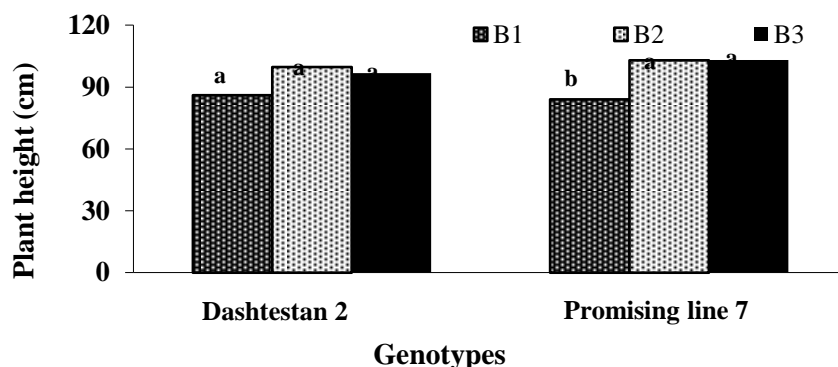


Figure 2. Slicing and mean comparing of irrigation cut-off time × genotype interaction effect in plant height. In each genotype, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$). B1: Irrigation cut-off at the beginning of flowering; B2: Irrigation cut-off at the beginning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

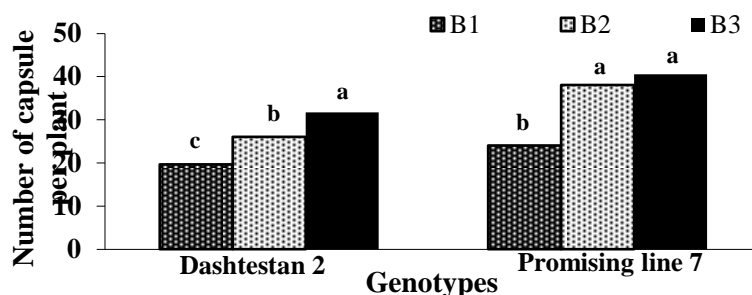


Figure 3. Slicing and mean comparing of irrigation cut-off time × genotype interaction effect in number of capsule in plant. In each genotype, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$). B1: Irrigation cut-off at the beginning of flowering; B2: Irrigation cut-off at the beginning of capsule formation; B3: Irrigation cut-off at the mid-capsule formation

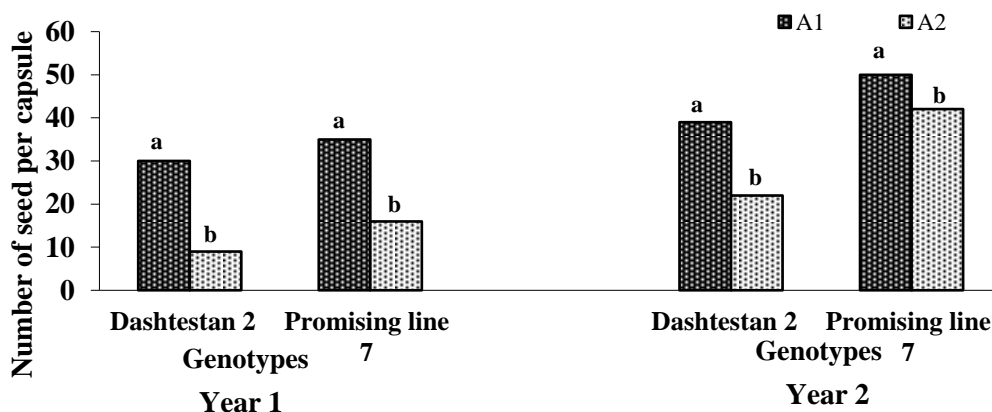


Figure 4. Slicing and mean comparing of year × irrigation regime × genotype interaction effect in number of seed per capsule. In each genotype, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$). A1: Full irrigation; A2: Low irrigation

عملکرد دانه

آب مصرفی) در مقایسه با زمان قطع آبیاری از اهمیت بیشتری در عملکرد دانه کنگد برخوردار است به-طوری 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 کپسول-دهی (۳۸۸ کیلوگرم در هکتار) بیشتر بود. مقایسه میانگین برهم کنش 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 ۶). در مقابل در لاین شماره ۷ صرفاً 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 معنی-داری مشاهده نشد (شکل ۶). این نتایج حاکی از آن است علاوه بر این که 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 کنگد 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.

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر اصلی رژیم آبیاری، زمان قطع آبیاری و برهم کنش آن‌ها بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). همچنین اثر ژنوتیپ و برهم کنش آن با زمان قطع آبیاری نیز تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین برهم کنش 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 ۵). به عبارت دیگر بین دو تیمار قطع آبیاری در ابتدا و اواسط کپسول‌دهی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در اقلیم‌های گرم جنوب کشور اگر رطوبت در دسترس کنگد 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 کنگد 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 ۵). به هر روی نتایج حاکی از آن است که ادامه دادن آبیاری حتی تا اواسط کپسول‌دهی در شرایط کم آبیاری نمی‌تواند تضمین‌کننده عملکرد قابل قبول در زراعت کنگد در استان بوشهر باشد. به عبارت دیگر رژیم آبیاری (حجم

غلامحسینی و همکاران: ارزیابی عملکرد دانه و بهره‌وری آب...

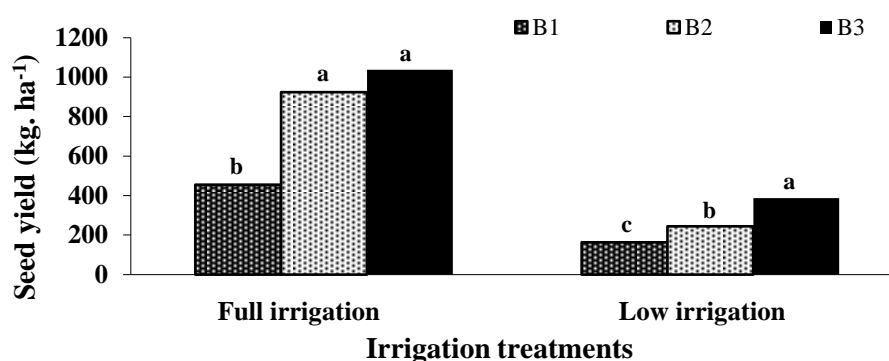


Figure 5. Slicing and mean comparing of irrigation regime \times irrigation cut-off time interaction effect in seed yield. In each irrigation regime, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$). B1: Irrigation cut-off at the beginning of flowering; B2: Irrigation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

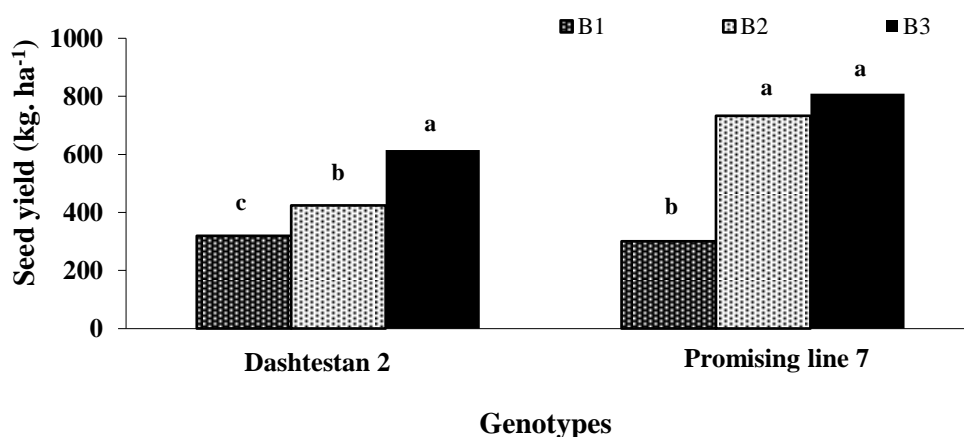


Figure 6. Slicing and mean comparing of irrigation cut-off time \times genotype interaction effect in seed yield. In each genotype, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$). B1: Irrigation cut-off at the beginning of flowering; B2: Irrigation cut-off at the beginning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

وری آب آبیاری در رقم دشتستان ۲ از تیمار قطع آبیاری در ابتدای گلدهی به دست آمد (شکل ۷). 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 ۷). 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 ۷). اگرچه مقدار حداکثر بهره-

بهره‌وری آب آبیاری

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که اثر اصلی تیمار زمان قطع آبیاری و برهم‌کنش آن با ژنوتیپ بر بهره‌وری آب آبیاری معنی‌دار بود (جدول ۴). گرچه نتایج نشان داد که اثر رژیم‌های آبیاری بر این صفت معنی‌دار 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 برهم‌کنش ژنوتیپ در زمان قطع آبیاری نشان می‌دهد که حداکثر بهره-

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 تأثیر 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 تأثیر معنی‌داری داشتند، عملکرد روغن را نیز متأثر ساختند (جدول ۴). روند تغییرات میانگین‌های عملکرد روغن در تیمارهای مختلف نیز مشابه با نتایجی بود که در صفت عملکرد دانه حاصل شد (شکل ۸ و ۹). همبستگی بسیار معنی‌دار و مستقیم عملکرد دانه با عملکرد روغن کنجد در مقایسه با همبستگی ضعیف-تر آن با درصد روغن (Gholamhoseini et al., 2023)، گواه این مطلب است که عملکرد روغن به عنوان یک صفت تعیین‌کننده 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.

وری آب آبیاری در دو ژنوتیپ مورد بررسی تقریباً 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 به دست آمده (۷۳۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار قطع آبیاری در اوایل کپسول-دهی 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 این که می‌تواند عملکردی هم‌تراز (۱۰۴۰ کیلوگرم در هکتار) با متوسط استان داشته باشد، بهره‌وری آب آبیاری را تا ۶۷ درصد افزایش می‌دهد.

درصد و عملکرد روغن

درصد روغن دانه تحت تأثیر 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 هر مقدار وزن هزار دانه بیشتر باشد، محتوی روغن دانه نیز بیشتر است (Sadeghi Garmaroodi et al., 2023).

غلامحسینی و همکاران: ارزیابی عملکرد دانه و بهره‌وری آب...

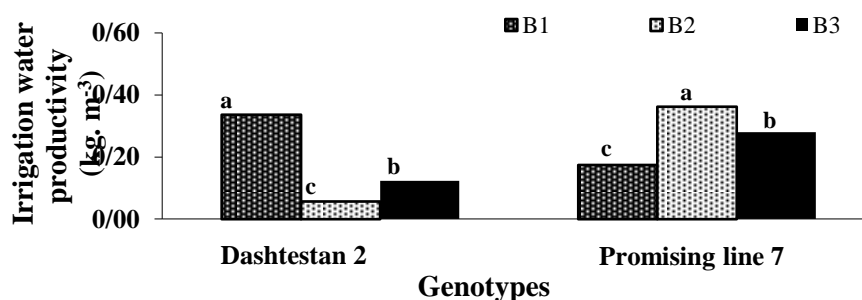


Figure 7. Slicing and mean comparing of irrigation cut-off time × genotype interaction effect in irrigation water productivity. In each genotype, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$). B1: Irrigation cut-off at the beginning of flowering; B2: Irrigation cut-off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

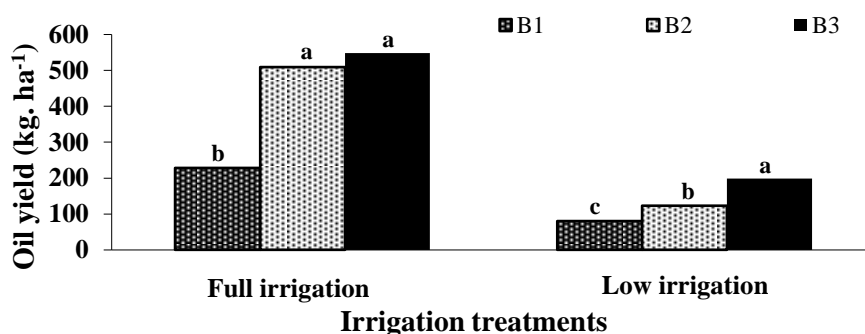


Figure 8. Slicing and mean comparing of irrigation regime × irrigation cut-off time interaction effect in oil yield. In each irrigation regime, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$). B1: Irrigation cut-off at the beginning of flowering; B2: Irrigation cut-off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

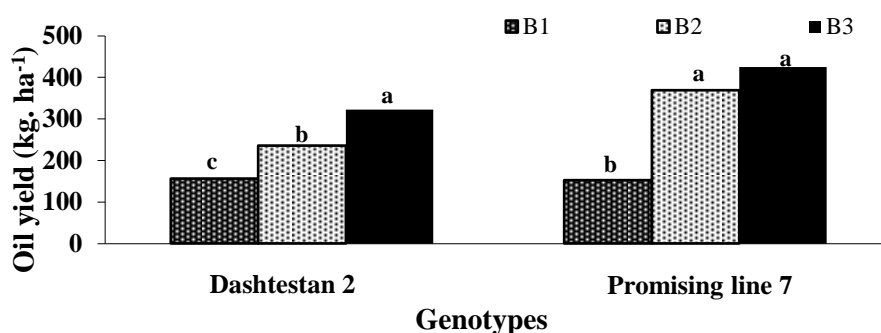


Figure 9. Slicing and mean comparing of irrigation cut-off time × genotype interaction effect in oil yield. In each genotype, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$). B1: Irrigation cut-off at the beginning of flowering; B2: Irrigation cut-off at the beginning of capsule formation; B3: Irrigation cut-off at the mid-capsule formation

نتیجه‌گیری

صرفه‌جویی در مصرف آب علاوه بر جلوگیری از کاهش عملکرد موجب افزایش بهره‌وری آب در زراعت کنجد شد.

نتایج این پژوهش نشان داد علاوه بر این که 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 آبیاری پس از مرحله ابتدای کپسول‌دهی نداشت. این ویژگی لاین شماره ۷ موجب کاهش مصرف آب بدون کاهش 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

سپاس‌گزاری

بدین وسیله نگارندگان قدردانی خود را از مؤسسه 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.

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.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., & Rajaei, 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]
- 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 of 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.