

(OPEN ACCESS)

The Response of Camelina Yield and Yield Components to Different Levels of Salinity and Water Deficit in Greenhouse Conditions

Mahdi Mokari^{*1}, Amir Hossein Ghaderi², Javad Alaei³

1. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Water Science and Engineering, Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran. E-mail: m.mokari@kashmar.ac.ir
2. M.Sc. Graduate of Irrigation and Drainage, Dept. of Water Science and Engineering, College of Agriculture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: amir.hossin.gh1373@gmail.com
3. Ph.D. Student of Irrigation and Drainage, Dept. of Water Science and Engineering, College of Agriculture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: javad.alaei1374@gmail.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Full Paper	Background and Objectives: Considering to pivotal role of oil seed plants in sustainable agriculture, investigation of the effects of environmental stresses such as salinity and drought stress on grain yield is crucial. Due to the decrease in quantity and quality of irrigation water resources in arid and semi-arid regions all over the world, especially in Iran, the application of deficit irrigation management and usage of saline water in the plantation of camelina is inevitable. Therefore, a recent study was carried out aiming to survey the effect of deficit irrigation and different salinity levels on grain yield and water use efficiency of camelina oilseed plants.
Article history: Received: 06.15.2024 Revised: 08.11.2024 Accepted: 08.30.2024	
Keywords: Actual evapotranspiration, Harvest index, Oil seed plant, Water use efficiency	Materials and Methods: The experiment was conducted as factorial in the form of a completely randomized design with three replications in greenhouse conditions in the Kashmar region. Experiment factors were three levels of irrigation water, including $W_0=100\%$, $W_1=75\%$ and $W_2=50\%$ water requirement and four salinity levels, including $S_0=0.7$, $S_1=4$, $S_2=8$ and $S_3=12$ dS m^{-1} . It is necessary to mention that the Salinity tolerance threshold of camelina was 3 dS m^{-1} . The treatment providing 100% irrigation water requirement and 0.7 dS m^{-1} was considered as control. Determination of irrigation water depth for each treatment was done by subtracting the pot weight from the same pot weight in field capacity before each irrigation event. Salinity levels used in this research were prepared by mixing high-saline groundwater with fresh water. Biological yield, shoot dry matter and grain yield (in terms of g/plant) were weighted with an accuracy of 0.001 grams. The harvest index was calculated by dividing grain yield by biological yield.
	Results: The results of variance analysis showed that the effect of salinity on grain yield, biological yield, 1000-seed weight, total dry matter and water use efficiency was significant at 1% probability level ($P<0.01$). The interaction effect of salinity and irrigation water was significant on ET_c , and the drought stress effect was significant on water use efficiency, ET_c , at a 1% probability level ($P<0.01$). In all irrigation levels, the increase of salinity decreased all the above-mentioned traits significantly. The highest value of ET_c by amount of 231 mm belonged to control treatment and the lowest of it belonged to W_2S_3 by amount of 90 mm. The highest value of

grain yield, biological yield, 1000-seed yield and total dry matter belonged to witness treatment (W_0S_0) and was observed by values of 4.48, 18.53, 1.36 and 8.21, respectively. The highest water use efficiency by the value of 0.98 kg m^{-3} occurred in 50% irrigation water requirement, and 0.7 dS m^{-1} salinity level and the lowest of it was observed in 75 and 100% irrigation water requirement and 12 dS m^{-1} salinity level by values of 0.69 and 0.54 kg m^{-3} , respectively.

Conclusion: According to the findings of the present research, it can be said, that the Camelina plant tolerates drought, but does not tolerate water salinity. Since the use of about 90 to 170 mm of irrigation water in the conditions of deficit irrigation did not cause a significant decrease in camellia seed yield, the rainfed cultivation of this crop in the region where the total annual rainfall averages are more than 150 mm is recommended. Rainfed cultivation of this plant in many climates of the country can lead to favorable results such as reducing dependence on the import of oilseeds, preserving water resources and optimal use of rainfed farms.

Cite this article: Mokari, Mahdi, Ghaderi, Amir Hossein, Alaei, Javad. 2025. The Response of Camelina Yield and Yield Components to Different Levels of Salinity and Water Deficit in Greenhouse Conditions. *Journal of Water and Soil Conservation*, 32 (1), 197-215.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/jwsc.2025.22541.3736

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

پاسخ عملکرد و اجزای عملکرد کاملینا به سطوح مختلف شوری و کم‌آبی در شرایط گلخانه‌ای

مهدی مکاری*^۱، امیرحسین قادری^۲، جواد علایی^۳

۱. نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم و مهندسی آب، مرکز آموزش عالی کاشمر، کاشمر، ایران. رایانامه: m.mokari@kashmar.ac.ir
۲. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: amir.hossin.gh1373@gmail.com
۳. دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: javad.alaei1374@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: با توجه به نقش محوری گیاهان دانه روغنی در کشاورزی پایدار، بررسی اثرات تنش‌های محیطی مانند تنش شوری و خشکی بر عملکرد دانه این گیاهان مهم و حیاتی است. به دلیل کاهش کمی و کیفی منابع آب آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان و ازجمله ایران، اعمال مدیریت کم‌آبیاری و استفاده از آب‌های شور در کاشت این گیاه امری اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر کم‌آبیاری و سطوح مختلف شوری بر عملکرد دانه و کارایی مصرف آب گیاه دانه روغنی کاملینا انجام شد.
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۳ تاریخ ویرایش: ۱۳۹۶/۰۵/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۰۹	مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه‌ای در منطقه کاشمر انجام شد. عامل‌های آزمایش سه سطح آب آبیاری شامل $W_0=100$ ، $W_1=75$ و $W_2=50$ نیاز آب آبیاری و چهار سطح شوری شامل $S_0=0/7$ ، $S_1=4$ ، $S_2=8$ و $S_3=12$ دسی‌زیمنس بر متر بودند. لازم به ذکر است که حد آستانه تحمل به شوری گیاه کاملینا سه دسی‌زیمنس بر متر گزارش شده است. تیمار ۱۰۰٪ تأمین نیاز آب آبیاری و شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر (W_0S_0) به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. برای تعیین مقدار آب موردنیاز در هر آبیاری ابتدا گلدان‌ها وزن شدند و سپس از طریق اختلاف وزن اندازه‌گیری شده با وزن گلدان در ظرفیت زراعی و در نظر گرفتن ضریب تیمارهای آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد)، میزان آب لازم برای هر گلدان به‌دست آمد. تیمارهای شوری از طریق اختلاط آب زیرزمینی خیلی شور (شوری بالای ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) با آب شیرین (شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر) و عملکرد بیولوژیک، وزن خشک اندام‌های هوایی و وزن دانه نیز بر حسب گرم در بوته با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم، به‌دست آمدند. از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت محاسبه گردید.
واژه‌های کلیدی: تبخیر و تعرق واقعی، شاخص برداشت، کارایی مصرف آب، گیاه دانه روغنی	

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزاردانه، کل ماده خشک و کارایی مصرف آب و اثر متقابل شوری و مقدار آب آبیاری بر تبخیر و تعرق گیاه و اثر تنش خشکی تنها بر کارایی مصرف آب و تبخیر و تعرق گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ($P < 0/01$). در تمام سطوح آبیاری، افزایش شوری باعث کاهش معنی‌دار صفات فوق‌الذکر شد. بیش‌ترین تبخیر و تعرق گیاه در تیمار شاهد و به‌اندازه ۲۳۱ میلی‌متر و کم‌ترین مقدار آن در تیمار W_2S_3 و به‌اندازه ۹۰ میلی‌متر مشاهده شد. بیش‌ترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزاردانه و کل ماده خشک در تیمار شاهد (W_0S_0) و به‌ترتیب به‌اندازه ۴/۴۸، ۱۸/۵۳، ۱/۳۶ و ۸/۲۱ مشاهده شد. بیش‌ترین کارایی مصرف آب در سطح شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۵۰ درصد نیاز آب آبیاری به‌اندازه ۰/۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب و کم‌ترین مقدار آن در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و در تیمارهای آبیاری ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آب آبیاری و به‌ترتیب به‌اندازه ۰/۶۹ و ۰/۵۴ کیلوگرم بر مترمکعب کامل اتفاق افتاد.

نتیجه‌گیری: با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان گفت: گیاه کاملینا تحمل به خشکی دارد اما شوری آب را تحمل نمی‌کند. از آنجایی که استفاده حدود ۹۰ تا ۱۷۰ میلی‌متر آب آبیاری در شرایط اعمال کم‌آبیاری موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کاملینا نشد، کشت دیم این محصول در منطقه که مجموع بارش سالانه آن به‌طور متوسط از ۱۵۰ میلی‌متر بیش‌تر است، پیشنهاد می‌گردد. کشت و کار این گیاه به‌صورت دیم در بسیاری از اقلیم‌های کشور می‌تواند نتایج مطلوبی مانند کاهش وابستگی به واردات دانه‌های روغنی، حفظ منابع آبی و استفاده بهینه از مزارع دیم را به دنبال داشته باشد.

استناد: مکاری، مهدی، قادری، امیرحسین، علایی، جواد (۱۴۰۴). پاسخ عملکرد و اجزای عملکرد کاملینا به سطوح مختلف شوری و کم‌آبی در شرایط گلخانه‌ای. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۳۲ (۱)، ۲۱۵-۱۹۷.

DOI: 10.22069/jwsc.2025.22541.3736



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که از راه‌های مختلف بر عملکرد و بهره‌وری سیستم‌های گیاهی در سطوح مختلف رشدی اثر می‌گذارد. تنش خشکی نیز می‌تواند بسته به شدت و زمان تنش و مرحله نمو گیاه، بر فنولوژی، رشد (حجم سلول، تقسیم سلولی، دیواره‌سازی سلول، اندازه کلی گیاه و وزن تر و خشک)، عملکرد و اجزای عملکرد تأثیر گذارد. با توجه به محدودیت منابع آبی و کیفیت نامناسب آن‌ها در اکثر مناطق ایران، بررسی اثر تنش شوری و خشکی بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان زراعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

ارزش و اهمیت غذایی دانه‌های روغنی از نظر تأمین کالری و انرژی مورد نیاز انسان در بین محصولات کشاورزی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (۱). کاملینا با نام علمی (*Camelina sativa* (L.) Crantz) از خانواده براسیکاسه، با دانه‌های روغنی کوچک و اقتصادی، از جنوب شرقی اروپا تا جنوب غربی آسیا تولید می‌شود (۲). دانه‌های این گیاه مشابه سایر گیاهان دانه روغنی دارای ۴۵-۲۹ درصد روغن هستند (۳). کاملینا به‌خاطر کاربردهای متنوع در صنایع مختلف مانند استفاده در سوخت‌های زیستی، پلیمرهای زیستی، تولیدات آرایشی و غذایی، به‌عنوان یک گیاه دانه روغنی مهم شناخته می‌شود (۴). این گیاه دانه روغنی هم‌چنین دارای خواص دارویی هم است (۵). کاشت این گیاه در دهه‌های اخیر به دلیل برخی از ویژگی‌های زراعی منحصربه‌فرد آن مانند نیاز به نهاده‌های کشاورزی پایین، سازگاری بسیار بالا با شرایط سخت محیطی و سادگی کاشت، افزایش یافته است (۲). نتایج مطالعات حسینی و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که کاملینا به دماهای پایین مقاوم است؛ بنابراین کاشت این گیاه برای مناطقی که دارای زمستان‌های نسبتاً سرد می‌باشند نیز مناسب است (۶).

فراهم کردن آب کافی برای کشاورزی به یک مسئله بحرانی در بسیاری از مناطق دنیا به‌خصوص نواحی خشک و نیمه‌خشک تبدیل شده است و این موضوع خطر جدی برای تولیدات کشاورزی به شمار می‌رود (۷). خشکی تنش غیرزنده مخربی است که با تغییر در فعالیت‌های متابولیکی گیاه و فیزیولوژی رشد، بهره‌وری و کیفیت محصولات زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۸). اثرات خشکی بر رشد و کیفیت دانه گیاهان دانه روغنی در تولید روغن خوراکی، دارای اهمیت حیاتی است زیرا این گیاهان نقش محوری در کشاورزی پایدار دارند (۹). تنش خشکی به‌عنوان مهم‌ترین عامل محیطی قریب‌الوقوع، عامل اصلی کاهش تولید غذا در سراسر جهان است (۱۰). کمبود آب به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای می‌تواند به رشد و عملکرد محصول آسیب برساند. به‌خوبی مستند شده است که شدت، مدت و زمان وقوع تنش می‌تواند ویژگی‌های کمی و کیفی بسیاری از گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد. مراحل گلدهی و پُر شدن دانه از حساس‌ترین مراحل رشد گیاه به تنش خشکی محسوب می‌شوند. تنش خشکی قادر است فرآیند فتوسنتز، جذب و انتقال مواد غذایی به اندام‌های زایشی گیاه را که اندازه، تعداد، وزن و ترکیبات دانه را تغییر می‌دهند، به‌طور اساسی تحت تأثیر قرار دهد (۱۱). گیاه دانه روغنی کاملینا به دلیل طول دوره رشد نسبتاً کوتاه (۸۵ تا ۱۰۰ روز)، نیاز به مواد غذایی کم و مقاومت بالا به تنش‌های زنده و غیرزنده، پتانسیل زراعی زیادی دارد (۱۲). این گیاه می‌تواند در تناوب زراعی با سایر گیاهان جهت بهبود حاصلخیزی خاک نیز مورد استفاده قرار گیرد (۴). احمد و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود اثر رژیم‌های مختلف آبیاری را بر عملکرد دانه کاملینا مورد بررسی قرار دادند (۱۳). تیمارهای آبیاری در مطالعه آن‌ها عبارت بودند از سه، دو و یک آبیاری در طول دوره رشد. یافته‌های

در نتیجه فتوستتز به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. کاهش میزان فتوستتز منجر به عملکرد کم‌تر گیاه می‌گردد (۱۷).

در بسیاری از کشورها، شور شدن خاک‌ها به مشکل اساسی برای کشاورزی تبدیل شده است به‌طوری‌که شوری حدود ۲۰٪ از اراضی قابل کشت آبی دنیا را تحت‌تأثیر خود قرار داده است (۱۸). در ایران حدود ۲۳۵ هزار کیلومترمربع (۱۴/۲ درصد از کل مساحت کشور) تحت‌تأثیر نمک قرار گرفته است که معادل حدود ۵۰ درصد از اراضی آبی کشور است (۱۹). از آن‌جا که منابع آبی با کیفیت مطلوب برای آبیاری محصولات در جهان محدود است، بنابراین استفاده از آب‌های شور برای کشاورزی اجتناب‌ناپذیر است و در چنین شرایطی، یکی از عوامل مؤثر در تولید و بهره‌برداری از خاک و آب شور، استفاده از ارقام گیاهی مقاوم به شوری است (۲۰). قربانی و جمالی (۲۰۲۱) پژوهشی را جهت بررسی اثر شوری بر عملکرد کینوا در شرایط گلخانه‌ای در گرگان انجام دادند. آن‌ها در پژوهش خود از پنج سطح شوری ۰/۵، ۴/۳، ۸، ۱۱/۸ و ۱۵/۵ دسی‌زیمنس بر متر استفاده کردند. نتایج نشان داد افزایش شوری آب آبیاری منجر به کاهش معنی‌دار برخی صفات رشد و عملکرد گیاه کینوا مانند وزن تر ساقه، برگ و سنبله، عملکرد دانه، وزن هزاردانه و تعداد شاخه فرعی شد (۲۱). با افزایش شوری، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کاهش یافت. زراعت دانه روغنی کاملینا قابلیت فراوانی برای قرار گرفتن در الگوی کشت دیمزارهای ایران را دارد (۲۲). با توجه به این‌که اطلاعات محدودی در خصوص اثر متقابل تنش شوری و خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد کاملینا وجود دارد، هدف از این پژوهش بررسی اثر هم‌زمان تنش شوری و خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دانه روغنی کاملینا است. هم‌چنین وجه تمایز

پژوهش آن‌ها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزاردانه و ارتفاع گیاه به‌ترتیب به‌اندازه ۱/۹ تُن در هکتار، ۸/۳ تُن در هکتار، ۱/۷ گرم و ۱۱۷/۶ سانتی‌متر در شرایط استفاده از سه آبیاری در طول دوره رشد به‌دست آمد. نتیجه پژوهش گائو و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان داد که تنش خشکی از طریق بستن روزنه‌ها باعث کاهش فتوستتز و تعرق در کاملینا گردید (۱۴). نتیجه پژوهش برزو و همکاران (۲۰۲۰) نیز نشان داد تنش خشکی عملکرد دانه کاملینا را که متأثر از طول خورجین، تعداد خورجین و وزن هزاردانه است، کاهش داد (۹). در پژوهش آن‌ها طول خورجین، تعداد خورجین و وزن هزاردانه در تیمار تحت تنش آبی نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب به‌اندازه ۴۰/۶، ۲۵/۱۵ و ۳۲ درصد کاهش یافت. قربانی و همکاران (۲۰۲۰) پاسخ کاملینا به ژنوتیپ‌های مختلف و رژیم‌های آبیاری ۴، ۷ و ۱۰ روز یک‌بار، در شرایط گلخانه را مورد مطالعه قرار دادند. تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و هم‌چنین سطوح تنش خشکی، اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه، طول ریشه، وزن ریشه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت داشتند. یافته‌های پژوهش آن‌ها نشان داد که عملکرد دانه در تیمار تحت تنش خشکی شدید به اندازه ۷۰ درصد نسبت تیمار شاهد کاهش یافت. بیش‌ترین ارتفاع، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب به‌اندازه ۶۰ سانتی‌متر، ۱۰/۱ گرم بر مترمربع، ۰/۷ گرم بر مترمربع برای تیمار شاهد به‌دست آمد (۱۵). نتایج پژوهش طالب‌نژاد و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه و کاه و کلش به‌ترتیب ۶۹۲ و ۲۱۳۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری کامل و کم‌ترین آن به‌ترتیب ۲۶۰ و ۸۵۹ کیلوگرم در هکتار در تیمار دیم مشاهده شد (۱۶). در شرایط کم‌آبی با کاهش آب در بافت‌های گیاهی، تولید رنگدانه‌های کلروفیل‌دار کاهش یافته و

مطالعه حاضر با سایر پژوهش‌های مشابه انجام شده در این زمینه، محاسبه تبخیر و تعرق واقعی گیاه در شرایط تنش شوری و خشکی در گلخانه است، کاری که در مطالعات گذشته به آن پرداخته نشده است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در زمستان سال ۱۴۰۰ و بهار سال ۱۴۰۱ در گلخانه‌ای در منطقه کاشمر اجرا شد. شهر کاشمر در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریای آزاد ۱۱۰۹/۷ متر است. متوسط بارندگی سالانه منطقه ۱۹۲/۱ میلی‌متر است. به منظور کنترل بهتر شرایط حاکم بر آزمایش از نظر اعمال تیمارهای آبیاری و شوری، جلوگیری از سرمازدگی و از بین رفتن گیاه در زمستان و ممانعت از ایجاد اشکال و خطا در تیمارهای کم‌آبیاری در اثر رخداد بارندگی، از پژوهش گلدانی و

محیط داخل گلخانه استفاده شد. کمینه دمای داخل گلخانه ۳ و بیشینه آن ۴۷ درجه سانتی‌گراد بود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل‌های آزمایش سه سطح آب آبیاری شامل $W_0=100\%$ ، $W_1=75\%$ و $W_2=50\%$ نیاز آب آبیاری و چهار سطح شوری شامل $S_0=0/7$ ، $S_1=4$ ، $S_2=8$ و $S_3=12$ دسی‌زیمنس بر متر بودند که در خاک لومی شنی (خاک غالب مناطق کاشمر که در آن‌ها کاملینا کشت می‌شود) اعمال شدند. لازم به ذکر است که حد آستانه تحمل به شوری گیاه کاملینا سه دسی‌زیمنس بر متر گزارش شده است (۲۳). تیمار ۱۰۰٪ تأمین نیاز آب آبیاری و شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر (W_0S_0) به عنوان تیمار شاهد یا کنترلی در نظر گرفته شد. نقشه شماتیک طرح آزمایشی در شکل ۱ و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آب مورد مطالعه و سطوح مختلف شوری در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

تکرار اول	S ₂ W ₂	S ₂ W ₀	S ₀ W ₂	S ₂ W ₁	S ₁ W ₀	S ₃ W ₁	S ₀ W ₀	S ₃ W ₀	S ₀ W ₁	S ₁ W ₂	S ₃ W ₂	S ₁ W ₁
تکرار دوم	S ₁ W ₀	S ₀ W ₂	S ₂ W ₂	S ₃ W ₀	S ₃ W ₁	S ₃ W ₂	S ₂ W ₁	S ₁ W ₁	S ₀ W ₁	S ₀ W ₀	S ₂ W ₀	S ₁ W ₂
تکرار سوم	S ₂ W ₂	S ₀ W ₀	S ₁ W ₁	S ₀ W ₂	S ₃ W ₁	S ₁ W ₀	S ₃ W ₀	S ₂ W ₀	S ₁ W ₂	S ₀ W ₁	S ₃ W ₂	S ₂ W ₁

شکل ۱- نقشه شماتیک طرح آزمایشی.

Figure 1. Schematic plan of experimental design

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده.

Table 1. Physico-chemical characteristics of utilized soil.

کل آهک خاک Total lime of soil (%)	سدیم Na ⁺ (mg kg ⁻¹)	پتاسیم K ⁺ (mg kg ⁻¹)	فسفر P (mg kg ⁻¹)	نیتروژن N (%)	کربن آلی O.C (%)	نسبت جذب سدیم SAR	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	اسیدیته pH	رسی Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	بافت خاک Soil texture
14.6	202.91	173.52	2.9	0.03	0.42	5.89	1.34	7.49	12	17	71	لومی شنی

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی آب شرب، آب شور (چاه عمیق) و سطوح شوری.

Table 2. Chemical analysis results of drinking water, saline water (deep well) and salinity levels.

هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	اسیدیته pH	پتاسیم K ⁺	سدیم Na ⁺	منیزیم Mg ²⁺	کلسیم Ca ²⁺	سولفات SO ₄ ⁻²	کلر Cl ⁻	بی‌کربنات HCO ₃ ⁻	نسبت جذب سدیم SAR	منبع آبی Water supply
0.7	7.75	0.78	20.47	14.88	107.2	14.4	29.75	170.8	0.69	آب شرب Drinking water
13.82	7.25	18.72	2483.31	614.4	576	2625.6	4112.5	219.6	24.15	آب شور Saline water
meq l ⁻¹										کد تیمار آب شور Saline water treatment code
4.19	7.7	0.05	31.52	9.5	7.5	14.87	29.5	4.2	10.81	S ₁
8.23	7.7	0.11	54.78	17.2	19.6	9.29	80	2.4	12.77	S ₂
11.89	7.29	0.46	80	34.4	5.2	26.66	90	3.4	17.97	S ₃

دیجیتالی با دقت یک‌صدم گرم وزن شدند و این وزن به‌عنوان وزن گلدان‌ها در FC در نظر گرفته شد. برای تعیین مقدار آب موردنیاز در هر آبیاری ابتدا گلدان‌ها وزن شدند و سپس از طریق اختلاف وزن اندازه‌گیری شده با وزن گلدان در ظرفیت زراعی و در نظر گرفتن ضریب تیمارهای آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد)، میزان آب لازم برای هر گلدان به‌دست آمد. تیمارهای شوری از طریق اختلاط آب‌زیرزمینی خیلی شور (شوری بالای ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) با آب شیرین (شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر) به‌دست آمدند. حجم و هدایت الکتریکی آب آبیاری و نیز آب زهکش شده در تمام عملیات آبیاری برای هر یک از تیمارها، اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی از

برای کاشت محصول از تعداد ۳۶ گلدان پلاستیکی با ابعاد ۳۰×۳۰×۳۰ سانتی‌متر و خاکی با نسبت ۲۵ درصد پیت ماس، ۲۵ درصد ماسه و ۵۰ درصد خاک مزرعه تحقیقاتی، استفاده شد. برای سهولت در زهکشی، در کف گلدان‌ها به ضخامت سه سانتی‌متر سنگریزه ریخته شد. پنج سانتی‌متر از لبه گلدان برای انجام آبیاری خالی در نظر گرفته شد و بقیه حجم آن به‌گونه‌ای از خاک پُر گردید که وزن تمام گلدان‌ها ۱۴ کیلوگرم باشد. برای تعیین وزن گلدان‌ها در رطوبت معادل گنجایش مزرعه‌ای (FC) و همچنین رفع شوری خاک، گلدان‌ها با آب شرب شهری اشباع و اجازه داده شد زهکشی تا ۴۸ ساعت انجام شود. بعدازاین مدت گلدان‌ها با ترازوی

دستگاه EC متر استفاده شد. مقدار کل آب آبیاری استفاده شده در شرایط آبیاری کامل و اعمال کم آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد، برای سطوح مختلف شوری متفاوت بود. مثلاً برای اعمال کم آبیاری ۷۵ درصد تمام تیمارهای شوری به یک اندازه آب دریافت نکردند (نتایج جدول ۳). به طوری که در سطوح پایین شوری گیاهان آب بیش تر دریافت می کردند، اما به تدریج با افزایش شوری آب آبیاری، میزان حجم آب مصرفی کاهش می یافت. در پایان آزمایش، از خاک هر یک از تیمارهای شوری نمونه خاک از عمق توسعه ریشه برای تعیین هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک گرفته شد.

به دلیل اهمیت کسر آبشویی (LF) در آبیاری با آب شور و جلوگیری از انباشت نمک در محیط خاک، در ادامه این پژوهش اقدام به تعیین این پارامتر شد. بدین منظور ابتدا ضریب غلظت (X) یا نسبت بین میانگین شوری عصاره اشباع خاک (EC_e) و شوری آب آبیاری (EC_{iw}) برحسب دسی زیمنس بر متر در هر یک از تیمارهای آزمایش محاسبه شد (رابطه ۱).

$$X = \frac{EC_e}{EC_{iw}} \quad (1)$$

سپس به کمک رابطه ۲ مقادیر کسر آبشویی در هر یک از تیمارهای آبیاری با آب شور به صورت مجزا تعیین و تحلیل شد (۲۴).

$$LF = 0.3274 \times X^{-1.63} \quad (2)$$

در ۲۵ آذرماه ۱۴۰۰ بذرهای کاملینا رقم سهیل در سینی کاشت، کاشته شدند. انتخاب رقم سهیل به دلیل پرمحصول بودن و مقاومت نسبتاً خوب آن به تنش های محیطی بود. بعد از دو هفته که گیاه چهار برگگی شد نشاها به گلدان ها منتقل شدند (تعداد سه بوته در هر گلدان براساس تراکم ۳۳ بوته در مترمربع)

و به مدت دو هفته در گلدان ها و در شرایط یکسان، با آب شرب آبیاری می شدند. در تاریخ ۲۶ دی ماه ۱۴۰۰، با استقرار کامل گیاه در گلدان ها، اعمال تیمارها شروع شد و تا دوم فروردین ماه ۱۴۰۱ ادامه یافت. برداشت نهایی محصول کاملینا در ۶ فروردین ۱۴۰۱ در زمان زردی و خشک شدن کامل بوته ها و رسیدگی فیزیولوژیکی دانه ها و طی حدود ۱۰۰ روز دوره رشد فنولوژیکی، انجام شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک برای اندازه گیری عملکرد بیولوژیک، وزن خشک اندام های هوایی و وزن دانه، ابتدا سه بوته در هر گلدان با استفاده از قیچی باغبانی از سطح خاک جدا شدند و بلافاصله با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند و میانگین وزن سه بوته به عنوان عملکرد بیولوژیک بر حسب گرم در بوته لحاظ گردید. سپس بوته ها به داخل آون در آزمایشگاه منتقل شدند و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد قرار گرفتند تا آب داخل اندام های گیاه تبخیر شده و بوته ها کاملاً خشک گردند. بعد از آن وزن سه بوته خشک شده با استفاده از ترازو اندازه گیری شد و میانگین وزن سه بوته به عنوان وزن خشک اندام های هوایی گیاه برحسب گرم در بوته در نظر گرفته شد. سپس با جدا کردن دانه ها از غلاف برای هر بوته به صورت مجزا و وزن کردن آن، عملکرد دانه از میانگین وزن دانه های سه بوته برحسب گرم در بوته محاسبه گردید. با توجه به آن که کاشت تعداد سه بوته در هر گلدان براساس تراکم ۳۳ بوته در مترمربع کاملینا در مزرعه انجام شد بنابراین مقادیر عملکرد بیولوژیک، وزن خشک اندام های هوایی و وزن دانه به راحتی قابل تعمیم به کیلوگرم در مترمربع یا کیلوگرم در هکتار می باشند. از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت محاسبه شد. برای اندازه گیری وزن هزاردانه چهار نمونه ۲۵۰ تایی

از هر تیمار شمارش و با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد.

از رابطه ۳ به منظور تعیین میزان آب آبیاری (I) موردنیاز برای رساندن رطوبت خاک هر گلدان به حد ظرفیت زراعی استفاده شد:

$$I = \frac{\frac{W_{fc}-W}{\rho_w}}{1-LF} \quad (3)$$

که در آن، W و W_{fc} به ترتیب عبارت‌اند از جرم گلدان (گرم) درست تا قبل از آبیاری و جرم گلدان در شرایط رطوبت ظرفیت زراعی، ρ_w جرم مخصوص آب (یک گرم بر سانتی متر مکعب) و LF جزء آبشویی است که مقدار آن براساس رابطه ۲ محاسبه شد. زه آب هر گلدان بعد از هر آبیاری از طریق ظرف‌های تعبیه شده در زیر گلدان‌ها جمع‌آوری و اندازه‌گیری می‌شد. تبخیر و تعرق واقعی گیاه در هر گلدان با استفاده از رابطه ۴ و از طریق رابطه بیلان آب خاک تعیین گردید:

$$ET_c = \frac{[(W_n - W_{n+1}) + (I - D_p)]}{A} \quad (4)$$

که در آن، ET_c تبخیر و تعرق روزانه (سانتی متر)، I و D_p به ترتیب میزان آب آبیاری و زهکشی (سانتی متر مکعب)، W_n و W_{n+1} جرم گلدان در دو روز متوالی (گرم) و A سطح بالای گلدان‌ها (سانتی متر مربع) است. توزین روزانه هر گلدان و محاسبه کاهش جرم با استفاده از داده‌های روز قبل احتمال خطای مربوط به افزایش

جرم گیاه در اثر رشد را به حداقل می‌رساند (۲۵). براساس اندازه‌گیری‌های صورت گرفته و تعیین تبخیر و تعرق واقعی گیاه، کارایی مصرف آب برای محصول دانه (WUE) برحسب رابطه ۵ محاسبه شد:

$$WUE = \frac{Y}{ET_a} \quad (5)$$

که در آن، WUE کارایی مصرف آب محصول دانه ET_a ($kg\ m^{-3}$)، Y مقدار محصول دانه ($kg\ ha^{-1}$) و ET_a ($m^3\ ha^{-1}$) کل تبخیر و تعرق واقعی کاملینا در فصل رشد است. به منظور بررسی اثر تیمارهای مختلف بر رشد و محصول گیاه کاملینا و آزمون مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد، نرم‌افزار SPSS Statistics 26 مورد استفاده قرار گرفت. برای انجام محاسبات و رسم شکل‌ها به ترتیب از نرم‌افزارهای اکسل و سیگما پلات استفاده شد.

نتایج و بحث

آب آبیاری: ارتفاع آب آبیاری در طول فصل رشد در جدول ۳ ارائه شده است. مقدار کل آب آبیاری در تیمار آبیاری کامل ۲۳۱ میلی‌متر بود. نئوپان و همکاران (۲۰۲۰)، در نوادا آزمایشی روی سطوح مختلف کم‌آبیاری بر گیاه کاملینا، انجام دادند. مقدار کل آب آبیاری در تیمار آبیاری کامل ۶۸ میلی‌متر بود (۲۶) که این تفاوت می‌تواند ناشی از اختلاف شرایط آب و هوایی با محل پژوهش حاضر باشد (۱۶).

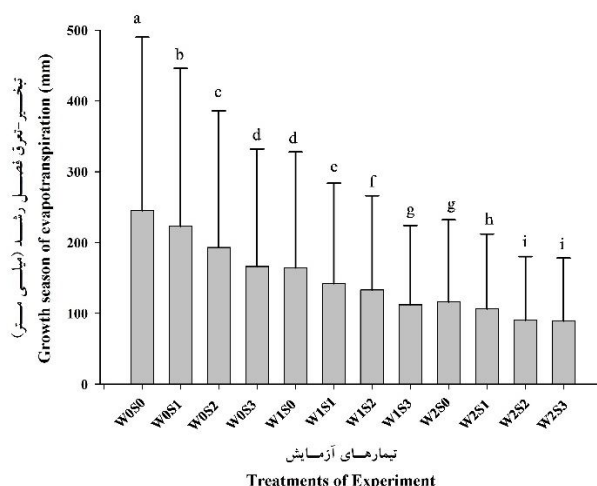
جدول ۳- مقدار کل آب آبیاری (میلی‌متر) گیاه کاملینا در تیمارهای مختلف آزمایش در طول دوره رشد.

Table 3. Cumulative irrigation depth (mm) of camelina in different experiment treatments during the growth period.

W ₂ S ₃	W ₂ S ₂	W ₂ S ₁	W ₂ S ₀	W ₁ S ₃	W ₁ S ₂	W ₁ S ₁	W ₁ S ₀	W ₀ S ₃	W ₀ S ₂	W ₀ S ₁	W ₀ S ₀	تیمار Treatment
90	103	105	116	136	152	155	175	183	200	205	231	ارتفاع آب آبیاری تجمعی Cumulative irrigation depth (mm)

تیمار شاهد و به اندازه ۲۳۰ میلی‌متر و کم‌ترین مقدار آن متعلق به تیمارهای W_2S_2 و W_2S_3 و به ترتیب به اندازه ۱۰۰ و ۹۰ میلی‌متر بود. در شرایط آبیاری با آب غیرشور، اعمال کم‌آبیاری به میزان ۷۵ و ۵۰ درصد، تبخیر و تعرق را نسبت به شرایط نرمال به ترتیب به اندازه ۳۳ و ۵۲ درصد کاهش داد. کاهش تبخیر و تعرق در شرایط اعمال کم‌آبیاری را می‌توان به کاهش هدایت روزنه‌ای و مقدار بخار آب خارج شده از روزنه‌های گیاه مربوط دانست (۱۶).

تبخیر و تعرق: مقدار تبخیر و تعرق گیاه کاملینا در تیمارهای مختلف آزمایش در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که آبیاری، شوری و اثر متقابل آن‌ها بر تبخیر و تعرق در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ($P < 0.01$). با توجه به شکل ۲ مشخص می‌شود که در تمام سطوح آبیاری، با افزایش شوری تبخیر و تعرق به طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین در تمام سطوح شوری، اعمال کم‌آبیاری تبخیر و تعرق را به طور معنی‌داری کاهش داد. بیش‌ترین تبخیر و تعرق متعلق به



شکل ۲- تبخیر و تعرق فصل رشد (میلی‌متر) گیاه کاملینا در تیمارهای مختلف آزمایش.

Figure 2. Crop evapotranspiration of camelina during growth period in different treatments of experiment.

نتایج آن‌ها نشان داده است حداکثر عملکرد دانه ۱۰۱۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری کامل به دست آمد که از مقدار عملکرد دانه حاصله در این مطالعه کم‌تر بوده است (۲۶). این تفاوت می‌تواند ناشی از رقم کاملینا کشت شده و یا شرایط آب و هوایی منطقه مورد نظر باشد (۱۶). هم‌چنین سیتیم و همکاران (۲۰۲۰)، گزارش کردند در ایالت وایومینگ آمریکا در کشت بهاره کاملینا تحت شرایط دیم با کل بارش ۲۵۶ میلی‌متر، حداکثر مقدار عملکرد دانه ۱۰۶۸ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و بیان کردند که تاریخ کاشت

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس در جدول ۴ نشان داد که اثر شوری بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ($P < 0.01$). ولی اثر آبیاری و اثر متقابل شوری و آبیاری بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود. مطابق جدول مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری با آب غیرشور و به طور متوسط ۴/۴۸ گرم بر بوته (۱۴۷۸ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. پژوهشی توسط نئوپان و همکاران (۲۰۲۰)، در نوادا روی سطوح مختلف کم‌آبیاری (آبیاری کامل، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آب آبیاری) بر گیاه کاملینا انجام شد؛

اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (۲۷). جویبان و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری با شاخص برداشت و وزن هزاردانه همبستگی دارد (۲۸). تباسام و همکاران (۲۰۱۴) نیز همبستگی بالا بین عملکرد دانه با ارتفاع گیاه، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه و شاخص برداشت را گزارش نمودند (۲۹). بنابراین بالا بودن وزن هزاردانه، تعداد دانه در خورجین و شاخص برداشت در تیمار آبیاری کامل در پژوهش حاضر نیز دلیلی بر این مدعی است.

در تمام تیمارهای آبیاری، افزایش شوری باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد. با افزایش شوری آب آبیاری به ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد دانه به‌ترتیب به‌اندازه ۲۴/۱، ۳۷ و ۵۳/۵ درصد کاهش یافت. در پژوهشی مشابه غلظت‌های بالای نمک باعث کاهش معنی‌دار عملکرد کاملینا گردید (۳۰). دلیل آن کاهش فراهمی آب برای گیاه، ایجاد سمیت

یونی و افزایش پتانسیل اسمزی در خاک بود (۳۱). نتایج پژوهش غلامیان و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که با افزایش شوری، عملکرد دانه کاملینا و اجزای آن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که با نتایج به دست آمده در این پژوهش هم‌خوانی داشت (۲۳). هم‌چنین نتایج به‌دست‌آمده نشان داد میزان عملکرد محصول در حالت دیم از میزان عملکرد محصول در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بیش‌تر بود که با نتایج پژوهش حاضر، همسو بود. با کاهش مقدار آب آبیاری از ۲۴۵ میلی‌متر (حالت نرمال) به ۱۱۶ میلی‌متر (نزدیک به حالت دیم)، عملکرد دانه کاملینا کاهش معنی‌داری نداشت؛ در صورتی که تغییر کیفیت آب آبیاری از حالت غیرشور به شوری کم (یعنی ۴ دسی‌زیمنس بر متر)، باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود در مناطقی که شوری آب‌زیرزمینی از ۴ دسی‌زیمنس بر متر بیش‌تر است، این محصول به‌صورت دیم کاشت گردد.

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه، صفات زراعی و کارایی مصرف آب کاملینا تحت تنش شوری در رژیم‌های مختلف آبیاری.

Table 4. Variance analysis (MS) of grain yield, agronomic traits and water use efficiency for camelina under salinity stress in different irrigation regimes.

منبع تغییر S.O.V	df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	وزن هزاردانه 1000-seed weight	کل ماده خشک Total dry matter	شاخص برداشت Harvest index	کارایی مصرف آب Water use efficiency	تجزیه و تعریف ET _c
آبیاری Irrigation	2	0.094 ^{ns}	2.11 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.28 ^{ns}	0.583 ^{ns}	0.59 ^{**}	35813.19 ^{**}
شوری Salinity	3	9.249 ^{**}	178.54 ^{**}	0.357 ^{**}	25.18 ^{**}	7.44 ^{ns}	0.24 ^{**}	4878.69 ^{**}
آبیاری × شوری Irrigation × Salinity	6	0.014 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.014 ^{ns}	0.80 ^{ns}	0.006 ^{ns}	367.41 ^{**}
خطا Error	24	0.072	3.13	0.006	0.512	2.52	0.01	8.5
ضریب تغییرات CV (%)		8.4	13.64	6.73	11.6	6.33	17.61	1.96

*، **، ^{ns} به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری است

*, ** and ^{ns} Significant at the 5% and 1% probability levels and not significant, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری مصرف آب کاملینا.

Table 5. Mean comparison for different salinity levels on yield, yield components and water productivity of camelina.

سطح شوری Salinity level	عملکرد دانه (گرم در بوته) Grain yield (g per plant)	عملکرد بیولوژیک (گرم در بوته) Biological yield (g per plant)	وزن هزاردانه 1000-seed weight (g)	کل ماده خشک (گرم در بوته) Total dry matter (g per plant)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) Water use efficiency (kg m ⁻³)
S ₀	4.48 ^a	18.53 ^a	1.36 ^a	8.21 ^a	0.93 ^a
S ₁	3.41 ^b	14.01 ^b	1.24 ^b	6.56 ^b	0.79 ^b
S ₂	2.82 ^c	11.05 ^c	1.12 ^c	5.37 ^c	0.67 ^b
S ₃	2.08 ^d	8.08 ^d	0.89 ^d	4.31 ^d	0.55 ^c

برای هر عامل میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل یک حرف مشترک داشته باشند بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با هم تفاوت معنی‌دار ندارند

Means, in each column for each factor, followed by at least one letter in common are not significant different at the 5% probability level using Duncan's multiple range test

عملکرد بیولوژیک: مقدار آب آبیاری و اثر متقابل

آبیاری و شوری بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود. در صورتی که شوری آب آبیاری، عملکرد بیولوژیک را به‌طور معنی‌داری کاهش داد ($P < 0.01$). بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک در تیمار شاهد و به‌اندازه ۱۸/۵۳ گرم بر بوته و کم‌ترین مقدار آن در تیمار آبیاری با آب خیلی شور (یعنی ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) و به مقدار ۸/۰۸ گرم بر بوته مشاهده شد. کایا و همکاران (۲۰۰۱) نیز بیان نمودند که شوری، رشد رویشی و زایش گیاه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد و موجب کاهش وزن خشک و عملکرد گیاه می‌شود (۳۲). عظیمی گندمانی و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند که با افزایش تنش شوری عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که با نتیجه به‌دست آمده در این پژوهش همسو بود (۳۳). وقتی گیاه در معرض تنش شوری قرار می‌گیرد بر اثر کاهش پتانسیل اسمزی دچار نوعی خشکی فیزیولوژیک شده و ریشه‌ها تحت این شرایط مقدار اسید آبسزیک را افزایش داده که این هورمون از طریق جریان تعرق به اندام‌های هوایی منتقل می‌شود. این هورمون در اندام‌های هوایی سبب کاهش هدایت روزنه‌ها و به

پیروی از آن کاهش تعرق می‌شود (۳۴). در نهایت، به‌دلیل کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن، فتوسنتز و رشد و در نتیجه عملکرد دچار اختلال می‌شود (۳۵). استفان و همکاران (۲۰۱۰) نیز کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک کاملینا در اثر افزایش شوری را گزارش نمودند که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی داشت (۳۰). نتیجه مطالعه احمد و همکاران (۲۰۲۰) نیز نشان داد که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک کاملینا به‌میزان ۸/۳ تن در هکتار در شرایط آبیاری نرمال به‌دست آمد. البته در مطالعه آن‌ها اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود که این نتیجه بر خلاف یافته‌های پژوهش حاضر بود (۱۳). دلیل محتمل این اختلاف را می‌توان به تفاوت نوع تیمارهای آبیاری در دو مطالعه مربوط دانست. در پژوهش احمد و همکاران (۲۰۲۰) تیمار آبیاری نرمال (I₀) شامل سه آبیاری در طول فصل رشد بود. آبیاری اول در مرحله رشد رویشی و ۳۰ روز بعد از کاشت، آبیاری دوم در مرحله گلدهی و ۵۵ روز بعد از کاشت و آبیاری سوم ۷۵ روز بعد از کاشت و در مرحله تشکیل خورجین‌ها انجام شد. تیمار آبیاری I₁ شامل دو آبیاری در طول فصل رشد بود. آبیاری اول در

مرحله گلدهی و آبیاری دوم در مرحله تشکیل خورجین‌ها. تیمار آبیاری I_2 شامل تنها یک آبیاری در مرحله گلدهی و تیمار آبیاری I_3 شامل تنها یک آبیاری در مرحله تشکیل خورجین‌ها. پس اساساً نوع اعمال تنش خشکی در مطالعه احمد و همکاران (۲۰۲۰) متفاوت از نوع اعمال تنش خشکی در مطالعه حاضر بود. بنابراین می‌توان گفت که در مطالعه احمد و همکاران (۲۰۲۰) کل آب دریافتی حتی در تیمار I_0 ممکن است از کل آب دریافتی در تیمار W_2 (یعنی تأمین ۵۰ درصد نیاز آب آبیاری) مطالعه حاضر کم‌تر باشد. بنابراین در مطالعه احمد و همکاران (۲۰۲۰) وجود اختلاف معنی‌دار بین عملکرد بیولوژیک در تیمارهایی که در طول فصل رشد تنها یک بار آبیاری شده‌اند با تیمار شاهد نتیجه دور از انتظاری نیست (۱۳). دلیل دیگر این اختلاف می‌تواند وجود شوری در آب آبیاری در مطالعه حاضر باشد. زیرا در اکثر پژوهش‌هایی که در آن‌ها تنش خشکی اثر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد کاملینا داشته است، آبیاری با آب غیرشور انجام شده و مطالعه‌ای که در آن اثر توأمان تنش شوری و خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد کاملینا مورد بررسی قرار گرفته باشد، یافت نشد. بنابراین شوری آب آبیاری و کاهش جذب آن توسط گیاه و به تبع آن کاهش تبخیر و تعرق گیاه و باقی ماندن رطوبت بیش‌تر در گلدان‌هایی که با آب‌شور آبیاری شدند، می‌تواند دلیل دیگری بر معنی‌دار نشدن تنش خشکی بر عملکرد و اجزای آن در پژوهش حاضر باشد. چرا که اعمال تنش خشکی شدید (یعنی تأمین ۵۰ درصد نیاز آب آبیاری) بر عملکرد و اجزای آن در تیمارهای W_1S_0 ، W_0S_0 و W_2S_0 که با آب غیرشور آبیاری شدند، معنی‌دار بود.

وزن هزاردانه: افزایش تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن هزاردانه در تمام تیمارهای آبیاری شد. اعمال تنش آبی ۷۵ درصد نیاز آب آبیاری باعث

کاهش معنی‌دار وزن هزاردانه نگردید. این نتیجه با نتیجه به‌دست‌آمده در پژوهش طالب‌نژاد و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت داشت (۱۶). بیش‌ترین وزن هزاردانه در تیمار آبیاری کامل و سطح شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر و به مقدار ۱/۳۶ گرم و کم‌ترین مقدار آن در تیمار ۵۰ درصد نیاز آب آبیاری و سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر اتفاق افتاد. اعمال سطوح شوری ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب باعث کاهش ۸/۸، ۱۷/۶ و ۳۲/۳ درصدی وزن هزاردانه نسبت به تیمار شاهد گردید. نتایج پژوهش نئوپان و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که بیش‌ترین وزن هزاردانه در تیمار آبیاری کامل، ۲/۱ گرم به‌دست آمد که از حداکثر وزن هزاردانه به‌دست‌آمده در این پژوهش بیش‌تر بود (۲۶). علت این اختلاف می‌تواند ناشی از تفاوت شرایط آب و هوایی دو منطقه و مدیریت کود کاربردی یا تفاوت در ارقام بذری کاملینا باشد (۱۶). در حالی که نتایج پژوهش جانکوسکی و همکاران (۲۰۱۹) در لهستان نشان داد که حداکثر وزن هزاردانه در کشت بهاره و در شرایط استفاده از کود نیتروژن، ۱/۱۷ گرم به دست آمد که با نتیجه به‌دست‌آمده در این پژوهش، نزدیک بود (۳۶).

شاخص برداشت: شوری، رژیم آبیاری و اثر متقابل آن‌ها بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۴) و تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ($P < 0/05$) نداشتند. در پژوهشی مشابه که در آن تنش خشکی ثابت در طول فصل رشد بر گیاه کاملینا اعمال شد، اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر شاخص برداشت، معنی‌دار نبود که با نتیجه به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر هم‌خوانی داشت (۱۶). اما در پژوهشی دیگر که در آن از سه رژیم آبیاری شامل آبیاری کامل از ابتدا تا انتهای فصل رشد (تیمار شاهد)، قطع آبیاری از مرحله تشکیل خورجین‌ها تا انتهای فصل رشد و قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا

انتهای فصل رشد استفاده شد، اثر تنش خشکی بر شاخص برداشت معنی‌دار بود که این نتیجه با یافته‌های این پژوهش مغایرت داشت (۳۷). همان‌طور که پیش‌تر در قسمت عملکرد بیولوژیک نیز ذکر شد، یک دلیل محتمل بر وجود این اختلاف، تفاوت تیمارهای تنش خشکی در دو آزمایش است. در پژوهش حاضر تنش خشکی به‌طور ثابت از ابتدا تا انتهای فصل رشد بر گیاه اعمال شد و غیرمعنی‌داری اثر تنش خشکی بر شاخص برداشت مشابه مطالعه طالب‌نژاد و همکاران (۲۰۲۱) بود که در مطالعه خود تنش خشکی ثابتی را بر گیاه کاملینا اعمال نمودند (۱۶)؛ اما در پژوهش‌هایی که در آن‌ها تنش خشکی در مقطعی از فصل رشد بر گیاه اعمال می‌شود اثر تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه و در نتیجه بر شاخص برداشت معنی‌دار است و باعث کاهش آن‌ها می‌شود. نتیجه پژوهش قربانی و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که تنش خشکی بر شاخص برداشت کاملینا رقم سهیل معنی‌دار بود که با نتیجه به‌دست آمده در این پژوهش مغایرت داشت. آن‌ها در مطالعه خود اثر تنش آبی را از طریق تغییر دور آبیاری (۴، ۷ و ۱۰ روز) در شرایط گلخانه اعمال نمودند (۱۵). نتیجه مطالعات احمد و همکاران (۲۰۲۰) نیز بیانگر اثر معنی‌دار تنش خشکی بر شاخص برداشت است (۱۳).

کارایی مصرف آب برای محصول دانه: مطابق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴)، اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و شوری بر کارایی مصرف آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود اما اثر متقابل شوری و رژیم آبیاری بر کارایی مصرف آب معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) نشان داد که بیش‌ترین کارایی مصرف آب در سطح شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر به مقدار ۰/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب و کم‌ترین مقدار آن در سطوح شوری ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر

متر به‌ترتیب به‌اندازه ۰/۶۷ و ۰/۵۵ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد. در تمام سطوح آبیاری، افزایش شوری باعث کاهش معنی‌دار کارایی مصرف آب شد. در تمام تیمارهای آبیاری، با افزایش شوری آب آبیاری، عملکرد دانه در مقایسه با تبخیر و تعرق بیش‌تر کاهش یافت. به‌عنوان مثال در تمام سطوح آبیاری، افزایش شوری آب آبیاری از ۰/۷ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد دانه را به‌طور متوسط به‌اندازه ۵۳/۵۷ درصد کاهش داد حال آن‌که کاهش تبخیر و تعرق گیاه در اثر این افزایش شوری به‌طور متوسط ۲۱/۸۲ درصد بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که درصد کاهش بیش‌تر عملکرد دانه در مقایسه با تبخیر و تعرق می‌تواند دلیلی بر کاهش معنی‌دار کارایی مصرف آب با افزایش شوری آب آبیاری باشد. نتایج ارائه شده در شکل ۳ نیز نشان داد که بیش‌ترین کارایی مصرف آب در تیمار ۵۰ درصد نیاز آب آبیاری به‌اندازه ۰/۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب و کم‌ترین مقدار آن در تیمارهای آبیاری ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آب آبیاری و به‌ترتیب به‌اندازه ۰/۶۹ و ۰/۵۴ کیلوگرم بر مترمکعب کامل اتفاق افتاد. با توجه به این‌که اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود، بنابراین بین مقادیر عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری کامل، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آب آبیاری، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. از طرفی تبخیر و تعرق گیاه در تیمار ۵۰ درصد نیاز آب آبیاری در مقایسه با تیمار آبیاری کامل تقریباً به نصف کاهش یافت. بنابراین دست یافتن به حداکثر کارایی مصرف آب برای محصول دانه دور از انتظار نبود. این نتیجه با نتایج پژوهش طالب‌نژاد و همکاران (۲۰۲۱) هم‌خوانی داشت. آن‌ها در مطالعه خود نشان دادند که بیش‌ترین کارایی مصرف آب برای محصول دانه کاملینا برابر ۰/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار دیم و کم‌ترین مقدار آن برای تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد (۱۶).

کل ماده خشک: نتایج تجزیه واریانس کل ماده خشک در جدول ۴ نشان داد که تنها اثر شوری آب آبیاری بر کاهش کل ماده خشک کاملینا معنی‌دار بود ($P < 0.01$) و اثر سطوح مختلف آب آبیاری و اثر متقابل شوری و آب آبیاری بر کل ماده خشک معنی‌دار نبود. بیش‌ترین مقدار ماده خشک در شرایط آبیاری با آب غیرشور و به مقدار ۸/۲۱ گرم بر بوته (۲۷۰۹ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین مقدار آن در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و به مقدار ۴/۳۱ گرم بر بوته (۱۴۲۲ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. با افزایش شوری آب آبیاری به ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، کل ماده خشک نسبت به شرایط نرمال به‌ترتیب به‌اندازه ۲۰/۷، ۳۴/۵ و ۴۷/۵ درصد کاهش یافت. طالب‌نژاد و همکاران (۲۰۲۱) نیز در پژوهش خود مقدار کل ماده خشک در شرایط آبیاری کامل را ۲۸۲۲ کیلوگرم بر هکتار گزارش کردند که به نتیجه به‌دست آمده در این پژوهش نزدیک بود (۱۶). اما نثویان و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی دوساله در نوا با آب و هوای خشک، مقدار کل ماده خشک در تیمار آبیاری کامل را ۲۲۹۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آوردند که به‌اندازه ۱۵/۲ درصد کم‌تر از مقدار آن در پژوهش حاضر بود (۲۶).

نتیجه‌گیری کلی

برداشت بی‌رویه از منابع آب‌زیرزمینی و کاهش کیفیت این منابع از یک‌سو و رخداد خشک‌سالی‌های چند دهه اخیر و کمیابی آب در کشور از سوی دیگر، استفاده از آب‌های با کیفیت پایین و اعمال کم‌آبیاری در کشاورزی را به امری اجتناب‌ناپذیر تبدیل ساخته است. از مهم‌ترین مشکلات کیفی آب‌های زیرزمینی افزایش هدایت الکتریکی یا شور شدن این منابع در اکثر دشت‌های کشور، به‌ویژه دشت ممنوعه بحرانی کاشمر، مشاهده می‌شود. افزایش چشم‌گیر شوری منابع آب‌زیرزمینی (در برخی مناطق تا ۱۸ دسی‌زیمنس

بر متر) و کاهش قابل‌ملاحظه این منابع در این منطقه، کشاورزان را با مشکلات جدی مواجه ساخته است. بنابراین تغییر رویکرد در الگوی کشت منطقه و کاشت گیاهان کم‌آب طلب و مقاوم به شوری از استراتژی‌های مهم مدیریتی جهت مقابله با این بحران‌ها قلمداد می‌شود. به این منظور انجام پژوهش‌هایی در خصوص بررسی پاسخ گیاهان زراعی مختلف به شوری و کم‌آبی در منطقه لازم و ضروری به‌نظر می‌رسد. در همین راستا پژوهش حاضر به بررسی عکس‌العمل گیاه دانه روغنی و ارزشمند کاملینا به شرایط کم‌آبی و شوری آب آبیاری پرداخت. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان گفت: گیاه کاملینا تحمل به خشکی دارد اما شوری آب را تحمل نمی‌کند. با توجه به کاهش معنی‌دار محصول اقتصادی گیاه کاملینا یعنی عملکرد دانه در شوری‌های بیش‌تر از چهار دسی‌زیمنس بر متر و با عنایت به این موضوع که شوری آب اکثر چاه‌های عمیق در منطقه بیش‌تر از این مقدار است، کاشت این محصول به‌صورت آبی در منطقه توصیه نمی‌شود؛ اما از آنجایی که استفاده حدود ۹۰ تا ۱۷۰ میلی‌متر آب آبیاری در شرایط اعمال کم‌آبیاری، موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کاملینا نشد، کشت دیم این محصول در منطقه که مجموع بارش سالانه آن به‌طور متوسط از ۱۵۰ میلی‌متر بیش‌تر است، پیشنهاد می‌گردد. کشت و کار این گیاه به‌صورت دیم در بسیاری از اقلیم‌های کشور می‌تواند نتایج مطلوبی مانند کاهش وابستگی به واردات دانه‌های روغنی، حفظ منابع آبی و استفاده بهینه از مزارع دیم را به‌دنبال داشته باشد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از داوران محترم که با نظرات ارزشمند خود موجب بهبود متن حاضر شده‌اند تشکر می‌نمایند.

داده‌ها، اطلاعات و دسترسی

داده‌های این متن مرتبط با پروژه تحقیقاتی با عنوان بررسی تأثیر هم‌زمان تنش شوری و خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد کاملینا در مرکز آموزش عالی کاشمر می‌باشد. دسترسی به داده‌ها و اطلاعات خام پروژه از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول میسر خواهد بود.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌ها می‌باشد.

حمایت مالی

این پژوهش از حمایت مستقیم مالی برخوردار نبوده است ولی از آزمایشگاه و امکانات مرکز آموزش عالی کاشمر استفاده گردیده است.

تعارض منافع

در این مقاله تضاد منافی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: عضو هیأت علمی گروه علوم و مهندسی آب مرکز آموزش عالی کاشمر است و آماده‌سازی داده‌ها، انجام محاسبات، تهیه پیش‌نویس مقاله، طرح پژوهش و روش‌شناسی، اصلاح و

منابع

1. Hosseini-fard, M., Ghorbani Javid, M., Soltani, E., Alahdadi, I., & Kahrizi, D. (2022). Study of growth indices and yield of double haploid lines of Camelina plant (*Camelina sativa* L.). *Crop Production*. 16(2), 23-42. [In Persian]
2. Zhang, C. J., Gao, Y., Jiang, C., Liu, L., Wang, Y., Kim, D. S., Yu, J., Yu, L., Li, F., Fan, Y., Chen, M., Zhang, Y., Min, X., Zhang, H., & Yan, X. (2021). Camelina seed yield and quality in different growing environments in northern China. *Industrial Crops and Products*. 172, 114071.
3. Zanetti, F., Alberghini, B., Jeromela, A. M., Grahovac, N., Rajkovic, D., Kiproviski, B., & Monti, A. (2021). Camelina, an ancient oilseed crop actively contributing to the rural renaissance in Europe. A Review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(1), 1-18.
4. Anderson, J. V., Wittenberg, A., Li, H., & Berti, M. T. (2019). High throughput phenotyping of Camelina sativa seeds for crude protein, total oil, and fatty acids profile by near infrared spectroscopy. *Industrial Crops and Products*. 137, 501-507.
5. Zanetti, F., Eynck, C., Christou, M., Krzyzaniak, M., Righini, D., Alexopoulou, E., Stolarski, M. J., Van Loo, E. N., Puttick, D., & Monti, A. (2017). Agronomic performance and seed quality attributes of Camelina (*Camelina sativa* L. crantz) in multi-environment trials across Europe and Canada. *Industrial Crops and Products*. 107, 602-608.
6. Hosseini Sanekhoori, F., Pirdashti, H., & Balhshandeh, E. (2023). Effect of environmental factors on camelina sativa seed germination and emergence. *Acta Physiologiae Plantarum*. 45, 1-14.

7. Rezaei-Chiyaneh, E., Seyyedi, M., Ebrahimian, E., Siavash Moghaddam, S., & Damalas, C. A. (2018). Exogenous application of gamma-aminobutyric acid (GABA) alleviates the effect of water deficit stress in black cumin (*Nigella sativa* L.). *Industrial Crops Products*. 112, 741-748.
8. Daryanto, S., Wang, L., & Jacinthe, P. A. (2016). Global synthesis of drought effects on maize and wheat production. *Plos One*. 11(5), 1-15.
9. Borzoo, S., Mohsenzadeh, S., Moradshahi, A., Kahrizi, D., Zamani, H., & Zarei, M. (2021). Characterization of physiological responses and fatty acid compositions of *Camelina sativa* genotypes under water deficit stress and symbiosis with *Micrococcus yunnanensis*. *Symbiosis*. 83, 79-90.
10. Falaknaz, M., Aalami, A., Mehrabi, A., Sabouri, A., Kahrizi, D., & Karimi, N. (2019). Cellular and physiological responses to drought stress in *Aegilops tauschii* genotypes. *Cellular and Molecular Biology*. 65(7), 84-94.
11. Sehgal, A., Sita, K., Siddique, K. H., Kumar, R., Bhogireddy, S., Varshney, R. K., & Nayyar, H. (2018). Drought or/and heat stress effects on seed filling in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality. *Frontiers in Plant Science*. 9, 1-19.
12. Yuan, L., Mao, X., Zhao, K., Ji, C., Xue, J., & Li, R. (2017). Characterization of phospholipid: diacylglycerol acyltransferases (PDATs) from *Camelina sativa* and their roles in stress responses. *Biology Open*. 6(7), 1024-1034.
13. Ahmed, Z., Liu, J., Waraich, E. A., Yan, Y., Qi, Z., Gui, D., Zeng, F., Tariq, A., Shareef, M., Iqbal, H., Murtaza, G., & Zhang, Z. (2020). Differential physio-biochemical and yield responses of *Camelina sativa* L. under varying irrigation water regimes in semi-arid climatic conditions. *Plos One*, 15(12), 1-18.
14. Gao, L., Caldwell, C. D., & Jiang, Y. (2018). Photosynthesis and growth of *Camelina* and *Canola* in response to water deficit and applied nitrogen. *Crop Science Society of America*. 58, 393-401.
15. Ghorbani, M., Kahrizi, D., & Chaghakaboodi, Z. (2020). Evaluation of *Camelina sativa* doubled haploid lines for the response to water-deficit stress. *Journal of Medicinal Plants and By-products*. 2, 193-199.
16. Talebnejad, R., Lor-Mohammad-Hassani, M., & Sepaskhah, A. R. (2021). Winter cultivation of *Camelina* under different irrigation regimes in Bajgah region of Fars province. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 15(5), 1081-1091. [In Persian]
17. Ahmed, Z., Waraich, E. A., Qi, Z., Gui, D., Shreef, M., & Iqbal, H. (2019). Physio-biochemical and yield responses of two contrasting *Camelina sativa* L. breeding lines under drought stress. *International Journal of Agriculture and Biology*. 22, 1187-1196.
18. Huang, P., He, L., Abbas, A., Hussain, S., Hussain, S., Du, D., Hafeez, M. B., Balooch, S., Zahra, N., Ren, X., Rafiq, M., & Saqib, M. (2021). Seed priming with Sorghum water extract improves the performance of *Camelina (Camelina sativa* (L.) Crantz.) under salt stress. *Plants*. 10(4), 1-15.
19. Pazira, E. (1999). Land reclamation research on soil physico-chemical improvement by salt leaching in South-Western part of Iran. Innovation of Agricultural Engineering Technologies for the 21st century, P.R. China.
20. Gholizadeh, A. (2013). Evaluation of some Iranian commercial bread wheat cultivars regarding to salinity stress. Tarbiat Modares University. Tehran. M.Sc. Thesis. 132 p. [In Persian]
21. Ghorbani, Kh., & Jamali, S. (2021). The effects of irrigation with different mixture Caspian seawater and fresh water on yield of quinoa (c.v. Sajama) in greenhouse conditions. *Journal of Water*

- and Soil Conservation*. 28(2), 63-81. [In Persian]
22. Teimoori, N., Ghobadi, M., & Kahrizi. (2023). The use of silicon in controlling osmotic stress and its effect on seed germination characteristics and seedling growth of Camelina. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*. 12(3), 65-78.
23. Golamian, S. M., Ghamarnia, H., & Kahrizi, D. (2017). Effects of saline water on Camelina (*Camelina sativa*) yield in greenhouse condition. *Water and Irrigation Management*. 7(2), 333-347. [In Persian]
24. Ayers, R. S., & Westcott, D. W. (1985). Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage paper, No. 29, Rev. 1, FAO, Rome.
25. Rafiee, M. R., Moazed, H., Ghaemi, A. A., & Broomandnasab, S. (2016). FAO-56 method for estimating evapotranspiration and crop coefficients of eggplant in greenhouse and outdoor conditions. *Journal of Irrigation Sciences and Engineering*. 39(8), 59-77. [In Persian]
26. Neupane, D., Solomon, J. K., McLennon, E., Davison, J., & Lawry, T. (2020). Camelina production parameters response to different irrigation regimes. *Industrial Crops and Products*. 148, 112286.
27. Sintim, H. Y., Zheljaskov, V. D., Obour, A. K., Garcia, A., & Foulke, T. K. (2020). Evaluating agronomic responses of camelina to seeding date under rainfed conditions. *Agronomy Journal*. 108(1), 349-357.
28. Jouyban, A., Give, H. S., & Noryan, M. (2015). Relationship between agronomic and morphological traits in barley varieties under drought stress condition. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. 9(9), 1507-1511.
29. Tabassam, M. A., Hussain, M., Sami, A., Shabbir, I., Bhutta, M. A., Mubusher, M., & Ahmad, S. (2014). Impact of drought on the growth and yield of wheat. *Scientia Agriculture*. 7(1), 8-11.
30. Steppuhn, H., Falk, K. C., & Zhou, R. (2010). Emergence, height, grain yield and oil content of camelina and canola grown in saline media. *Canadian Journal of Soil Science*. 90, 151-164.
31. Ashraf, M., & Foolad, M. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*. 59(2), 206-216.
32. Kaya, C., Higgs, D., & Kirnak, H. (2001). The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *Plant Physiology*. 27, 47-59.
33. Azimi Gandomani, M., Faraji, H., Dehdari, A., Movahhedi Dehnavi, M., & Alinaghizadeh, M. (2009). Evaluation of the effect of salinity stress on ion accumulation, quantitative and qualitative yield of spring rapeseed cultivars. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 1(1), 27-37. [In Persian]
34. Zlatev, Z. S., & Yordanov, I. T. (2004). Effect of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. *Plant Physiology*. 30(4), 3-18.
35. Ashraf, M. (2001). Relationships between growth and gas exchange characteristics in some salt tolerant amphidiploids Brassica species in relation to their diploid parents. *Environmental and Experimental Botany*. 45, 155-163.
36. Jankowski, K. J., Sokolski, M., & Kordan, B. (2019). Camelina: yield and quality response to nitrogen and sulfur fertilization in Poland. *Industrial Crops and Products*. 141, 111776.
37. Amiri Darban, N., Nourmohammadi, Gh., Shirani Rad, A. H., Mirhadi, S. M. J., & Majidi Heravan, I. (2020). Investigation the effect of ammonium sulfate and potassium sulfate application on seed and oil yields of Camelina (*camelina sativa* L.) under late-season drought stress. *Agricultural Science and Sustainable Production*. 30(2), 239-251. [In Persian]

