University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 17, No. 4, pp. 769-780 (Winter 2025)

https://doi.org/10.22077/ESCS.2024.6480.2220

Original article

The response of yield and some morphological characteristics of safflower cultivars to water stress

P. Hasanvand[1], Gh.R. Zamani[2*], A.A. Maghsoudi Moud[3]

1. *PhD student of Agronomy, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran*
2. *Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran*
3. *Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran*

Received 14 June 2023; Accepted 8 August 2023

Extended abstract

Introduction

Oilseeds are the second main source of human food after cereals. Safflower is an oilseed crop with favorable and unique characteristics that make it a valuable oilseed crop. Safflower due to having long roots and the high ability for absorbing water from deep soil layers, is considered as a low water-tolerant plant; but after the rosette stage, it becomes more sensitive to water stress such that since the first signs of inflorescence emergence up to the middle of the grain-filling period, it shows more sensitivity to this kind of stress. Increasing need for oil production on one hand and increasing levels of drought due to world climatic changes on the other hand makes it necessary to seek for more water stress tolerant plants such as safflower with relatively high yield capacity under low water content areas. Meanwhile the area under cultivation of safflower should increase. Agricultural and environmental factors can affect safflower seed yield and seed oil content. Therefore, it is important to investigate different environmental factors and their effects on growth and yield performance of safflower plants. Limitations of water resources makes it more difficult to grow safflower plants. Furthermore increasing levels of per capita oil consumption in Iran indicates that oilseed production must increase. Therefore, One of the objectives of this research was to identify and evaluate species and cultivars resistant to water stress and to find the plant stages sensitive to water stress.

Materials and methods

In order to evaluate the effects of water stress on some morphological, yield and yield components of different safflower cultivars, an experiment was carried out as split plots based on randomized complete blocks design with three replications at the experimental field 56° 58' E; 30° 15' N; 1754 meters above sea level of Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar university of Kerman, Iran during 2019-2020 growing season. Water stress applied at three levels including 40, 60 and 100% of full crop water requirement in the main-plots and 6 Iranian safflower cultivars including Faraman, Goldasht, Golmehr, Parnian, Padideh and Sina assigned to the sub-plots. Physical and chemical properties and nutrient elements content of the soil before planting were measured using samples taken from of 0-30 cm soil depth of experimental location. Seeds planted manually and plots fully irrigated immediately after

* Corresponding author: Gholam Reza Zamani; E-Mail: gzamani@birjand.ac.ir

© 2025, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

planting. Thereafter, plants irrigated throughout the growth period based on the calculated values of the water requirement of the plant.

Results and discussion

Based on results, the treatment 40% of the plant water requirement had a significant reduction effect compared to other treatments of water stress on the studied traits in all investigated cultivars. The results Data analysis showed that water stress had not a significant effect on lateral branch number, but it causes a significant reduction in all traits, Including the plant height, number of heads per plant, number of seed per head, head diameter, 1000 seed weight, seed oil content, oil yield and seed yield. Significant differences found among cultivars in term of all other plant characteristics. Meanwhile, Highest values of 1000 seed weight (37.2 g), oil yield (461.8 $kg.ha^{-1}$) and seed yield (1592.6 $kg.ha^{-1}$) observed in Faraman cultivar. The Interaction effects between irrigation treatment and cultivar were significant in case of number of heads per plant, number of lateral branches, oil yield and seed yield. However, the Faraman cultivar had more grain yield potential in water stress conditions than the other investigated safflower cultivars.

Conclusion

Generally, results showed that the reaction of the six cultivars investigated in terms of plant height, number of heads per plant, number of seed per head, number of lateral branches, 1000 seed weight, head diameter, seed oil content, oil yield and seed yield were affected by water stress. The highest values of 1000 seed weight, oil yield and seed yield among the investigated safflower cultivars were related to Faraman cultivar. Meanwhile, cultivar Faraman showed higher seed yield potential under water stress conditions compared to the other cultivars. Therefore, to achieve higher yield, Faraman recommended to be grown under low soil water content condition.

Keywords: Head, Oil content, Plant water requirement, Thousand seed weight

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد هفدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۳

https://doi.org/10.22077/ESCS.2024.6480.2220

مقاله پژوهشی

پاسخ ارقام گلرنگ از نظر برخی صفات مورفولوژیکی و عملکرد به تنش رطوبتی

پری حسنوند[۱]، غلامرضا زمانی*[۲]، علی‌اکبر مقصودی‌مود[۳]

۱. دانشجوی دکتری زراعت، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند
۲. دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند
۳. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
درصد روغن
غوزه
نیاز آبی گیاه
وزن هزار دانه

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۳/۲۴

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۰۵/۱۷

تاریخ انتشار:
زمستان ۱۴۰۳

۱۷(۴): ۷۶۹-۷۸۰

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش رطوبتی بر برخی صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گلرنگ، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان اجرا گردید. تنش رطوبتی در سه سطح شامل ۱۰۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه در کرت‌های اصلی و عامل فرعی شش رقم ایرانی گلرنگ شامل فرامان، گلدشت، گل‌مهر، پرنیان، پدیده و سینا بودند. بر اساس نتایج آزمایش تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی گلرنگ اثر کاهشی معنی‌داری نسبت به سایر تیمارهای تنش رطوبتی بر روی صفات موردمطالعه در همه ارقام موردبررسی داشت. تجزیه داده‌های به‌دست‌آمده نشان داد که تنش رطوبتی بر تعداد شاخه‌های جانبی مؤثر نبود ولی سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، قطر غوزه، وزن هزار دانه، درصد روغن دانه، عملکرد روغن و عملکرد دانه گردید. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین ارقام گلرنگ از نظر همه صفات موردبررسی تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بیشترین مقادیر میانگین وزن هزار دانه (۳۷/۲ گرم)، عملکرد روغن (۴۶۱/۸ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۱۵۹۲/۶ کیلوگرم در هکتار) در رقم فرامان مشاهده شد. اثرات برهمکنش بین تنش رطوبتی و رقم به‌طور معنی‌داری روی صفات تعداد غوزه در بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، عملکرد روغن و عملکرد دانه تأثیرگذار بود. بااین‌وجود رقم فرامان نسبت به سایر ارقام موردبررسی دارای پتانسیل عملکرد دانه بیشتری در شرایط تنش رطوبتی بود.

مقدمه

گیاهان دانه روغنی بعد از غلات دومین ذخایر غذایی در سطح جهان را شامل می‌شوند (Bayati et al., 2020). گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) به دلیل کیفیت بالای روغن دانه و مصارف صنعتی، دارویی و غذایی و داشتن ویژگی‌های زراعی چون فصل رشد کوتاه در کشت تابستانه و مقاومت بالا به تنش خشکی، به‌عنوان گیاه روغنی باارزشی جهت کشت در مناطق کم آب، دارای اهمیت است (Hussain et al., 2016; Hashemi et al., 2020). اگرچه گلرنگ به دلیل ریشه‌های طویل و جذب رطوبت از عمق خاک تحمل‌پذیری بالایی نسبت به شرایط تنش خشکی دارا است (Rameshknia et al., 2013) ولی این مقاومت در طول دوره رشد باثبات نبوده و در مرحله پیدایش گل‌آذین تا اواسط پر شدن دانه، به تنش رطوبتی حساس می‌گردد (Rahmani et al., 2019). بااین‌وجود عوامل بهزراعی و محیطی می‌تواند بر عملکرد دانه و روغن گلرنگ تأثیرگذار باشد (Roche et al., 2019). با توجه به اینکه اطلاعات اندکی در مورد گیاه گلرنگ و عوامل محیطی متأثر بر آن در مقایسه با سایر گیاهان دانه روغنی وجود دارد (Torabi et al., 2015; OZ, 2016)، بنابراین مطالعه و بررسی عوامل محیطی و تأثیر آن‌ها بر رشد و عملکرد گلرنگ بسیار مهم است. نیاز به واردات بالای روغن در کشور

* نگارنده پاسخگو: غلامرضا زمانی. پست الکترونیک: gzamani@birjand.ac.ir

ایران و نیز محدودیت کمبود منابع آبی جهت تولید گیاهان دانه روغنی، ارزیابی ارقام مقاوم به تنش رطوبتی و یافتن مراحل حساس گلرنگ به تنش خشکی را ضروری می‌سازد (Mousavifar et al., 2010). گزارش‌ها حاکی از آن است که گلرنگ‌های در معرض تنش رطوبتی در مرحله گلدهی و گرده‌افشانی ۵ /۲۱ درصد دانه در غوزه کمتری نسبت به گیاهان رشد یافته در شرایط عادی بروز دادند (Maghsoudi et al., 2018). نتایج مطالعات نشان می‌دهد گیاهان عکس‌العمل‌های متفاوتی نسبت به تنش رطوبتی در سطوح مرفولوژی، فیزیولوژی و آناتومیکی نشان می‌دهند (Bagheri et al., 2019) که به عواملی همانند شدت و مدت تنش و ژنوتیپ گیاه وابسته است (Rady et al., 2020). بر اساس نتایج گزارش‌ها نسبت کاهش عملکرد دانه گلرنگ تحت تنش رطوبتی در مناطق مختلف بین ۰/۷ تا ۳/۷ تن در هکتار متغیر است (Kocaman et al., 2016). با اعمال تنش رطوبتی در مرحله غوزه‌دهی و گلدهی عملکرد دانه گلرنگ به ترتیب ۴۰/۹۲ و ۳۵/۳۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (Tahmasbpour et al., 2017). طبق بررسی‌های موردمطالعه در شرایط تنش خشکی در بین ارقام گلرنگ، تفاوت ژنتیکی معناداری از لحاظ عملکرد دانه مشاهده گردید که امکان انتخاب ارقام مقاوم به شرایط تنش آبی را فراهم می‌کند (Bortolheiro and Silva, 2017). بر این اساس جهت بررسی اثر تنش رطوبتی بر صفات موردمطالعه ارقام گلرنگ، در شرایط آب و هوایی استان کرمان آزمایشی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان با طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و میانگین بارندگی ۱۵۰ میلی‌متر با ارتفاع ۱۷۵۴ متر از سطح دریا در پائیز سال زراعی ۹۹– ۱۳۹۸ اجرا شد. عامل اصلی تنش رطوبتی در سه سطح شامل ۱۰۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه و عامل فرعی ارقام ایرانی گلرنگ در شش سطح شامل فرامان، گلدشت، گل‌مهر، پرنیان، پدیده و سینا بودند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت با نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش موردمطالعه قرار گرفت (جدول ۱). بر اساس نتایج آزمون خاک مزرعه و توصیه کودی، کود اوره بر مبنای ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در سه نوبت ۵۰ کیلوگرم به‌صورت پایه، ۵۰ کیلوگرم در مرحله ساقه‌روی و ۵۰ کیلوگرم در مرحله گلدهی، کود سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به ترتیب بر مبنای ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت پایه به خاک اضافه گردید. عملیات آماده‌سازی شامل شخم، دیسک‌زنی، تسطیح زمین و کرت‌بندی بود. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به طول سه متر بود. فاصله بین بوته‌ها روی خطوط کاشت ۷-۵ سانتی‌متر و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. عملیات کاشت در ۲۷ آبان ماه به‌صورت دستی صورت گرفت. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت برای تمام تیمارها انجام شد. اعمال تنش رطوبتی بعد از آبیاری اولیه در طول دوره رشد، بر اساس مقادیر نیاز آبی گلرنگ و دور آبیاری محاسبه‌شده با نرم‌افزار cropwat version 8i، به‌وسیله پمپ آبیاری انجام گرفت. میزان آب ورودی به مزرعه با کنتور اندازه‌گیری شد. جهت تعیین مقدار، زمان و سطوح تیمارهای آبیاری با نرم‌افزار cropwat (روش پنمن-مانتیث) مطابق روش فائو-۵۶ (Allen et al., 1998)، ابتدا از پارامترهای هواشناسی مؤثر بر تبخیر و تعرق (متوسط دمای حداکثر و حداقل، متوسط رطوبت نسبی، متوسط سرعت باد و متوسط ساعت آفتابی در روز) در شرایط آب و هوایی دانشگاه شهید باهنر کرمان استفاده و نیاز آبی گیاه مرجع (ET_0) برآورد شد، سپس با اعمال ضریب گیاهی (KC)، نیاز آبی گیاه گلرنگ محاسبه گردید.

نیاز آبی گلرنگ در طول فصل رشد از رابطه زیر محاسبه شد.

$$CWRi = (ET_0 \times K_C \times A) \quad [۱]$$

که در آن CWRi نیاز آبی گیاه در طول رشد برحسب میلی‌متر، ETo تبخیر و تعرق گیاه مرجع در محل موردنظر برای روز tام برحسب میلی‌متر، Kc ضریب گیاهی برای روز tام و A مساحت کشت است.

عملیات برداشت در تاریخ ۳۰ تیرماه با رسیدن بوته‌ها به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، از هر کرت آزمایشی دو مترمربع از دو ردیف میانی با حذف حاشیه‌ها برداشت و صفات عملکرد و اجزای عملکرد اندازه‌گیری شد. تعداد غوزه، تعداد دانه‌های موجود در غوزه و قطر غوزه در بوته‌ها اندازه‌گیری و ثبت گردید. درصد روغن موجود در دانه پس از آسیاب‌کردن دانه‌ها با استفاده از دستگاه سوکسله و حلال N- هگزان انجام گردید (Joshi et al., 1998). عملکرد روغن از حاصل‌ضرب عملکرد

دانه در درصد روغن دانه حاصل گردید. همچنین وزن هزار دانه با توزین و میانگین سه نمونه ۱۰۰۰ تایی از هر تکرار ثبت شد. تجزیه واریانس صفات با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۱۶) انجام گرفت و میانگین تیمارها به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با نرم‌افزار SPSS مورد مقایسه قرار گرفتند. ترسیم جداول نیز توسط Excel و word صورت گرفت.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Soil physicochemical properties at the experimental location

اسیدیته	هدایت الکتریکی	ماده آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	بافت خاک	شن	سیلت	رس
pH	EC	O.M	Nitrogen	Phosphorous	Potassium	Soil texture	Sand	Silt	Clay
	$dS.m^{-1}$	----------%----------		----------$mg.kg^{-1}$----------		لوم شنی	----------%----------		
7.84	1.09	0.72	0.12	6.5	248	sandy loam	56	33	11

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۲ نشان داد که تیمارهای تنش رطوبتی به‌جز تعداد شاخه جانبی، بر همه صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، قطر غوزه، وزن هزار دانه، درصد و عملکرد روغن و عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشت. کمترین مقدار صفات مورفولوژیک و عملکرد و اجزای عملکرد از تیمار تنش رطوبتی ۴۰ درصد نیاز آبی گلرنگ حاصل شد. طبق نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق، ارقام گلرنگ در تمامی صفات اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۲). همچنین اثرات متقابل تنش رطوبتی با رقم بر صفات تعداد غوزه در بوته، تعداد شاخه جانبی، عملکرد روغن و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲).

در بین ارقام گلرنگ تفاوت معنی‌داری از لحاظ ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین بیشترین و کمترین ارتفاع بوته در بین ارقام، به‌ترتیب به رقم گل‌مهر با (۱۲۳/۳ سانتی‌متر) و رقم گلدشت (۸۸/۹ سانتی‌متر) اختصاص یافت (جدول ۳). کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته گلرنگ در شرایط تنش خشکی توسط سایر محققین نیز گزارش گردید (Fanaei et al., 2015; Jabbari-Orange and Ebadi, 2012). پژوهش‌های گزارش‌شده در بررسی ارقام گلرنگ حاکی از آن است که ارتفاع بوته توارث‌پذیری عمومی بالایی در بین ارقام داراست. به‌علاوه توارث‌پذیری خصوصی بالای آن نشان‌دهنده واریانس ژنتیکی افزایشی و ژن‌های با اثرات افزایشی در کنترل ژنتیکی و نقش مهم آن‌ها در تنوع صفت ارتفاع بوته در ارقام موردمطالعه گلرنگ است (Pahlavani et al., 2018). طی تحقیقات انجام‌شده، تفاوت معنی‌دار ارقام از نظر ارتفاع بوته،

ارتفاع بوته

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تنش رطوبتی و رقم قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته (۱۱۲/۶ سانتی‌متر) و کمترین (۹۸/۹ سانتی‌متر) به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی گلرنگ به‌دست آمد (جدول ۳). ارتفاع بوته در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی ۱۲/۲ درصد کاهش یافت (جدول ۳).

نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی آن است که با در نظر گرفتن تیپ رشدی متفاوت این ارقام منطقی به نظر می‌رسد و با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد (Jabbari et al., 2023).

تعداد غوزه در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تعداد غوزه در بوته تحت تأثیر اثرات متقابل تنش رطوبتی و رقم در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌دار داشت (جدول ۲). افزایش تنش رطوبتی در تیمارهای نیاز آبی گلرنگ، منجر به کاهش معنی‌دار تعداد غوزه در بوته گردید، به‌طوری‌که بیشترین تعداد غوزه در بوته با میانگین (۲۲/۲) غوزه از رقم گل‌مهر در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی حاصل شد (جدول ۴). نتایج مشابهی مبنی بر کاهش تعداد غوزه در بوته گلرنگ تحت شرایط تنش رطوبتی گزارش گردید (Mirshekari et al., 2013). مطالعات نشان داد در بین ارقام گلرنگ تفاوت‌های

ژنتیکی زیادی از نظر تعداد غوزه در بوته وجود دارد. بیشترین تعداد غوزه در بوته بعد از رقم گل‌مهر، به رقم پدیده با (۲۱/۲) غوزه در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی اختصاص یافت (جدول ۴). عوامل محیطی همانند آبیاری سبب افزایش ارتفاع گیاه و انشعابات جانبی و درنهایت پیدایش ظرفیت‌های بسیاری برای تولید تعداد غوزه در بوته در طول دوره رشد می‌شوند (Behdani and Jami Al-Ahmadi, 2010). متغیرهایی مانند تعداد غوزه بارور و تعداد دانه در هر غوزه نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد دانه گلرنگ بر عهده دارند (Arsalan and Cuplan, 2018).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات موردمطالعه گلرنگ تحت تأثیر تنش رطوبتی

Table 2. Analysis of variance in safflower characteristics under water stress

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	Mean of squares میانگین مربعات				
			ارتفاع بوته Plant height	تعداد غوزه در بوته Head per plant	تعداد دانه در غوزه Seed per Head	تعداد شاخه جانبی در بوته Branches per plant	قطر غوزه Head Diameter
Replication	بلوک	2	3.6	146.7	107.5	0.7	15.2
Water stress (a)	تنش رطوبتی	2	860.8**	233.3**	569.5**	10.0^{ns}	175.0**
Main error	خطای اصلی	4	11.7	3.2	0.9	4.9	2.3
Cultivar (b)	رقم	5	2320.5**	22.8**	23.2**	4.2**	14.1*
a × b	تنش رطوبتی × رقم	10	14.1^{ns}	1.9**	1.3^{ns}	1.8**	6.1^{ns}
Secondary error	خطای فرعی	30	33.0	0.6	1.4	0.5	4.2
CV%	ضریب تغییرات (٪)		*5.5*	*4.7*	*4.9*	*9.4*	*8.9*

جدول ۲. ادامه

Table 2. Continued

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	Mean of squares میانگین مربعات			
			وزن هزار دانه 1000 Seed weight	روغن دانه Oil content	عملکرد روغن Oil yield	عملکرد دانه Seed yield
Replication	بلوک	2	1337.3	1404.3	392635.9	122409.5
Water stress (a)	تنش رطوبتی	2	158.8**	113.5**	1130194.3**	10078762.7**
Main error	خطای اصلی	4	0.9	0.4	20182.6	27160.6
Cultivar (b)	رقم	5	40.4**	13.8**	42333.8**	523458.1**
a × b	تنش رطوبتی × رقم	10	0.6^{ns}	0.5^{ns}	6030.7**	46681.1**
Secondary error	خطای فرعی	30	0.5	0.3	1300.4	10882.6
CV%	ضریب تغییرات (٪)		*2.1*	*1.9*	*8.8*	*7.5*

*، ** و ns به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیر معنی‌داری

*, ** and ns: Significant at 5 and 1% probability levels respectively and not significant

تعداد دانه در غوزه

اختلاف بین میانگین‌های تعداد دانه در غوزه تحت تنش رطوبتی در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در غوزه (۳۰/۳) در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین تعداد دانه در غوزه (۱۹/۱) در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی گلرنگ مشاهده شد (جدول ۳). در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی، تعداد دانه در غوزه نسبت به ۱۰۰ درصد نیاز آبی ۳۶/۹ درصد کاهش یافت (جدول ۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد اختلافات تعداد دانه در غوزه بین ارقام گلرنگ در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه در غوزه در رقم گلدشت (۲۶/۱) و کمترین آن در رقم سینا (۲۱/۵) مشاهده شد (جدول ۳). فنایی و نارویی‌راد (Fanaei and Narouirad, 2014) عدم‌تغییر در کاهش تعداد دانه در غوزه در رقم گلدشت را مرتبط با ژنتیک آن دانسته‌اند. مطالعات دیگر حاکی از تأثیر تنش رطوبتی بر کاهش تعداد دانه در غوزه در مراحل گلدهی گلرنگ بود که با نتایج آزمایش حاضر همسو بود (Mirshekari et al., 2013; Rauf, 2008)؛

بنابراین می‌توان گفت استمرار و افزایش تنش رطوبتی در مراحل زایشی گلرنگ بر گرده‌افشانی و تلقیح گل‌ها اثر گذاشته و سبب سقط گلچه‌ها و در نهایت کاهش تعداد دانه در غوزه می‌شود. همچنین دلیل دیگر کاهش تعداد دانه در غوزه تحت شرایط تنش رطوبتی را می‌توان کاهش فتوسنتز و تولید مواد پرورده و در نهایت کاهش میزان مواد فتوسنتزی تولیدشده در گیاه گلرنگ دانست (Eskandari and Kazemi, 2019).

جدول ۳. مقایسه میانگین برخی از صفات اندازه‌گیری شده در تیمارهای تنش رطوبتی و رقم

Table 3. Mean comparison of some traits measured in water stress and cultivar treatments

تیمار Treatment		ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در غوزه Seed per head	قطر غوزه Head Diameter	وزن هزار دانه Seed 1000 Weight	روغن دانه Oil content
Water stress	تنش رطوبتی	cm		mm	gr	%
تیمار رطوبتی ۱۰۰ درصد نیاز آبی 100% plant water requirement		112.6^{a}	30.3^{a}	25.9^{a}	37.9^{a}	30.9^{a}
تیمار رطوبتی ۶۰ درصد نیاز آبی 60% plant water requirement		104.1^{b}	23.4^{b}	23.2^{b}	34.2^{b}	27.8^{b}
تیمار رطوبتی ۴۰ درصد نیاز آبی 40% plant water requirement		98.9^{c}	19.1^{c}	19.7^{c}	32.0^{c}	26.0^{c}
Cultivar	رقم					
Faraman	فرامان	89.4^{b}	24.4^{bc}	22.8^{ab}	37.2^{a}	27.5^{c}
Goldasht	گلدشت	88.9^{b}	26.1^{a}	21.6^{bc}	36.5^{b}	26.7^{d}
Golmehr	گل‌مهر	123.3^{a}	23.4^{c}	23.7^{ab}	34.7^{c}	29.8^{a}
Padideh	پدیده	117.7^{a}	24.7^{b}	24.5^{a}	33.4^{d}	29.2^{b}
Parnian	پرنیان	118.0^{a}	25.3^{ab}	23.6^{ab}	34.9^{c}	27.3^{c}
Sina	سینا	93.8^{b}	21.5^{d}	21.3^{c}	31.4^{e}	28.9^{b}

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

Similar letters in each column were significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

تعداد شاخه‌های جانبی

اثرات متقابل تنش رطوبتی در رقم در سطح احتمال یک درصد بر صفت تعداد شاخه‌های جانبی اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین و کمترین تعداد شاخه‌های جانبی با (۹/۷) و (۶/۹) به ترتیب از رقم فرامان و سینا در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گلرنگ حاصل شد (جدول ۴). در بین ارقام از نظر تعداد شاخه‌های جانبی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده گردید (جدول ۲). در گیاه گلرنگ به ازای هر شاخه جانبی به‌طور معمول یک غوزه به وجود می‌آید که سبب افزایش اجزای عملکرد در گلرنگ خواهد شد (Paludo et al., 2017). با کاهش مقدار آب آبیاری از ۱۰۰ تا ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، تعداد شاخه فرعی در بوته کاهش یافت که با نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق مطابقت داشت (Noroozi and Kazameini, 2013).

قطر غوزه

قطر غوزه یکی از مهم‌ترین صفات مؤثر در عملکرد گلرنگ است. تنش رطوبتی بر قطر غوزه اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین قطر غوزه (۲۵/۹ میلی‌متر) مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین آن (۱۹/۷ میلی‌متر) مربوط به تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی گلرنگ بود (جدول ۳). قطر غوزه در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی ۲۴ درصد کاهش یافت (جدول ۳). در بین ارقام موردبررسی گلرنگ از نظر قطر غوزه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد مشاهده شد (جدول ۲). بیشترین مقدار قطر غوزه در ارقام پدیده و گل‌مهر به ترتیب با میانگین ۲۴/۵ و ۲۳/۷ میلی‌متر حاصل گردید (جدول ۳). در پژوهشی دیگر نیز تنش رطوبتی سبب کاهش معنی‌دار قطر غوزه گلرنگ شد (Nasiri et al., 2017). طی بررسی‌های انجام‌شده گذشته، افزایش قطر غوزه گلرنگ تا حدی می‌تواند اثر مثبتی بر عملکرد دانه داشته باشد

(Kizil et al., 2008). گزارش‌های دریافت شده نشان داد قطر غوزه با اعمال تنش رطوبتی، کاهش ۳/۸۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت (Manoelian et al., 2022). نتایج یک پژوهش نیز نشان داد قطر غوزه گلرنگ در اثر قطع آبیاری از مرحله پر شدن دانه به میزان ۱۸ درصد کاهش یافت (Joshan et al., 2020). نتایج این آزمایش حاکی از آن است عوامل محیطی و ژنوتیپ بر قطر غوزه تأثیرگذار است، تنش رطوبتی می‌تواند با کاهش تعداد و وزن دانه از طریق محدودیت تولید و نقل و انتقالات مواد فتوسنتزی به غوزه سبب کاهش قطر غوزه گلرنگ گردد.

وزن هزار دانه

تنش رطوبتی بر صفت وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده بیشترین وزن هزار دانه (۳۷/۹ گرم) از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین وزن هزار دانه (۳۲ گرم) از تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی حاصل شد (جدول ۳). وزن هزار دانه در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی ۱۵/۵ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی کاهش نشان داد (جدول ۳). در مطالعه‌ای دیگر نیز تنش رطوبتی سبب کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه گردید (Aghaiy et al., 2011). بر اساس گزارش‌های سایر محققین گیاه در مواجهه با شرایط تنش رطوبتی برای قرار نگرفتن در معرض اثرات تنش، طول دوره رشد را کاهش می‌دهد که درنهایت سبب کاهش وزن نهایی دانه‌ها می‌گردد (Fanaei et al., 2015; Haghighatnia, 2011). ارقام گلرنگ اختلاف معنی‌داری از نظر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد نشان دادند (جدول ۲). طبق نتایج مقایسه میانگین بیشترین وزن هزار دانه از ارقام فرامان و گلدشت به ترتیب با مقادیر (۳۷/۲ گرم) و (۳۶/۵ گرم) حاصل شد (جدول ۳). وزن هزار دانه در زمان پر شدن دانه نشان‌دهنده سلامتی گیاه در این دوره جهت تولید دانه است (Jalilian and Heydarzadeh, 2016). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت وزن هزار دانه بالاتر در رقم فرامان با ویژگی‌های فیزیولوژیکی و ژنتیکی آن مرتبط است و یا به دلیل سرعت بالای پر شدن دانه در طی دوره رشدی نسبت به ارقام دیگر است.

درصد روغن

تنش رطوبتی در سطح احتمال یک درصد بر مقدار درصد روغن اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارهای تنش رطوبتی نشان داد بیشترین درصد روغن از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (۳۰/۹ درصد) و کمترین آن (۲۶ درصد) از تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی حاصل شد (جدول ۳). درصد روغن دانه در بین ارقام گلرنگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). طبق نتایج حاصل، رقم گل‌مهر با (۲۹/۸ درصد) و گلدشت با (۲۶/۷ درصد) به ترتیب بیشترین و کمترین درصد روغن دانه را دارا بودند (جدول ۳). درصد روغن دانه در ارقام گل‌مهر و پدیده اختلاف معنی‌داری نداشت. برخی گزارش‌ها مبنی بر کاهش درصد روغن دانه گلرنگ تحت تنش رطوبتی بود (Bortolheiro et al., 2017). پژوهش‌های سایر محققین نشان داد اعمال تنش رطوبتی علاوه بر کاهش میزان روغن، درنهایت سبب تغییر درصد ترکیب اسیدهای چرب دانه گلرنگ می‌گردد (Zafari et al., 2020). نتایج مطالعه حاضر حاکی از آن است که تنش رطوبتی از طریق کاهش وزن و عملکرد دانه درنهایت سبب کاهش درصد روغن دانه گلرنگ می‌شود (Yari et al., 2015).

عملکرد روغن

اثرات متقابل تنش رطوبتی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر صفت عملکرد روغن اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲). نتایج نشان داد رقم گل‌مهر بیشترین میزان عملکرد روغن (۷۶۷/۹ کیلوگرم در هکتار) از تیمار تنش رطوبتی ۱۰۰ درصد را به خود اختصاص داد (جدول ۴). بعد از رقم گل‌مهر، رقم فرامان بیشترین عملکرد دانه با (۷۶۳/۵ کیلوگرم در هکتار) را در تیمار تنش رطوبتی ۱۰۰ درصد نیاز آبی به خود اختصاص داد (جدول ۴). کمترین عملکرد روغن دانه در تیمارهای تنش رطوبتی نیز در رقم سینا مشاهده شد (جدول ۴). بسیاری از محققین در بررسی‌های اخیر کاهش میزان عملکرد روغن گلرنگ در اثر تنش رطوبتی را گزارش دادند که با نتایج مطالعه حاضر همسو بود (Shir-esmaeili et al., 2018; Ashrafi and Razmjoo, 2010). بررسی‌ها نشان می‌دهد طول دوره پر شدن دانه مرتبط با تجمع روغن است، بنابراین می‌توان انتظار داشت در شرایط تنش خشکی کوتاهی طول دوره پر شدن دانه عامل مهمی در کاهش مقدار روغن باشد (Eskandari and Kazemi, 2019).

جدول ۴. مقایسه مقادیر میانگین اثرات متقابل رقم × تیمارهای تنش رطوبتی در صفات معنی‌دار

Table 4. Mean comparisons of significant traits in cultivar interaction and water stress treatments

تنش رطوبتی Water stress	رقم Cultivar		Traits صفات: تعداد غوزه در بوته Head per plant	تعداد شاخه جانبی در بوته Branches per plant	عملکرد روغن Oil yield	عملکرد دانه Seed yield
					----------kg.ha^{-1}----------	
تیمار رطوبتی ۱۰۰ درصد نیاز آبی 100% plant water requirement	Faraman	فرامان	20.5^{ab}	9.7^{a}	763.5^{a}	2497.1^{a}
	Goldasht	گلدشت	19.2^{b}	8.1^{b}	716.2^{b}	2371.3^{ab}
	Golmehr	گل‌مهر	22.2^{a}	8.2^{b}	767.9^{a}	2362.4^{ab}
	Padideh	پدیده	21.2^{a}	9.2^{a}	753.0^{ab}	2354.4^{b}
	Parnian	پرنیان	18.6^{b}	9.2^{a}	640.7^{c}	2140.9^{c}
	Sina	سینا	16.2^{c}	6.9^{cd}	473.9^{d}	1515.7^{d}
تیمار رطوبتی ۶۰ درصد نیاز آبی 60% plant water requirement	Faraman	فرامان	17.8^{bc}	6.8^{cd}	418.2^{de}	1510.5^{d}
	Goldasht	گلدشت	15.2^{d}	7.4^{c}	346.5^{f}	1316.7^{ef}
	Golmehr	گل‌مهر	17.1^{c}	8.0^{b}	392.9^{e}	1331.7^{e}
	Padideh	پدیده	17.0^{c}	8.7^{ab}	368.8^{ef}	1295.8^{f}
	Parnian	پرنیان	15.2^{d}	7.8^{bc}	328.6^{f}	1215.0^{g}
	Sina	سینا	12.9^{ef}	7.0^{c}	235.4^{g}	800.5^{i}
تیمار رطوبتی ۴۰ درصد نیاز آبی 40% plant water requirement	Faraman	فرامان	12.5^{f}	5.9^{d}	203.6^{h}	770.4^{ij}
	Goldasht	گلدشت	12.8^{ef}	7.2^{c}	221.9^{gh}	901.2^{h}
	Golmehr	گل‌مهر	13.2^{e}	8.4^{b}	209.5^{h}	738.2^{j}
	Padideh	پدیده	13.7^{e}	7.1^{c}	213.0^{gh}	779.3^{ij}
	Parnian	پرنیان	11.7^{fg}	7.8^{bc}	195.8^{i}	745.9^{j}
	Sina	سینا	10.9^{g}	5.8^{d}	133.8^{j}	463.6^{k}

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Similar letters in each column were significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

عملکرد دانه

اثرات متقابل تنش رطوبتی و رقم بر صفت عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۲). نتایج نشان داد رقم فرامان بیشترین عملکرد دانه با (۲۴۹۷/۱ کیلوگرم در هکتار) و (۱۵۱۰/۵ کیلوگرم در هکتار) را به ترتیب در تیمارهای تنش رطوبتی ۱۰۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی به خود اختصاص داد (جدول ۴). بعد از رقم فرامان، رقم گلدشت بیشترین عملکرد دانه با (۲۳۷۱/۳ کیلوگرم در هکتار) را در تیمار تنش رطوبتی ۱۰۰ درصد نیاز آبی دارا بود (جدول ۴). کمترین میزان عملکرد دانه در تمام تیمارهای رطوبتی (۱۰۰، ۶۰، ۴۰ درصد نیاز آبی) نیز در رقم سینا مشاهده شد (جدول ۴). بیشترین کاهش عملکرد دانه در بین ارقام موردمطالعه گلرنگ بعد از رقم سینا در رقم پرنیان بود (جدول ۴). طبق بررسی‌های اخیر بر روی پنج رقم گلرنگ، تنش رطوبتی سبب کاهش عملکرد دانه از طریق کاهش اجزای عملکرد دانه شامل تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه و وزن هزار دانه گردید که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر همسو است (Rahmani et al., 2019). در این مطالعه عملکرد دانه بیشتر در رقم فرامان می‌تواند به دلیل وزن هزار دانه بالاتر نسبت به سایر ارقام باشد (جداول ۳ و ۴). محققین دریافتند در شرایط تنش رطوبتی با کاهش وزن و تعداد دانه از طریق کاهش تعداد برگ‌ها و فتوسنتز، در پی آن کاهش عملکرد دانه گلرنگ اتفاق میفتد (Yari et al., 2015). طبق گزارش‌های متعدد در بین ارقام مختلف گلرنگ اختلافات ژنتیکی زیادی مشاهده گردید. ازجمله این تفاوت‌ها تعداد غوزه در گیاه و تعداد دانه در هر غوزه است که نقش اساسی در عملکرد دانه گلرنگ خواهد داشت (Arsalan and Cuplan, 2018). پژوهشگران بیان داشتند بیشترین تأثیر تنش رطوبتی بر عملکرد دانه است که در نهایت سبب کاهش ۲۰ تا ۳۰ درصدی آن می‌شود (Ebrahimi et al., 2017). طی تحقیقات انجام‌شده جهت ارزیابی ارقام گلرنگ ایرانی در شرایط قطع آبیاری بعد از گلدهی، عملکرد دانه کاهش معنی‌داری یافت که همسو با نتایج مطالعه حاضر بود (Zareie et al., 2013).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این پژوهش نشان داد واکنش شش رقم موردمطالعه از نظر ارتفاع بوته، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، تعداد شاخه‌های جانبی، وزن هزار دانه، قطر غوزه، درصد و عملکرد روغن و عملکرد دانه تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار داشت. بیشترین مقادیر صفات وزن هزار دانه، عملکرد روغن و عملکرد دانه در بین ارقام مورد بررسی گلرنگ مربوط به رقم فرامان بود. انتخاب رقم مناسب برای موفقیت تولید محصول حائز اهمیت است. انتظار می‌رود رقم فرامان به دلیل وزن هزار دانه بیشتر نسبت به سایر ارقام توانسته باشد عملکرد روغن و عملکرد دانه بیشتری را کسب نماید؛ بنابراین در شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک و کم آب به‌ویژه استان کرمان می‌تواند به‌عنوان رقمی پربازده جهت دستیابی به عملکرد بیشتر معرفی و کشت این رقم توصیه گردد.

منابع

Aghaiy, P., Sadeghipour, O., Delkhosh, B., 2011. The response of autumn safflower cultivars to drought stress in Shahre-rey region. Plant and Ecosystem. 26, 3-14. [In Persian with English Summary].

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture organization of the United Nations. Italy. 304p. https://www.fao.org/3/X0490E/x0490e00.htm

Arsalan, B., Cuplan, E., 2018. Identification of suitable safflower genotypes for the development of new cultivars with high seed yield, oil content and oil quality. Azarian Journal of Agriculture. 5, 133-141. http://azarianjournals.ir/wp-content/uploads/aja18091401.pdf

Ashrafi, E., Razmjoo, Kh., 2010. Effect of irrigation regimes on oil content and composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. Journal of the American Oil Chemists' Society. 87, 499-506. https://doi.org/10.1007/s11746-009-1527-8

Bagheri, N., Alizadeh, O., Zadeh, S.S., Aref, F., Ordookhani, K., 2019. Evaluation of auxin priming and plant growth promoting Rhizobacteria on yield and yield components of wheat under drought stress. EurAsian Journal of BioSciences. 13, 711-716. http://irdoi.ir/467-125-222-736

Bayati, P., Karimmojeni, H., Razmjoo, J., 2020. Changes in essential oil yield and fatty acid contents in black cumin (*Nigella sativa* L.) genotypes in response to drought stress. Industrial Crops and Products. 155, 112-764. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112764

Behdani, M.A., Jami Al-Ahmadi, M., 2010. Evaluation of growth and yield of safflower cultivars in different planting dates. Journal of Iranian Field Crop Research. 6, 245-254. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.22067/gsc.v6i2.2431

Bortolheiro, F.P., Silva, M.A., 2017. Physiological response and productivity of safflower lines under water deficit and rehydration. Annuals of the Brazilian Academy of Science. 89, 3051-3066. https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170475

Ebrahimi, F., Majidi, M.M., Arzani, A., Mohammadinejad, Gh., Dehghan Kohghestani, R., 2017. Production potential and drought tolerance of some internal and external genotypes of safflower in three regions of Iran. Journal of Crop Production and Processing. 3, 1-18. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.29252/jcpp.7.3.1

Eskandari, H., Kazemi, K., 2019. Evaluation of irrigation levels and soil fertility management on seed and oil yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). Environmental Stresses in Crop Sciences. 12, 111-122. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.22077/escs.2018.1254.1256

Fanaei, H.R., Keikha, H., Piri, I., 2015. Effect of seed priming on grain and oil yield of Safflower underirrigation deficit conditions. Iranian Journal of Seed Science and Research. 2, 49-59. [In Persian with English Summary]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.24763780.1394.2.2.5.4

Fanaei, H.R., Narouirad, M.R., 2014. Study of yield, yield components and tolerance to drought stress in safflower cultivars.

International Journal of Crop Production. 7, 33 -51. [In Persian with English Summary]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.2008739.1393.7.3.3.0

Haghighatnia, S., 2011. Evaluation some of agronomic traits and yield of safflower under different irrigation regimes in Uromia. MSC thesis. Agricultural University of Urmia, Iran. [In Persian with English Summary].

Hashemi, S.S., Mirmohamadsadeghi, S., Karimi, K., 2020. Biorefinery development based on whole safflower plant. Renewable Energy. 152, 399-408. https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.01.049

Hussain, M.I., Lyra, D.A., Farooq, M., Nikoloudakis, N., Khalid, N., 2016. Salt and drought stresses in safflower: a review. Agronomy for Sustainable Development. 36, 4-13. https://doi.org/10.1007/s13593-015-0344-8

Jabbari, H., Golzardi, F., Shariati, F., Asadi, H., 2023. Effect of Harvesting Time on Quantitative and Qualitative Characteristics of Safflower Cultivars Forage in Autumn Planting. Journal of Crops Improvement. 25, 65-81. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.22059/jci.2022.335529.2654

Jabbari-Orange, J., Ebadi, A., 2012. Responses of phenological and physiological stages of spring safflower to complementary irrigation. African Journal of Biotechnology. 11, 2465-2471. https://doi.org/10.5897/AJB10.1628

Jalilian, J., Heydarzadeh, S., 2016. The effect of cover plants, organic and chemical fertilizers on the qualitative and quantitative characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production. 25, 71-85. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.22059/IJFCS.2019.223288.654231

Joshan, Y., Sani, B., Jabbari, H., Mozafari, H., Moaveni, P., 2020. The effect of late season drought stress on some morphophysiological characteristics of Iranian safflower varieties in Karaj region. Journal of environmental stresses in crop sciences. 13, 1093-1104. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.22077/escs.2020.3193.1815

Joshi, N.L., Mali, P.C., Sexena, A., 1998. Effect of nitrogen and sulphur application on yield and fatty acid composition of mustard (*Brassica juncea* L.) oil. Journal of Agronomy and Crop Science. 180, 59-63. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1998.tb00370.x

Kizil, S., Çakmak, Ö., Kirici, S., İnan, M., 2008. A Comprehensive Study on Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Semi- Arid Conditions. Biotechnology and Biotechnological Equipment. 22, 947-953. https://doi.org/10.1080/13102818.2008.10817585

Kocaman, I., Istanbulluoglu, A., Konukcu, F., 2016. The effects of deficit irrigation regimes on yield and growth components of winter safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Romanian Agricultural Research. 33, 267-274.

Maghsoudi, E., Yadavi, A.R., Movahedi Dehnavi, M., Balouchi, H.R., 2018. Effect of irrigation cut-off and different nutritional systems on yield and yield components of spring safflower in Yasouj region. Crop Production Journal. 11, 101-112. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.22069/ejcp.2018.12308.1952

Manoelian, J., Weisany, W., Jabari, H., Diyanat, M., 2022. Zinc foliar application on alleviating effects of irrigation cut-off in grain filling stage of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Water and Soil Resources Conservation. 11, 111-125. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.30495/wsrcj.2022.19237

Mirshekari, M., Majnounhosseini, N., Amiri, R., Moslehi, A., Zandvakili, O.R., 2013. Effects of sowing date and irrigation treatment on safflower seed quality. Journal of Agricultural Science and Technology. 15, 505-515. [In Persian with English Summary].

Mousavifar, B.A., Behdani, M.A., Jami Al-ahmadi, M., Hosseini Bajd, M.S., 2010. Effects of limited irrigation on growth and yield of spring genotypes of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Birjand. Journal of Agroecology. 2, 627- 639. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.22067/jag.v2i4.8801

Nasiri, M., Roozbahani, A., Ziaei nasab, M., 2017. Effect of low irrigation and use of phosphate solubilizing bio-fertilizer on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Plant Ecophysiology. 8, 32-43. [In Persian with English Summary]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20085958.1395.8.27.3.4

Noroozi, M., Kazemeini, S.A., 2013. Effect of Water Stress and Plant Density on Growth and Seed Yield of Safflower. Iranian Journal of Field Crops Research. 10, 774-780. https://doi.org/10.22067/gsc.v10i4.20388

Oz, M., 2016. Relationship between sowing time, variety and quality in safflower. Journal of Chemistry. 2016. 8. https://doi.org/10.1155/2016/9835641

Pahlavani, M.H., Saeidi, G., Mirlohi, A.F., 2018. correlated response to selection for yield and oil content of seed in safflower. Journal of Crop Production. 1, 49-63. [In Persian with English summary]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.2008739.1387.1.3.4.9

Paludo, J.S., Bonfim-Silva, E.M., Silva, T.J.A., Zanatto, M.D., Fenner, W., Koetz, M., 2017. Reproductive components of safflower genotype submitted of bulk density levels in the Brazilian Cerrado. American Journal of Plant Science. 8, 2069-2082. https://doi.org/10.4236/ajps.2017.89139

Rady, M.O., Semida, W.M., Abd El-Mageed, T.A., Howladar, S.M., Shaaban, A., 2020. Foliage Applied Selenium Improves Photosynthetic Efficiency, Antioxidant Potential and Wheat Productivity under Drought Stress. International Journal of Agriculture and Biology. 24, 1293-1300. https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1562

Rahmani, F., Sayfzadeh, S., Jabbari, H., Valadabadi, S.A., Masouleh, E.H., 2019. Alleviation of drought stress effects on safflower yield by foliar application of zinc. International Journal of Plant Production. 13, 297-308. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.1007/s42106-019-00055-7

Rameshknia, Y., Tahmasebpoor, B., SabbaghTazeh, E., 2013. Investigation the important traits of spring Safflower varieties through multivariate statistical methods. Bulletin of Environment. Pharmacology and Life Sciences. 2, 29-34.

Rauf, S., 2008. Breeding sunflower (*Helianthus annuus* L.) for drought tolerance. Communications in Biometry and Crop Science. 3, 29-44.

Roche, J., Mouloungui, Z., Cerny, M., Merah, O., 2019. Effect of sowing dates on fatty acids and phytosterols patterns of (*Carthamus tinctorius* L.) Applied Sciences. 9, 2839. https://doi.org/10.3390/app9142839

Shir-esmaili, G.H., Maghsudi mood, A.A., Khajueinejad, G.R., Abdoshahi, R., 2018. Yield and oil percentage of safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.) in spring and summer planting seasons affected by drought stress. Journal of Crop Ecophysiology. 12, 237-252. [In Persian with English Summary].

Tahmasbpour, B., Younessi-Hamzekhanlu, M., Mahdavisafa, D., Sabzi Nojadeh, M., 2017. Grain yield performance of (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars under water deficient condition. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences. 11, 235-243. [In Persian with English Summary].

Torabi, B., Adibniya, M., Rahimi, A., 2015. Seedling emergence response to temperature in safflower. measurements and modeling. International Journal of Plant Production. 9, 393-412. https://doi.org/10.22069/ijpp.2015.2223

Yari, P., Keshtkar, A.H., Sepehri, A., 2015. Evaluation of water stress effect on growth and yield of spring safflower. Plant Products Technology. 6, 101-117. [In Persian with English Summary].

Zafari, M., Ebadi, A., Sedghi, M., Jahanbakhsh, S., Miransari, M., 2020. Alleviating effect of 24-epibrassinolide on seed oil content and fatty acid composition under drought stress in safflower. Journal of Food Composition and Analysis. 10, 35-44. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103544

Zareie, S., Mohamadi Nejad, G., Sardouie Nasab, S., 2013. Screening of Iranian safflower genotypes under water deficit and normal conditions using tolerance indices. Australian Journal of Crop Science. 7, 1032-1037.