University of Birjand

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

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 16, No. 3, pp. 803-815 (Fall 2023)

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5002.2101

Original article

Effect of end-of-season drought and foliar application of Zinc and Manganese sulfate on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Saravan climatic conditions

S.M. Ziaei[1*], Kh. Salimi[1], S.R. Amiri [2], M.R. Rigi[1]

1. Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, Higher Education Complex of Saravan, Iran
2. Associate Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, Higher Education Complex of Saravan, Iran

Received 2 January 2022; Accepted 23 February 2022

Extended abstract

Introduction

Safflower has been cultivated in different parts of Sistan and Baluchestan since ancient times and is relatively tolerant of drought. It has many medicinal and food uses for the people of this region. Saravan is also one of the arid regions of the country, so the cultivation of plants compatible with these regions can be effective to improve agriculture in this region. Several studies have been shown that a small amount of nutrients, particularly Zn and Mn applied by foliar spraying can significantly increase the yield of crops Also, foliar nutrition is an option when nutrient deficiencies cannot be corrected by applications of nutrients to the soil. It is likely therefore, in open-field conditions, where the factors that influence the uptake of the nutrients are very variable, foliar fertilization is a privilege. Among the micronutrients, Zn and Mn nutrition can affect the susceptibility of plants to drought stress. Zinc plays an important role in the production of biomass. Furthermore, zinc may be required for chlorophyll production, pollen function, fertilization and germination. Mn plays essential roles in the metabolism of isoprenoids, chlorophylls, carotenoids and phenolics. External application of Mn2+ increases photosynthesis, net assimilation, and relative growth and yield.

Materials and methods

this experiment was conducted to investigate different levels of irrigation and foliar application of zinc and manganese sulfate in November 2020 in the research farm of Saravan Higher Educational Complex as a split plot in a randomized complete block design with three replications. Experimental treatments include three levels of irrigation, including: full irrigation, cessation of irrigation at the beginning of stem emergence and cessation of irrigation at the stage of flowering, and three levels of foliar application with zinc sulfate (three per thousand), manganese sulfate (three per thousand) and no foliar application. Study traits include speed, plant height, number of branches, number of heads per plant, seed weight per plant, head weight per plant, 100-seed weight, biological yield, grain yield and harvest index (division of grain yield by biological yield by percent). Data analyzed was performed using SAS software (version 9/1) and mean comparisons at the level of 5% probability were performed using LSD test.

Results and discussion

The results showed that the interaction effects of irrigation and foliar application in plant height, number of branches, number of heads, 1000-seed weight, seed-per-plant weight, head-per-plant weight,

[*] Corresponding author: Seyed Masoud Ziaei; E-Mail: Ziaeimasoud@yahoo.com

© 2023, 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).

biological yield, grain yield, harvest index and chlorophyll meter (SPAD) were significant (P≤ 1%). foliar application with zinc sulfate increased grain yield more than three times in all irrigation treatments, also grain yield in foliar application with zinc sulfate in non-interruption irrigation treatment (693 kg) Per hectare was seven times higher than the conditions for stopping irrigation at the stage of stemming and lack of foliar application (100 kg / ha). In all irrigation treatments, foliar application of zinc sulfate Element was relatively superior to manganese sulfate and no foliar application. The highest grain yield was observed in the treatments of non-interruption of irrigation, cessation of irrigation in flowering stage and cessation of irrigation in stem stage, respectively. Was seven times the grain yield. In general, foliar application of zinc sulfate can be used as an agricultural solution to increase yield and reduce the effects of cessation of irrigation at the end of the growing season in safflower in Saravan climate. In general, the results of this study showed that under different conditions of irrigation interruption, foliar application of zinc sulfate and manganese can play an important role in mitigating the effects of drought stress on safflower compared to no foliar application. Discontinuation of irrigation at the end of the growing season in the stem and flowering stages reduced the seed yield of safflower compared to full irrigation conditions. Zinc sulfate foliar application improved yield-related traits in this plant, zinc sulfate foliar application increased grain yield about twice and in manganese sulfate foliar application this increase was about 30% compared to non-foliar conditions. The highest correlation was observed with number of heads per plant, head weight, seed weight per plant and number of branches. Due to the alkalinity of the soil in dry areas and the non-absorption of these elements by the plant and the positive effects of this element in relation to the defense system and photosynthesis of the plant, foliar application of zinc sulfate Element is recommended for safflower in Saravan climate.

Keywords: Foliar application, Manganese sulfate, Safflower, Stop irrigation, Zinc sulfate

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد شانزدهم، شماره سوم، پائیز ۱۴۰۲

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5002.2101

مقاله پژوهشی

اثر خشکی انتهای فصل و محلول‌پاشی با سولفات روی و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط آب‌وهوایی سراوان

سید مسعود ضیائی[1*]، خالد سلیمی[1]، سیدرضا امیری[2]، محمد رضا ریگی[1]

۱. استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی سراوان
۲. دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی سراوان

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
گلرنگ
قطع آبیاری
محلول‌پاشی
سولفات روی
سولفات منگنز

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۱۰/۱۲

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۱۲/۰۴

تاریخ انتشار:
پائیز ۱۴۰۲

۱۶(۳): ۸۰۳-۸۱۵

چکیده

گلرنگ از قدیم‌الایام در بخش‌های مختلف سیستان و بلوچستان کشت شده و نسبتاً متحمل به خشکی است، مصارف دارویی و غذایی متعددی برای مردم این منطقه دارد. سراوان نیز جزو مناطق خشک کشور محسوب می‌شود، ازاین‌رو کشت گیاهان سازگار با این مناطق می‌تواند جهت بهبود کشاورزی این منطقه مؤثر باشد؛ لذا این آزمایش با هدف بررسی سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی با سولفات روی و منگنز در آبان سال ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی سراوان به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل: آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله ابتدای ساقه رفتن و قطع آبیاری در مرحله گلدهی و فاکتور فرعی شامل سه سطح محلول‌پاشی با سولفات روی (سه در هزار)، سولفات منگنز (سه در هزار) و عدم محلول‌پاشی (شاهد) در کرت فرعی قرار گرفتند، نتایج نشان داد که اثرات متقابل آبیاری و محلول‌پاشی در صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد طبق، وزن هزار دانه، وزن دانه در بوته، وزن طبق در بوته، عملکرد زیستی، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عدد کلروفیل متر (اسپد) معنی‌دار شد ($P\leq 1\%$). محلول‌پاشی با سولفات روی سبب افزایش بیش از سه برابری عملکرد دانه در تمام تیمارهای آبیاری گردید، همچنین عملکرد دانه در محلول‌پاشی با سولفات روی در تیمار عدم قطع آبیاری (۶۹۳ کیلوگرم در هکتار) نسبت به شرایط قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی و عدم محلول‌پاشی (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) هفت‌برابر بیشتر بود. محلول‌پاشی با سولفات روی در شرایط عدم قطع آبیاری سبب افزایش سه برابری تعداد طبق نسبت به قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن و عدم محلول‌پاشی گردید. در تمام تیمارهای آبیاری محلول‌پاشی، با سولفات روی نسبت به سولفات منگنز و عدم محلول‌پاشی از برتری نسبی برخوردار بود. بیشترین ضرایب همبستگی عملکرد دانه با اجزای عملکرد به ترتیب مربوط به وزن طبق ($r=۰/۸۸^{**}$) و وزن دانه در بوته ($r=۰/۷۳^{**}$) مشاهده شد. به‌طورکلی می‌توان از محلول‌پاشی با سولفات روی به‌عنوان یک راهکار زراعی در افزایش عملکرد و کاهش اثرات ناشی از قطع آبیاری انتهای فصل رشد در گیاه گلرنگ در شرایط آب‌وهوایی سراوان استفاده کرد.

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) یک محصول یک‌ساله با ریشه مستقیم است که می‌تواند تنش‌های محیطی از جمله شوری و خشکی را تا حدی تحمل کند (Lovelli et al. 2007). هند، مکزیک، ایالات متحده آمریکا، اتیوپی، آرژانتین و استرالیا در مجموع ۸۷ درصد از سطح و تولید گلرنگ جهان را دارا هستند. سطح زیر کشت گلرنگ آبی در ایران در سال ۱۳۹۹، در حدود ۴۲۵۲ هکتار و در استان سیستان و بلوچستان ۳۵۰ هکتار برآورد شده است (Ahmadi et al. 2021). اهمیت محصولات روغنی مانند گلرنگ در سال‌های اخیر به‌ویژه باتوجه‌به علاقه به تولید افزایش یافته است.

* نگارنده پاسخگو: سیدمسعود ضیائی. پست الکترونیک: Ziaeimasoud@yahoo.com

(Dordas and Sioulas, 2008). به‌طورکلی گلرنگ در زمین‌های حاشیه‌ای نسبتاً خشک و کم نهاده تولید می‌شود. تلاش برای بهبود عملکرد و کیفیت بذر با توسعه ژنوتیپ‌های جدید و اقدامات زراعی در سراسر جهان در حال انجام است. اما واقعیت این است که خشکی بر رشد و عملکرد تأثیرگذار است (Kar et al., 2007).

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، استفاده بهینه از آب موجود و دستیابی به حداکثر عملکرد برای گلرنگ مورد انتظار است (Lovelli et al. 2007; Dordas and Sioulas, 2008). گلرنگ به دلیل ارزش بالای دانه و گل می‌تواند یک محصول مهم در اکوسیستم‌های کشاورزی مناطق خشک باشد (Yau, 2004; Kar et al., 2007). نتایج یک مطالعه درارابطه‌با گلرنگ نشان داد که بیشتر عملکرد دانه (تا ۹۵ درصد) از انتقال مجدد مواد فتوسنتزی قبل از گرده‌افشانی تأمین می‌شود (Koutroubas et al., 2004). در آزمایشی نشان داده شد که محلول‌پاشی با سولفات روی سبب افزایش تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و افزایش عملکرد در گیاه گلرنگ تحت شرایط قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی شد (Rahmati et al., 2020). نتایج آزمایشی بر روی گلرنگ حاکی از آن بود که بالابودن عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی با سولفات روی به دلیل نقش روی در تشکیل و پرشدن دانه‌ها و از طرفی افزایش تعداد گل و دانه در بوته بود (Pasandi et al., 2018).

کمبود عناصر ریزمغذی در بسیاری از کشورهای آسیایی به دلیل ماهیت آهکی خاک، pH بالا، مواد آلی کم، تنش شوری، خشکسالی مداوم، محتوای بی‌کربنات زیاد در آب آبیاری و استفاده نامتعادل از NPK (میزان نیتروژن، فسفر و پتاس) گسترده است. زمانی که کمبود عناصر غذایی با استفاده از مواد مغذی در خاک قابل‌اصلاح نباشد، محلول‌پاشی گزینه‌ای مناسب محسوب می‌گردد (Sadeghi et al., 2021).

مطالعات مختلف نشان داده که مقدار کمی از مواد مغذی، به‌ویژه روی و منگنز توسط محلول‌پاشی می‌تواند تا حد قابل‌توجهی عملکرد محصولات را افزایش دهد (Crabtree, 1999; Gadallah, 2000). همچنین، محلول‌پاشی یک گزینه مناسب جهت مواد مغذی است که در خاک یا کم هستند یا قابل‌دسترس نمی‌باشند (Cakmak, 2008). در مناطق خشک، به دلیل عوامل محیطی متعدد مانند pH خاک، محلول‌پاشی با روی و منگنز می‌تواند سبب افزایش عملکرد و کاهش اثرات مخرب از تنش‌های محیطی به‌خصوص خشکی شود (Khan et al, 2002). عنصر روی نقش مهمی در تولید زیست‌توده دارد (Cakmak, 2008; Kaya and Higgs, 2000). عنصر روی نقش مهمی در تولید دانه، زیست‌توده، کلروفیل، عملکرد گرده‌افشانی، لقاح و جوانه‌زنی گیاهان دارد (Kaya and Higgs, 2000; Cakmak, 2008). عنصر منگنز نیز نقش اساسی در متابولیسم ایزوپرنوئیدها، کلروفیل‌ها، کاروتنوئیدها و فنول‌ها دارد. محلول‌پاشی با منگنز باعث افزایش فتوسنتز، جذب خالص و رشد نسبی و عملکرد محصولات شده است (Lidon and Teixerira, 2000). بااین‌حال، اطلاعاتی در مورد تأثیر محلول‌پاشی روی و منگنز بر رشد و توسعه گلرنگ در شرایط تنش آبی در مناطق بلوچستان در دسترس نیست. ازآنجایی‌که اغلب مناطق ایران غالباً دارای خاک‌هایی با pH بالا بوده و از این طریق منگنز و روی را تثبیت می‌کنند. از طرف دیگر، کمبود منگنز و روی در گیاهان با رطوبت کم خاک مرتبط است؛ بنابراین، استفاده از محلول‌پاشی ممکن است برای اصلاح کمبود این عناصر در این شرایط مفید باشد (Fathi, 2015).

بنابراین، باتوجه‌به خشکی‌ها و دماهای بالای آخر فصل رشد گیاه گلرنگ در مناطق سیستان و بلوچستان و تأثیر روی و منگنز بر کاهش اثرات خشکی، این مطالعه با هدف بررسی اثرات سولفات روی و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گلرنگ در شرایط تنش خشکی آخر فصل رشد در منطقه سراوان انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد و محلول‌پاشی با سولفات روی و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گلرنگ، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در آبان سال ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی سراوان (با عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۶۲ درجه و ۲۰ درجه شرقی و ارتفاع ۱۱۹۵ متر از سطح دریا و بارندگی سالیانه حدود ۱۰۰ میلی‌متر در سال) اجرا گردید (جدول ۱).

بذر مورداستفاده توده بومی اصفهان (کوسه) بود. همچنین قبل اجرای تیمارهای آزمایش، ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش نیز تعیین شدند (جدول ۲).

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل اصلی شامل رژیم آبیاری: آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله ابتدای ساقه رفتن و قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و عامل فرعی شامل سه سطح محلول‌پاشی با سولفات روی (سه در هزار)، سولفات منگنز (سه در هزار) و عدم محلول‌پاشی (شاهد) بود. انجام محلول‌پاشی در مرحله رشد روزت و دو هفته بعد از آن صورت گرفت (Lewis and McFarlane, 1986). طول هر کرت سه متر، فاصله ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر اجرا گردید، جهت جلوگیری از اختلاط تیمارهای آبیاری دو متر فاصله بین تیمارهای آبیاری ایجاد شد. کشت به‌صورت خشکه‌کاری و در تاریخ ۱۷ آبان۱۳۹۹ انجام شد. آبیاری اول بلافاصله بعد از کاشت و آبیاری دوم بعد از سبزشدن حدود ۵۰ درصد بوته‌ها صورت گرفت. آبیاری‌های بعدی بر اساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی و در مراحل ساقه‌دهی و گل‌دهی صورت گرفت. در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی میزان کلروفیل با دستگاه کلروفیل متر (SPAD 502, Minolta) از بالاترین برگ توسعه‌یافته (برگ دوم) انجام شد. برداشت با دست و در تاریخ دوم خرداد ۱۳۹۹ در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک صورت گرفت. صفات موردمطالعه شامل شاخص کلروفیل (اسپد)، ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد طبق در بوته، وزن دانه در بوته، وزن طبق در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت (حاصل تقسیم عملکرد دانه به عملکرد زیستی به درصد) بود. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسات میانگین در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون LSD صورت گرفت.

جدول ۱. میزان دما و بارندگی در فصل رشد گلرنگ در سال ۹۹-۱۳۹۸ و میانگین بلندمدت در سال‌های ۹۹-۱۳۸۹ در منطقه سراوان.

Table 1. Level temperature and rainfall average during lentil growing season 2019-2020 and long term average from 2010-2020 at Saravan region.

ماه Month	دما Temperature (°C)		بارندگی Rainfall (mm)	
	2019-2020	2010-2020	2019-2020	2010-2020
October	19.6	19.2	3.2	6.2
November	15.7	14.2	15	10.0
December	12.3	11.8	8	11.2
January	13.8	13.0	16	19.8
February	20.2	17.2	5.5	17.6
March	23.5	21.5	1	11.1
April	27.2	27.3	1	6.3
May	30.8	31.5	2	7.6
June	34.8	34.4	0	7.2
July	33.8	33.5	0	5.3
August	40.5	30.2	3	1.4
September	28.2	28.4	1	2.8
میانگین سال Mean of year		23.5		88

جدول ۲. برخی ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Soil physicochemical properties at the experimental location

بافت خاک Soil texture	پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorous	منگنز Manganese	روی Zinc	ماده آلی Organic matter	نیتروژن Nitrogen	هدایت الکتریکی Ec	اسیدیته pH
	---------- mg kg^{-1}----------				--------%---------		dSm^{-1}	
Loamy silt	92	13	0.961	0.348	0.2	0.02	2.9	8.6

نتایج و بحث

عملکرد دانه

اثرات متقابل آبیاری در محلول‌پاشی معنی‌دار شد (جدول ۳). قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن و عدم محلول‌پاشی به نسبت مراحل فنولوژیک دیگر و محلول‌پاشی سبب کاهش عملکرد دانه گردید (جدول ۵). به‌طوری‌که عدم قطع آبیاری و محلول‌پاشی با سولفات روی نسبت به قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی و عدم محلول‌پاشی سبب افزایش هفت‌برابری عملکرد دانه شد (جدول ۵). در شرایط عدم قطع آبیاری و عدم محلول‌پاشی نسبت به افزایش عملکرد نسبت به قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی و عدم محلول‌پاشی بیش از دو و نیم برابر بود، درحالی‌که در تیمار محلول‌پاشی با سولفات روی این افزایش عملکرد دانه کمتر از دوبرابر و در محلول‌پاشی با سولفات منگنز این افزایش حدود ۳۰ درصد بود (جدول ۵).

جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده گلرنگ تحت شرایط مختلف آبیاری و محلول‌پاشی در منطقه سراوان.

Table 3. Variance analysis of (MS) Safflower yield and yield components at different Irrigation regime and Spraying at Saravan.

Source of Variation	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	اسپد Spad	ارتفاع Height	تعداد شاخه Branch/Plant	تعداد طبق Capitules per plant	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 seed weghit
Replication (R)	تکرار	2	0.11^{ns}	4.33^{ns}	3.06^{ns}	7.90^{**}	0.04^{ns}
Irrigation regime (I)	قطع آبیاری	2	56.77^{**}	21.33^{ns}	3.42^{ns}	6.37^{**}	0.02^{ns}
Error a	خطای اصلی	4	2.05^{ns}	20.16^{ns}	0.50^{ns}	8.17^{**}	0.01^{ns}
Spraying (S)	محلول‌پاشی	2	97^{**}	1539.11^{**}	90.67^{**}	105.12^{**}	0.53^{**}
I×S	قطع آبیاری×محلول‌پاشی	4	121.77^{**}	79.61^{**}	2.03^{**}	3.18^{**}	0.21^{**}
Error	خطای فرعی	12	1.90	14	1.44	1.12	0.05
CV %	ضریب‌تغییرات		*13*	*17*	*8*	*18*	*5*

Table 3. Continued **جدول ۳. ادامه**

Source of Variation	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	وزن دانه در بوته Seed weight/plant	وزن طبق در بوته Capitul weight/plant	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest Index
Replication (R)	تکرار	2	0.71^{ns}	7.05^{*}	22690.33^{ns}	690.19^{ns}	8.31^{ns}
Irrigation regime (I)	قطع آبیاری	2	93.88^{**}	195.82^{**}	861636.33^{**}	82892.7^{**}	21.52^{ns}
Error a	خطای اصلی	4	2.62^{ns}	1.11^{ns}	6150.83^{ns}	2379.64^{ns}	15.22^{ns}
Spraying (S)	محلول‌پاشی	2	368.41^{**}	1262.35^{**}	5502994.3^{**}	328517^{**}	2.79^{ns}
I×S	قطع آبیاری×محلول‌پاشی	4	11.27^{**}	25.59^{**}	63950.33^{**}	10394.0^{**}	28.79^{ns}
Error	خطای فرعی	12	1.31	2.70	8540.00	1198.44	12.66
CV %	ضریب‌تغییرات		*21*	*14*	*18*	*12*	*9*

به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح پنج و یک درصدns , *, **

ns, * and **; non significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

بیشتر بودن عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی سولفات روی به افزایش اجزای عملکرد دانه، تعداد طبق، تعداد دانه در طبق به‌خصوص تعداد دانه در طبق مرتبط بوده است (Pasandi et al., 2018). فعالیت آنزیم‌ها تا حد زیادی به وجود ریز مغذی‌ها بستگی دارد، ریز مغذی‌ها می‌توانند بر فعالیت آنزیم‌ها اثر بگذارند و با تحریک انتقال مجدد از منبع به مخزن سبب افزایش عملکرد دانه گیاه شوند (Marschner, 2012). علت افزایش عملکرد دانه به‌واسطه محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی را به نقش مهم این عناصر در افزایش میزان کلروفیل، فعالیت‌های کاتالیزوری فرایندهای متابولیسمی و حفظ آماس سلولی در گیاه و افزایش قندهای محلول نسبت‌داده‌شده که موجب می‌شود گیاه عناصر موردنیاز خود را برای افزایش اسمولیت‌ها بهتر و راحت‌تر در اختیار داشته باشد، بدین ترتیب سلول به فعالیت‌های حیاتی خود حتی تحت شرایط تنش ادامه دهد (Thalooth et al., 2006).

عملکرد زیستی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل قطع آبیاری در محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین عملکرد ماده خشک در شرایط عدم قطع آبیاری و محلول‌پاشی با سولفات روی مشاهده شد که نسبت به قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی و عدم محلول‌پاشی بیش از پنج برابر بیشتر بود (جدول ۵). در بین تیمارهای موردمطالعه بیشترین میزان افزایش عملکرد در شرایط قطع آبیاری در ساقه‌دهی نسبت به عدم قطع آبیاری در تیمار عدم محلول‌پاشی دیده شد که این تفاوت حدود دوبرابر بود (جدول ۵). در تمام شرایط آبیاری محلول‌پاشی با سولفات روی نسبت به سایر تیمارها برتری داشت، این تفاوت در شرایط قطع آبیاری در ساقه‌دهی بیشتر بود و در حدود چهار برابر مشاهده شد که نشان از تأثیر مناسب عنصر روی بر میزان ماده خشک گلرنگ در شرایط خشکی طولانی دارد (جدول۵). محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی مانند روی و منگنز سبب افزایش میزان فتوسنتز و دوام سطح برگ گیاهان می‌شود و از این طریق سبب افزایش عملکرد زیستی می‌گردد. تنش خشکی با تأثیر بر هورمون‌های تنظیم کنندهٔ رشد (جیبرلین و سایتوکینین) سبب کاهش فرایند تقسیم سلولی و درنتیجه، کاهش تعداد برگ، فواصل میان‌گره، وزن تر و وزن خشک و درنهایت، کاهش عملکرد زیستی می‌شود. افت وزن خشک بخش‌های رویشی طی مرحلهٔ زایشی و در اثر افزایش رقابت برای جذب آب و پیری برگ‌ها از دیگر دلایل کاهش عملکرد زیستی نمونه‌های در معرض تنش کم‌آبی است (Mazaherinia et al, 2009).

جدول ۴. مقایسات میانگین عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گلرنگ تحت شرایط مختلف آبیاری و محلول‌پاشی در منطقه سراوان در سال ۱۳۹۹-۱۴۰۰.

Table 4. mean comparisons Safflower yield and yield components at different Irrigation regime and Spraying at Saravan, 2020- 2021.

آبیاری Irrigation	محلول‌پاشی Spraying	اسپد Spad	ارتفاع Height	تعداد شاخه Branch	تعداد طبق Capitule	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 seed weight
			cm			g
قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی Cutting of irrigation at flowering	عدم محلول‌پاشی Control	62^{d}	76.64^{e}	5.42^{c}	5^{e}	25.6^{bc}
	سولفات منگنز Manganese Sulfate	59.66^{e}	87.66^{c}	6.16^{c}	8^{cd}	33.0^{a}
	سولفات روی Zinc Sulfate	67^{b}	100.52^{b}	9.66^{b}	13.67^{a}	31.6^{a}
قطع آبیاری در مرحله گلدهی Cutting of irrigation at flowering	عدم محلول‌پاشی Control	62.33^{d}	74^{e}	5^{c}	7.20^{d}	24.6^{c}
	سولفات منگنز Manganese Sulfate	64.66^{bc}	84.66^{dc}	4.66^{c}	9.56^{bc}	32.0^{a}
	سولفات روی Zinc Sulfate	66^{bc}	98.33^{b}	11^{ab}	14^{a}	30.6^{a}
آبیاری کامل Normal irrigation	عدم محلول‌پاشی Control	59.62^{e}	80^{de}	4.66^{c}	8.66^{bc}	30.6^{a}
	سولفات منگنز Manganese Sulfate	78.66^{a}	77.33^{e}	6.33^{c}	10.66^{b}	29.3^{ab}
	سولفات روی Zinc Sulfate	65^{bc}	107.33^{a}	12^{a}	15^{a}	30.6^{a}

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد.

The presence of different letters in each column indicates a significant difference by the LSD test at the 5% level.

ارتفاع بوته

برهم‌کنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول ۳). قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی و عدم محلول‌پاشی سبب کاهش بیشتر ارتفاع بوته به نسبت سایر تیمارها گردید. مقایسات میانگین نشان‌دهنده اثر قطع آبیاری بر کاهش ارتفاع بوته است، بیشترین ارتفاع بوته در تیمار عدم قطع آبیاری تا انتهای فصل رشد مشاهده گردید (جدول ۴). در تمام تیمارهای آبیاری محلول‌پاشی با سولفات روی سبب افزایش حدود ۲۵ درصدی ارتفاع نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی گردید (جدول ۴).

در شرایط آبیاری کامل و عدم محلول‌پاشی نسبت به محلول‌پاشی با سولفات منگنز اختلاف معنی‌داری دیده نشد، ولی سولفات منگنز در شرایط قطع آبیاری در مرحله ساقه-دهی سبب افزایش حدودی ۱۸ درصدی در ارتفاع بوته گردید که نشان‌دهنده کاهش اثرات مخرب تنش در تمام تیمارهای آبیاری به‌وسیله محلول‌پاشی در این گیاه است (جدول ۴). قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی و گل‌دهی بین تیمارهای محلول‌پاشی با سولفات منگنز و عدم محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری دیده نشد، ولی در تیمار آبیاری کامل اثرات سولفات منگنز بیشتر دیده شد و سبب افزایش معنی‌داری در ارتفاع بوته به نسبت عدم محلول‌پاشی گردید (جدول ۴). روی (عنصر روی) یک عنصر اثرگذار اساسی برای گیاهان است که در بسیاری از واکنش‌های آنزیمی دخیل است و برای رشد و نمو مناسب آنها ضروری است. عنصر روی همچنین در تنظیم پروتئین و متابولیسم کربوهیدرات‌ها نقش دارد، این عنصر با افزایش میزان فتوسنتز گیاه سبب افزایش ارتفاع نیز می‌گردد (Phattarakul et al., 2012). گزارش شده در شرایط تنش خشکی میزان عنصر روی می‌تواند از اثرات مخرب تنش کاسته و سبب افزایش ارتفاع گیاه نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی با سولفات روی منگنز در گیاه کینوا شود (Ziaei et al., 2021).

جدول ۵. مقایسات میانگین عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گلرنگ در منطقه سراوان در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹.

Table 5. Mean comparisons Safflower yield and yield components at different Irrigation regime and Spraying at Saravan , 2020-2021.

آبیاری Irrigation	محلول‌پاشی Spraying	وزن دانه در بوته Seed weight/plant	وزن طبق در بوته Capitule weight/plant	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Seed Yield	شاخص برداشت HI
		----------g----------		----------kg. ha^{-1}----------		%
قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی Cutting of irrigation at flowering	عدم محلول‌پاشی Control	0.50^{e}	5.90^{c}	448^{g}	100.20^{e}	22.23^{b}
	سولفات منگنز Manganese Sulfate	1.27^{d}	5.96^{c}	922^{f}	254.20^{d}	27.53^{ab}
	سولفات روی Zinc Sulfate	1.86^{c}	6.60^{b}	1722^{c}	372.90^{c}	21.7^{6b}
قطع آبیاری در مرحله گلدهی Cutting of irrigation at flowering	عدم محلول‌پاشی Control	0.73^{e}	6.23^{bc}	577^{g}	147.40^{e}	25.80^{ab}
	سولفات منگنز Manganese Sulfate	1.30^{d}	6.46^{bc}	1228^{e}	267.50^{d}	21.80^{b}
	سولفات روی Zinc Sulfate	2.73^{b}	6.70^{b}	2115^{b}	547.60^{b}	26^{ab}
آبیاری کامل Normal irrigation	عدم محلول‌پاشی Control	1.16^{d}	6.20^{bc}	805^{f}	233.46^{d}	29.06^{a}
	سولفات منگنز Manganese Sulfate	1.86^{c}	6.50^{b}	1493^{d}	373.32^{c}	25.03^{ab}
	سولفات روی Zinc Sulfate	3.46^{a}	7.88^{a}	2647^{a}	693.30^{a}	26.30^{ab}

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد.

The presence of different letters in each column indicates a significant difference by the LSD test at the 5% level.

تعداد شاخه

برهم‌کنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی بر تعداد شاخه در بوته معنی‌دار شد (جدول ۳). محلول‌پاشی با سولفات روی در تمام تیمارهای آبیاری سبب افزایش معنی‌دار تعداد شاخه نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی با سولفات منگنز گردید، ظاهراً سولفات منگنز اثر معنی‌داری در تعداد شاخه در تیمارهای آبی نداشت (جدول ۴).

در شرایط آبیاری کامل و محلول‌پاشی با سولفات روی نسبت به قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن و عدم محلول‌پاشی تعداد شاخه بیش از دوبرابر بیشتر بود (جدول ۴).

در شرایط قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن و گلدهی بین دو تیمار محلول‌پاشی با سولفات منگنز و عدم محلول-پاشی اختلاف معنی‌داری دیده نشد (جدول ۴). تعداد شاخه-های جانبی گلرنگ بواسطه کاربرد کودهای زیستی افزایش می‌یابد. نشان‌داده‌شده که اهمیت وجود روی در مناطق مریستمی، به علت کارایی آن در تولید هورمون اکسین، موجب افزایش شاخه‌دهی و عملکرد کمی و کیفی دانه می‌گردد (Tandon, 1995).

تعداد طبق

زمان قطع آبیاری و محلول‌پاشی بر تعداد طبق در بوته گلرنگ معنی‌دار شد (جدول ۳). قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی و عدم محلول‌پاشی باعث کاهش تعداد طبق در بوته در حدود یک سوم نسبت به شرایط عدم قطع آبیاری و محلول‌پاشی با سولفات روی گردید. در تمام تیمارهای آبیاری محلول‌پاشی با سولفات روی و منگنز اختلاف معنی‌داری نسبت به عدم محلول‌پاشی داشت. هر چند بین قطع آبیاری در زمان گلدهی و عدم قطع آبیاری، در شرایط محلول‌پاشی با سولفات منگنز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). از طرفی قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی، گل‌دهی و عدم قطع آبیاری و محلول‌پاشی با سولفات روی اختلاف معنی‌داری را دررابطه‌با تعداد طبق در بوته ایجاد نکرد، هر چند تعداد طبق در تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی به نسبت گل‌دهی و آبیاری کامل کمتر بود (جدول ۴). در یک بررسی اعمال قطع آبیاری از مرحله رشد زایشی باعث کاهش معنی‌دار تعداد طبق در بوته در سه رقم گلرنگ سینا، فرامان و محلی اصفهان شد، اما با محلول-پاشی روی، این میزان کاهش بهبود یافت که با نتیجه این تحقیق هم خوانی دارد (Ebrahimi et al, 2013).

وزن دانه در بوته

برهم‌کنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی بر وزن دانه در بوته معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین وزن دانه در بوته در تیمار عدم قطع آبیاری و محلول‌پاشی با سولفات روی مشاهده شد که نسبت به تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی و عدم محلول‌پاشی حدود ۲۹ درصد بیشتر بود (جدول ۵). قطع آبیاری در مراحل ابتدایی و عدم محلول‌پاشی سبب کاهش بیشتر وزن دانه در بوته نسبت به عدم قطع آبیاری و محلول‌پاشی با سولفات روی و منگنز گردید، در تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی و محلول‌پاشی با سولفات روی نسبت به عدم قطع آبیاری و محلول‌پاشی با سولفات روی وزن دانه در بوته ۱۷ درصد کمتر بود. قطع آبیاری در مرحله گلدهی نسبت به عدم قطع آبیاری حدود هفت درصد سبب کاهش وزن دانه در بوته گیاه گلرنگ گردید (جدول ۵).

وزن طبق در بوته

برهم‌کنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی بر وزن طبق در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین وزن طبق در بوته (۷۸ گرم) در تیمار عدم قطع آبیاری و محلول‌پاشی با سولفات روی دیده شد که نسبت به قطع آبیاری (۵۹ گرم) در ساقه‌دهی و عدم محلول‌پاشی با سولفات روی ۱۵ درصد بیشتر بود. در تیمار عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی با سولفات منگنز اختلاف معنی‌داری بین قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و رسیدگی کامل دیده نشد. ولی در تیمار محلول‌پاشی با سولفات روی در شرایط عدم قطع آبیاری به نسبت قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی وزن طبق ۱۶ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). تنش خشکی باعث خشک‌شدن دانه گرده و کلاله شده و از تعداد گلچه‌های بارور در سطح طبق می‌کاهد و این امر کاهش تعداد دانه در طبق را تشدید می‌کند. در این شرایط محلول‌پاشی سولفات روی باعث افزایش ذخیره هیدروکربن دانه گرده شده و باعث افزایش طول عمر دانه گرده می‌شود، در نتیجه منجر به افزایش تلقیح و تشکیل تعداد بیشتری دانه در طبق می‌شود. علاوه بر این، عنصر روی در سنتز پروتئین لوله گرده شرکت کرده و سبب ذخیره پروتئین می‌گردد که این امر منجر به افزایش تلقیح و تشکیل میوه و دانه بیشتری می‌شود (Wang and Jin 2007). نتیجه تحقیقی حاکی از آن بود که تغذیه گیاه با روی به دلیل افزایش ذخیره هیدروکربن دانه گرده، موجب افزایش طول عمر و طول دوره گرده‌افشانی شده که

در نهایت به افزایش تعداد دانه در بوته منجر می‌شود. آهن نیز یکی دیگر از عناصر ضروری برای رشد گیاهان است که منجر به افزایش محتوای کلروفیل برگ گشته و با تأثیر بر میزان فتوسنتز و تثبیت دی‌اکسیدکربن و تولید نشاسته و قند و ذخیره‌سازی آن در دانه، موجب افزایش تعداد دانه در طبق، دانه در بوته و حتی وزن هزار دانه می‌شود. اظهار داشتند که اعمال تنش خشکی پس از تشکیل طبق‌های اولیه موجب کاهش طبق‌ها در مراحل بعدی رشد می‌شود ولی کاربرد میکوریزا می‌تواند تعداد دانه در طبق را افزایش دهد. (Sharma and Samwal, 1992).

وزن هزار دانه

اثرات متقابل زمان قطع آبیاری و محلول‌پاشی بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). در شرایط آبیاری کامل، محلول‌پاشی اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشت. کمترین میزان وزن هزار دانه مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن و گل‌دهی و عدم محلول-پاشی بود که نسبت به تیمار آبیاری کامل و محلول‌پاشی با سولفات روی حدود ۱۷ درصد کمتر بود (جدول ۵). محلول‌پاشی با سولفات روی و منگنز در دو تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی و گل‌دهی سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه در حدود ۱۵ درصد شد (جدول ۵). به‌طورکلی وزن هزار دانه تابعی از سرعت و طول دوره پر شدن آن است که از دو منبع فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای در گیاه تأمین می‌شود که به نظر می‌رسد در تیمارهای قطع آبیاری، این مؤلفه‌ها از سرعت و مدت کمتری نسبت به شرایط عدم تنش برخوردار بودند. در مطالعه‌ای، در تمام سطوح تنش خشکی، بالاترین میزان وزن هزار دانه به‌دست‌آمده مربوط به تیمار محلول‌پاشی با سولفات روی بوده است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (Sinaki et al.,2007). زمانی که گیاه در معرض محدودیت آبی قرار می‌گیرد میزان کلروفیل کاهش می‌یابد، ولی محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی ضمن جلوگیری از کاهش میزان فتوسنتز به دلیل بهبود محتوای کلروفیل، موجب می‌شود که انتقال مواد به سمت دانه‌ها نیز به‌خوبی صورت گیرد که در نهایت منجر به افزایش وزن هزار دانه می‌گردد (Gercek et al., 2009).

شاخص کلروفیل (اسپد)

برهم‌کنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی بر شاخص کلروفیل معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین میزان عدد اسپد در شرایط آبیاری کامل و محلول‌پاشی با سولفات منگنز مشاهده شد (جدول ۴). به‌طورکلی قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی نسبت به آبیاری کامل در دو تیمار عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی با سولفات روی سبب کاهش عدد اسپد شد (جدول ۴). کمترین میزان عدد اسپد هم مربوط به تیمار آبیاری کامل و عدم محلول‌پاشی بود. در شرایط محلول¬پاشی با سولفات روی در هر سه مرحله قطع آبیاری اختلاف معنی‌داری در عدد اسپد مشاهده نشد که نشان از نقش عنصر روی در تنظیم فعالیت‌های ضد تنش گیاه و ساختار کلروفیل دارد، نتایج آزمایش‌ها بر روی گیاه گندم و ذرت نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی عدد اسپد افزایش می‌یابد که به دلیل جذب بیشتر نیتروژن در گیاه نسبت به تجمع زیست‌توده است، احتمالاً به دلیل رادیکال‌های آزاد ایجاد شده در طی تنش خشکی شاخص کلروفیل کاهش می‌یابد (Bredemeier, 2005). تنش خشکی از طریق فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز در گیاه باعث تخریب کلروپلاست و کاهش میزان کلروفیل می‌شود. گزارش شده است که کاربرد ریزمغذی روی، میزان کلروفیل در گیاه را تحت تنش خشکی بهبود بخشیده و فتوسنتز گیاه را افزایش داده است (Ebrahimi et al., 2014).

شاخص برداشت

به‌طورکلی قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی نسبت به گلدهی و آبیاری کامل سبب کاهش میزان شاخص برداشت تا حدود ۹ درصد گردید (جدول ۵). از طرفی محلول‌پاشی با سولفات روی نیز سبب افزایش شاخص برداشت شد، لذا به نظر می-رسد سولفات روی با تقویت سیستم فتوسنتزی گیاه سبب افزایش تخصیص مواد به دانه‌ها شده و در نتیجه باعث افزایش شاخص برداشت گردیده است. ضیائی و همکاران (Ziaei et al., 2020) نیز در گیاه کینوا مشاهده کردند که بین محلول-پاشی با سولفات منگنز و عدم محلول‌پاشی در شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما تیمار سولفات روی نسبت به سولفات منگنز و عدم محلول‌پاشی به ترتیب شش و چهار درصد سبب افزایش شاخص برداشت گردید.

ضرایب همبستگی

نتایج ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه نشان داد بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار به ترتیب بین عملکرد دانه و وزن طبق در بوته، وزن دانه در بوته، ارتفاع، تعداد شاخه دیده شد (جدول۶). باتوجه‌به نتایج روابط همبستگی مشاهده می‌شود که بیشترین همبستگی بین صفات مربوط به عملکرد دانه مربوط به وزن طبق (r=۰/۸۸**) و وزن دانه در بوته (r=۰/۷۳**) است.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی بر اساس جداول تجزیه واریانس و مقایسات میانگین نتایج این تحقیق نشان داد که تحت شرایط مختلف قطع آبیاری، محلول‌پاشی با سولفات روی و منگنز می‌تواند نقش مهمی در تخفیف اثرات ناشی از تنش خشکی در گیاه گلرنگ نسبت به عدم محلول‌پاشی داشته باشد.

قطع آبیاری انتهای فصل رشد در مرحله ساقه‌رفتن و گل-دهی سبب کاهش عملکرد دانه در گیاه گلرنگ نسبت به شرایط آبیاری کامل گردید. محلول‌پاشی با سولفات روی سبب بهبود صفات مرتبط با عملکرد در این گیاه شد، محلول-پاشی با سولفات روی سبب افزایش عملکرد دانه حدود دوبرابر و در محلول‌پاشی با سولفات منگنز این افزایش حدود ۳۰ درصد نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی بود. بیشترین ضرایب همبستگی دانه به ترتیب با وزن طبق، وزن دانه در بوته و تعداد شاخه مشاهده شد. باتوجه‌به قلیایی بودن خاک مناطق خشک و غیرقابل‌جذب بودن این عناصر توسط گیاه و اثرات مثبت این عنصر دررابطه‌با سیستم دفاعی و فتوسنتزی گیاه محلول‌پاشی با سولفات روی برای گلرنگ در شرایط آب‌وهوایی سراوان توصیه می‌گردد.

قدردانی

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی مصوب مجتمع آموزش عالی سراوان با عنوان « بررسی اثر قطع آبیاری آخر فصل رشد و محلول‌پاشی با سولفات روی و منگنز بر عملکرد و اجزا عملکرد گیاه گلرنگ در منطقه سراوان» انجام شده است؛ لذا از مدیریت پژوهشی مجتمع آموزش عالی سراوان کمال تشکر و قدردانی را داریم.

جدول ۶. ضرایب همبستگی بین صفات گلرنگ در شرایط آب‌وهوایی سراوان تحت شرایط مختلف آبیاری و محلول‌پاشی در سال ۱۴۰۰- ۱۳۹۹.

Table 6. Correlation coefficients between the studied traits of Safflower components at different Irrigation regime and Spraying in Saravan, 2020-2021.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	اسپد Spad	1									
2	ارتفاع Plant height	0.10^{ns}	1								
3	تعداد شاخه Branch	0.39^{ns}	0.74**	1							
4	تعداد طبق Capitule	0.59*	0.74**	0.85**	1						
5	وزن ۱۰۰ دانه 1000-grain weight	0.40^{ns}	80**	0.91**	0.86**	1					
6	وزن دانه در بوته Seed weight	0.34^{ns}	86**	0.85**	0.83**	0.97**	1				
7	وزن طبق در بوته Capitul weight	0.40^{ns}	80**	0.91**	0.33^{ns}	0.96**	0.97**	1			
8	زیست‌توده Biological yield	0.39^{ns}	0.72**	0.65*	0.86**	0.57^{ns}	0.68*	0.76**	1		
9	عملکرد دانه Grain yield	-0.01^{ns}	0.65*	0.63*	0.56*	0.10^{ns}	0.73*	0.88**	0.25^{ns}	1	
10	شاخص برداشت Harvest index	0.35^{ns}	0.35^{ns}	67**	-0.10^{ns}	-0.11^{ns}	0.83**	0.89**	-0.10^{ns}	0.98**	1

ns، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ns, * and **: Non-significant and significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

منابع

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Mohammadnia, Sh., 2021. Agricultural Statistics. Ministry of Agriculture-Jahad. 97p. [In Persian].

Bredemeier, C., 2005. Laser-induced chlorophyll fluorescence sensing as a tool for site-specific nitrogen fertilizer evaluation under controlled environmental and field conditions in wheat and maize. PhD. Thesis. Technical University of Munich, Germany. pp 219.

Cakmak, I., 2008. Role of zinc in protecting plant cells from reactive oxygen species. New Phytologist Trust. 146, 185–205.

Crabtree, W.L., 1999. Deep placement of Mn fertiliser on a sandy soil increased grain yield and reduced split seed in *Lupinus angustifolius*. Plant and Soil. 214, 9–14.

Dordas, C.A., Sioulas, C., 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. Industrial Crops and Products. 27, 75–85.

Dwivedi, S.L., Upadhyaya, H.D., Hegde, D.M., 2005. Development of core collection using geographic information and morphological descriptors in safflower(*Carthamus tinctorius* L.) germplasm. Genetic Resources and Crop Evolution. 52, 821–830.

Ebrahimi, M., Khajehpour, M.R. Naderi, A. Majde Nassiri, B., 2014. Physiological responses of sunflower to water stress under different levels of zinc fertilizer. International Journal of Plant Production. 8, 483-503.

Fathi, M., 2015. Effects of climate and topography on micronutrients geographical distribution in esfahan province soils. PhD Thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz. Iran. [In Persian]

Gadallah, M.A.A., 2000. Effects of indole-3-acetic acid and zinc on the growth, osmotic potential and soluble carbon and nitrogen components of soybean plants growing under water deficit. Journal of Arid Environments. 44, 451–467.

Gercek, S., E. Boydak., M. Okant and M. Dikilitas., 2009. Water pillow irrigation compared to furrow irrigation for soybean production in a semi-arid area. Agricultural Water Management. 96, 87-92.

Kar, G., Kumar, A.,Martha, M., 2007.Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops. Agricultural Water Management. 87, 73–82.

Kaya, C., Higgs, D., Burton, A., 2000. Phosphorus acid phosphates enzyme activity in leaves in leaves of tomato cultivars in relation to Zn supply. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 31, 3239-3248.

Khan, M., Qasim, M., Jamil, M., 2002. Effect of different levels of Zinc on the extractable Zinc content of soil and chemical composition of rice. Asian Journal of Plant Science. 1, 20-21.

Koutroubas, S.D., Papakosta, D.K., Doitsinis, A., 2004. Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre-anthesis assimilates to safflower yield. Field Crops Research. 90, 263-274.

Lewis, D.C., McFarlane, J.D., 1986. Effect of foliar applied manganese on the growth of safflower (*Carthamus tinctorious* L.) and the diagnosis of manganese deficiency by plant tissue and seed analysis. Australian Journal of Agricultural Research. 37, 567–572.

Lidon, F.C., Teixerira, M.G., 2000. Rice tolerance to excess Mn: implication in the chloroplast lamellae synthesis of a novel Mn protein. Plant Physiology and Biochemistry. 38, 969–978.

Lovelli, S., Perniola, M., Ferrara, A., Di Tommaso, T., 2007. Yield response factor to water (Ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L. Agricultural Water Management. 92, 73–80.

Marschner, H., 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd Edn. London:

Mazaherinia, S., Astaraei, A., Fotovat, R., Monshi, A., 2010. Nano iron oxide particles efficiency on Fe, Mn, Zn and Cu concentrations in wheat plant. World Applied Sciences Journal. 7, 36- 40.

Pasandi, M., Janmohammadi, M., Abasi, A., Sabaghnia, N., 2018. Oil characteristics of safflower seeds under different nutrient and moisture management, Nova Biotechnologica et Chimica. 17, 86-94.

Phattarakul, N., Rerkasem, B., Li, L.J., Wu, L.H., Zou, CQ., Ram, H., Sohu, V.S., Kang, B.S., Surek H, Kalayci M, Yazici A, Zhang FS, Cakmak, I ., 2012. Biofortification of rice grain

with zinc through zinc fertilization in different countries. Plant and Soil. 361,131–141.

Rahmani, F., Seyfzadeh. S., Jabbari, H., Valadabadi, A., Hadidi Masouleh, E., 2020. Effects of drought stress and zinc foliar application on physiological and agronomic traits in safflower cultivars. Journal of Crop Physiolog. 12, 27-43. [In Persian with English Summary].

Sadeghi, F., Rezeizad, A., Rahimi, M., 2021. Effect of zinc and magnesium fertilizers on the yield and some characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds in two years. International Journal of Agronomy. 42, 23-32.

Sharma, D. K. Sanwal. A., 1992. Influence of nutrition on Brassica genotypes in response to water. Plant Physiology and Biotechnology, New Delhi. 19, 110-115.

Sinaki, M.J., Majidi Heravan, E., Shirani-rad, A.H., Noormohamadi, G., Zarei, G.H., 2007. The effects of water deficit during growth stage of canola (*Brassica napus* L.). American-Eurasin Journal of Agricultural and Environmental Science. 2, 417-424.

Thalooth, A.T., Tawfik, M.M., Magda Mohamed, H., 2006. A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mung bean plants grown under water stress conditions. World Journal of Agricultural Sciences. 2, 37-46.

Wang, H., Jin, J., 2007. Effects of zinc deficiency and drought on plant growth and metabolism of reactive oxygen species in maize (*Zea mays* L.). Agricultural Sciences in China. 6, 988-995.

Yau, S.K., 2004. Yield, agronomic performance and economics of safflower in comparison with other rainfed crops in a semi-arid, high-elevation Mediterranean environment. Experimental Agriculture. 40, 453-462.

Ziaei, M. Salimi, Kh. Amiri, R., 2020. Investigation of quinoa cultivation (*Chenopodium quinoa* Willd.) under different irrigation intervals and foliar application in saravan region. Crop Physiology Journal. 5, 113-125. [In Persian with English Summary].