اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی روی بر برخی صفات فیزیولوژیک و زراعی ارقام گلرنگ

فاضل رحمنی[۱]، سعید سیف‌زاده[۲]، حمید جبّاری[۳*]، علیرضا ولدآبادی[۴] و اسماعیل حدیدی ماسوله [۵]

۱) دانشجوی دکتری گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران.

۲ و ۵) استادیار گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران.

۳) استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۴) دانشیار گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران.

*** نویسنده مسئول:jabbari@areeo.ac.ir**

این مقاله مستخرج از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۰۳ **تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۲۶**

چکیده

در این تحقیق به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی عنصر روی (Zn) بر برخی صفات فیزیولوژیک و زراعی ارقام گلرنگ تحت تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت اسپیلت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به‌مدت دو سال (۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶) در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. در این آزمایش عامل آبیاری در دو سطح شامل آبیاری کامل و تنش خشکی به‌صورت قطع آبیاری از مرحله پرشدن دانه در کرت‌های اصلی، عامل‌های فرعی شامل محلول-پاشی عنصر روی از منبع کلات روی در سه سطح عدم محلول‌پاشی (شاهد) و محلول‌پاشی به میزان ۰/۶ و ۱/۲ کیلوگرم در هکتار و ارقام، شامل ۵ رقم گلرنگ (صفه، گل مهر، گلدشت، پدیده و پرنیان) به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که برهم‌کنش آبیاری×رقم بر دمای طبق، شاخص کلروفیل (Spad) و اجزای عملکرد دانه، برهم‌کنش رقم×محلول‌پاشی روی بر اجزای عملکرد دانه و برهم‌کنش آبیاری×رقم×محلول‌پاشی بر درصد روغن دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. محلول‌پاشی روی به‌دلیل افزایش محسوس تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق سبب زیادتر بودن عملکرد دانه به میزان ۱۶/۵ درصد در مقایسه با شرایط بدون کاربرد روی، در گیاه گلرنگ شد. همچنین محلول‌پاشی روی به میزان ۱/۲ کیلوگرم در هکتار در مرحله پر شدن دانه بیشترین اثر مثبت را در افزایش اجزای عملکرد دانه ارقام گلرنگ به‌خصوص رقم پرنیان داشت. در این بررسی رقم پرنیان به‌واسطه دمای طبق کم‌تر (۲۸/۴ درجه سانتی‌گراد) و شاخص کلروفیل (۶۹/۱) زیادتر از نظر تعداد طبق در بوته (۲۸/۴)، تعداد دانه در طبق (۸۹/۸) و وزن هزار دانه (۴۰/۴۶ گرم) برتری محسوسی نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه گلرنگ در شرایط تنش خشکی داشت. توجه به نتایج به‌دست آمده، اگرچه تنش خشکی موجب خسارت به گلرنگ شد، اما محلول‌پاشی روی توانست بخشی از خسارت ناشی از تنش خشکی را جبران نماید.

واژه‌های کلیدی: دمای طبق، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و قطع آبیاری.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.2.6]

مقدمه

خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد گیاه و تولیدات کشاورزی در سراسر دنیا، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد (Akhzari and Pessarakli, 2015) و از آن‌جایی‌که بخش اعظم اراضی ایران در اقلیم خشک و نیمه خشک قرار دارد، شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و مطالعه تحمل نسبی به تنش کمبود آب در گیاهان زراعی ضروری به‌نظر می‌رسد (Pascual-Villalobos and Alburquerque, 1996)؛ به همین جهت نیاز به کاشت گیاهان روغنی مقاوم به خشکی مثل گلرنگ در تأمین نیاز روغن کشور در سال‌های آتی، بیش از پیش احساس می‌شود. گلرنگ یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی دنیا است که در مقیاس‌های کوچک کشت می‌شود (Hussain *et al*., 2016). توجه به زراعت گیاه گلرنگ محدود بوده، اما با توجه به افزایش تقاضا برای تولید روغن و همچنین توانایی بالای رشد این گیاه در مناطق خشک، توسعه کشت این گیاه اخیراً مورد توجه قرار گرفته است (Hussain *et al*., 2016). بنابراین این گیاه با سازگاری به مناطقی با بارندگی زمستانه و بهاره اندک و هوایی خشک در طول دوره گل‌دهی و پر شدن دانه از یک سو و با داشتن ریشه‌های طویل و با توان جذب آب بالا از بخش‌های عمیق‌تر خاک از سوی دیگر، به‌عنوان یک دانه روغنی متحمل به کمبود آب به حساب می‌آید (Yau, 2006). در جریان کمبود آب اواخر فصل، بخشی از عملکرد دانه (۶۵ تا ۹۵ درصد) در گلرنگ از انتقال مجدد مواد کربوهیدراتی ذخیره شده در قبل از گرده‌افشانی تأمین می‌شود (Koutroubas *et al*., 2004). در بررسی برخی از پارامترهای رشد فیزیولوژیکی برای گزینش کارآمد در مراحل اولیه رشد گلرنگ نتایج نشان داد که سطح برگ در تجمع ماده خشک نقش مؤثری دارد (Ghosh *et al*., 2013). در بررسی پاسخ فیزیولوژیک شش لاین گلرنگ به تنش خشکی گزارش شد که آبیاری بر اساس ۵۰ درصد ظرفیت زراعی خاک، سبب واکنش متفاوت لاین‌های مورد بررسی از نظر صفات رنگدانه‌های فتوسنتزی، نشت الکترولیت‌ها از غشای سلول، محتوی نسبی آب برگ، عملکرد دانه، درصد روغن دانه و کارایی مصرف آب شد (Bortolheiro and Silva, 2017). محدوده درجه حرارت برگ در مرحله قبل از گل‌دهی گلرنگ در شرایط مختلف رطوبتی خاک می‌تواند از ۲۹ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد متغیر باشد. تفاوت چشمگیر از لحاظ طول دوره رشد، ارتفاع بوته، تعداد غوزه، تعداد دانه در غوزه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد روغن در بین ژنوتیپ‌های گلرنگ در تیمارهای آبیاری تأیید شده است (Achhale, 2016). عنصر روی، یکی از عناصر ریز مغذی است که کمبود آن در بخش وسیعی از خاک‌های زراعی سبب کاهش تولید محصولات زارعی می‌شود (Cakmak, 2000). با توجه به جذب کند عنصر روی توسط ریشه بهتر است این عنصر از طریق اندام‌های هوایی در اختیار گیاه قرار داده شود (Siavashi *et al*., 2004). همچنین عملکرد و کیفیت بذر تحت اثر تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه قرار می‌گیرد و استفاده از محلول‌پاشی برگی روی به عنوان یک رویکرد زراعی برای مقابله با چنین شرایطی معرفی شده است (Soheili-

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.2.6]

(Movahhed *et al*., 2019). با این وجود اطلاعات مربوط به اثر محلول‌پاشی روی بر رشد و نمو گلرنگ تحت تنش کمبود آب اندک است (Khaghani and Saffari, 2016). در یک بررسی اثر محلول‌پاشی روی بر کمیت و کیفیت بذر گلرنگ بهاره در شرایط کمبود آب در اواخر دوره رشد نشان داد که کمبود آب در طول گل‌دهی و پر شدن دانه سبب کاهش معنی‌دار کلیه صفات نسبت به شاهد شد (Soheili-Movahhed *et al*., 2019)، اما طی دو سال آزمایش، وزن دانه‌های گلرنگ در کل تیمارهای آبیاری توسط محلول‌پاشی روی افزایش یافت و کاربرد محلول‌پاشی برگی روی با غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام به‌طور معنی‌داری سبب بهبود عملکرد دانه و کیفیت دانه گلرنگ در شرایط قطع آبیاری اواخر دوره رشد شد (Soheili-Movahhed *et al*., 2019). در بررسی اثر محلول‌پاشی روی بر رشد و عملکرد دانه گلرنگ آبی رقم پدیده، در استان ایلام نتایج نشان داد که اثر محلول پاشی روی بر عملکرد دانه و روغن گلرنگ معنی‌دار بود. تیمار محلول‌پاشی روی، با ۱۴۷۲ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد دانه را داشت که افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمارهای شاهد (بدون محلول‌پاشی) و محلول‌پاشی با آب، به ترتیب ۱۱/۳ و ۱۱/۴ درصد بود (Soleimani *et al*., 2017). در بررسی دیگری، برهم‌کنش تنش خشکی و محلول‌پاشی روی برای صفات تعداد طبق بارور، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود و تمام سطوح تنش خشکی اعمال شده باعث کاهش عملکرد و اجزای آن در رقم صفه شد (راستی و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین محلول‌پاشی سولفات روی در مرحله غنچه‌دهی گیاه گلرنگ منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و ماده خشک شد (Ghofran Maghsud *et al*., 2014). به‌طور کلی کاربرد روی، اثرهای مضر ناشی از تنش خشکی به‌ویژه در مرحله گل‌دهی را در صفات زراعی و فیزیولوژی تعدیل و شرایط رشد را برای گیاه بهبود بخشیده و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ را فراهم می‌سازد (سرخی، ۱۳۹۷). به‌نظر می‌رسد افزایش دانش ما از تحمل به تنش خشکی اهمیت زیادی در کشت گیاهان و پیدا کردن روش‌های مؤثر برای کاهش اثرهای مضر خشکی بر روی گیاهان داشته باشد (Fleta-Soriano and Munne-Bosch, 2016) بنابراین درک ساز و کارهای تحمل گیاه تحت تنش خشکی، یک موضوع تحقیقاتی مهم است. از این‌رو هدف از این مطالعه مقایسه ارقام ایرانی گلرنگ از نظر واکنش به تیمارهای محلول‌پاشی روی در شرایط تنش خشکی و شناسایی شاخص‌های فیزیولوژیک و زراعی مهم به‌منظور گزینش ارقام متحمل به خشکی بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با موقعیت طول جغرافیایی ´۷۵ و °۵۰ شرقی و عرض جغرافیایی ´۵۹ و °۳۵ شمالی و ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا طی دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.2.6]

۱۳۹۶ انجام شد. بر اساس سیستم طبقه‌بندی کوپن، منطقه کرج دارای اقلیم سرد نیمه خشک[1] با متوسط بارندگی سالیانه ۲۴۳ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت ۱۳/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بافت خاک مزرعه آزمایش، لومی رسی بود و مشخصات خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: نتایج برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

عمق خاک (سانتی‌متر)	بافت خاک	اسیدیته خاک	درصد کربن آلی	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر مربع)	درصد نیتروژن کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	روی	درصد شن	درصد رس	درصد سیلت
						میلی گرم بر کیلوگرم					
۰-۳۰	لومی - رسی	۷/۲۴	۰/۵۸	۲/۲۲	۰/۰۶	۱۲/۶	۲۵۶	۰/۳۲	۲۴	۲۷	۴۹

این مطالعه به‌صورت آزمایش اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی در این بررسی شامل عامل آبیاری در دو سطح آبیاری کامل (بدون تنش خشکی) و تنش خشکی آخر فصل (به‌صورت قطع آبیاری از مرحله آغاز پر شدن دانه)، عامل ارقام گلرنگ شامل پنج رقم ایرانی صفه (بهاره)، گلدشت (بهاره)، گل‌مهر (پاییزه)، پدیده (پاییزه) و پرنیان (بهاره) و عامل محلول‌پاشی روی (Zn) در سه سطح شامل کاربرد صفر، ۰/۶ و ۱/۲ کیلوگرم در هکتار کلات روی ۱۴ درصد (EDTA CHELATED مخصوص محلول‌پاشی با برند Avan Europe، ساخت کشور اسپانیا) بودند. در این آزمایش سطوح آبیاری در کرت‌های اصلی و ارقام گلرنگ و محلول‌پاشی روی در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. محلول‌پاشی روی در دو مرحله نموی ابتدای ساقه دهی و شروع پر شدن دانه (قبل اعمال تنش خشکی) انجام شد و در تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی روی) محلول‌پاشی با آب خالص انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف به طول چهار متر بود و فاصله ردیف‌های کشت ۳۰ سانتی‌متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف‌های کاشت ۵ سانتی‌متر و تراکم ۶۷ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. آبیاری بر اساس ۸۰ میلی متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A صورت گرفت. میزان آب ورودی به کرت‌ها با کنتور اندازه‌گیری شد. تعداد دفعات آبیاری در تیمارهای بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل به ترتیب ۵ و ۴ مرتبه و میزان آب مصرفی در تیمارهای مذکور به‌ترتیب ۳۲۰۰ و ۲۵۶۰ متر مکعب در هکتار بود. کاشت در طی دو سال مورد مطالعه به ترتیب در تاریخ‌های ۱۱ و ۹ مهر ماه انجام شد و بلافاصله بعد از کاشت، آبیاری انجام شد. برای اعمال تیمار آبیاری، خاک مزرعه که دارای بافت لومی ـ رسی بود، در افق توزیع ریشه‌های گیاه (تا عمق ۶۰ سانتی‌متر) با حفر پروفیل مورد بررسی قرار گرفت. با نمونه‌برداری مداوم و اندازه‌گیری رطوبت خاک به‌صورت وزنی، آبیاری تیمار بدون تنش به هنگام تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده خاک، صورت گرفت. بر اساس نتایج تجزیه خاک مزرعه (جدول ۱) و توصیه کودی، به کودپاشی کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن) به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار

1- Cold semi-arid climates (BSK)

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.2.6]

در سه نوبت ۱۰۰ کیلوگرم به صورت پایه، ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله ساقه‌دهی و ۵۰ کیلوگرم در مرحله غنچه‌دهی، کود فسفات آمونیوم (۱۸ درصد نیتروژن و ۴۶ درصد فسفر) و کود سولفات پتاسیم (۵۲ درصد پتاسیم و ۱۸ درصد گوگرد) به ترتیب به میزان ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت پایه) اقدام شد. در طول دوره رشد برای مبارزه با علف‌های هرز نازک برگ از علفکش سوپرگالانت به نسبت یک در هزار استفاده شد و جهت کنترل آفت مگس گلرنگ[1] با استفاده از سم دیازینون به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار کنترل شیمیایی به‌عمل آمد. به‌منظور ارزیابی شاخص کلروفیل[2] در مرحله پر شدن دانه از دستگاه کلروفیل‌متر دستی (مدل MINOLTA-502، ساخت کشور ژاپن) برای متوسط پنج نقطه از پنج برگ جوان و توسعه یافته از ۶ بوته انتخابی استفاده شد. اندازه‌گیری شاخص سطح برگ با دستگاه Sun Scan (Type ss1 DELTA-T DEVICES Cambridge-England) در مرحله پر شدن دانه انجام شد. دمای طبق در مرحله اواخر پر شدن دانه با استفاده از دماسنج مادون قرمز مدل T825-2 ساخت کارخانه تستو (Testo) ایتالیا اندازه‌گیری شد (Singh *et al.*,1985). در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک از هر کرت ۶ بوته به‌صورت تصادفی (همان ۶ بوته‌ای که قبلا برای ارزیابی شاخص کلروفیل استفاده شدند) انتخاب شد و صفات ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق اندازه‌گیری شد. در پایان فصل با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای با حذف دو ردیف کناری و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها، برداشت انجام و محصول دانه هر کرت توزین شد. با توزین چهار تکرار ۱۰۰۰ تایی از دانه و میانگین گرفتن از اعداد حاصله، وزن هزار دانه به دست آمد. اندازه‌گیری درصد روغن دانه با دستگاه رزونانس مغناطیسی هسته‌ای (NMR) در آزمایشگاه روغن بخش تحقیقات دانه‌های روغنی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج انجام شد. قبل از انجام آنالیز آماری، آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از گزاره UNIVARIATE در نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد و قبل از انجام تجزیه واریانس، آزمون یکنواختی واریانس اشتباهات آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت بین دو سال آزمایش به‌عمل آمد و واریانس اشتباه آزمایشی برای هر آزمایش به‌طور مجزا برای تک تک صفات مشخص گردید. در پایان تجزیه واریانس مرکب داده‌ها و نتایج آزمایشی با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی‌دار محافظت شده (FLSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای مقایسه میانگین برهم‌کنش معنی‌دار از رویه برش‌دهی استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثرهای ساده سال، آبیاری، رقم و محلول‌پاشی روی بر کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. برهم‌کنش دوگانه رقم و آبیاری نیز بر کلیه صفات مورد مطالعه بجز

1- *Acanthiophilus helianthi* Rossi
2- Spad

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.2.6]

شاخص سطح برگ در سطح ۱ درصد و برهم‌کنش دوگانه آبیاری و محلول‌پاشی بر تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و شاخص کلروفیل (Spad) در سطح ۱ درصد و بر درصد روغن در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین برهم‌کنش دوگانه رقم و محلول‌پاشی بر تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و درصد روغن در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. برهم‌کنش سه‌گانه آبیاری و رقم و محلول‌پاشی تنها بر صفت درصد روغن دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد در شرایط آبیاری نرمال به جز دو رقم صفه و گل‌مهر که با هم از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری نداشتند، بین بقیه ارقام اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته به میزان ۱۴۲/۴ سانتی‌متر به رقم گل‌مهر و کمترین آن به میزان ۱۱۱/۵ سانتی‌متر به رقم گلدشت اختصاص داشت. در مقابل در شرایط تنش خشکی ارقام از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری داشتند و رقم گل‌مهر با ارتفاع بوته ۱۳۴/۳ سانتی‌متر به همراه رقم صفه بیشترین و رقم گلدشت با ارتفاع ۱۱۳/۲ سانتی‌متر، کمترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص دادند. در یک تحقیق، اثر تنش خشکی بر ارتفاع بوته یک رقم خاردار و دیررس گلرنگ معنی‌دار بود و کمبود آب موجب کاهش ارتفاع ساقه شد (میرزاخانی و همکاران، ۱۳۹۴). به‌نظر می‌رسد رقم پاییزه گل‌مهر به دلیل دیررسی و رقم بهاره گلدشت به دلیل زودرسی به‌ترتیب از بیشترین و کمترین ارتفاع بوته در تیمارهای آبیاری برخوردار بوده‌اند (جدول ۳).

تعداد طبق در بوته

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد در شرایط بدون تنش، ارقام گلرنگ از نظر تعداد طبق در بوته متفاوت بودند و بیشترین تعداد طبق در بوته به میزان ۳۲/۴ عدد به رقم پرنیان اختصاص داشت و کمترین آن به میزان ۲۶/۶ عدد مربوط به رقم گل‌مهر بود که با رقم پدیده در یک گروه قرار گرفت. اما در شرایط تنش خشکی، بیشترین تعداد طبق در بوته به تعداد ۲۸/۴ عدد مربوط به رقم پرنیان و کمترین آن به تعداد ۲۳ عدد مربوط به رقم گل مهر بود که با ارقام پدیده و گلدشت تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). در رابطه با برهم‌کنش رقم و محلول‌پاشی روی، تعداد طبق در بوته با افزایش مصرف روی در کلیه ارقام افزایش یافت و تمامی ارقام اختلاف معنی‌داری داشتند. به‌طوری‌که بیشترین تعداد طبق در کلیه ارقام از محلول‌پاشی روی به میزان ۱/۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۴). همچنین در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی با افزایش مصرف روی، تعداد طبق در بوته افزایش یافت (جدول ۵). نتایج نشان داد که تیمار محلول‌پاشی روی، نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی (شاهد) در افزایش تعداد طبق در بوته مؤثر بود و توانست تا حدودی خسارت ناشی از تنش خشکی در گلرنگ را جبران نماید. در این زمینه گزارش شده است که برهم‌کنش تنش خشکی و محلول‌پاشی روی، بر صفات تعداد طبق، تعداد طبق بارور، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گلرنگ معنی‌دار بود (علیزاده

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.2.6]

و همکاران، ۱۳۹۳). 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 محلول‌پاشی روی، این میزان کاهش بهبود یافت که با نتیجه این تحقیق هم خوانی دارد (فرجام و همکاران، ۱۳۹۳).

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط آبیاری، رقم و محلول‌پاشی روی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع بوته	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه
سال	۱	۶۶/۶**	۴۳۸/۶۷**	۴۰۹۹/۳۴**	۴۳/۶**
سال×تکرار	۴	۰/۴۱	۳/۴۹	۱۱/۱۲	۱/۱۳
آبیاری	۱	۱۸۷۵/۹۸**	۸۵۸/۰۵**	۱۳۱۹۲/۶۷**	۱۴۱/۸۴**
سال×آبیاری	۱	۱۴۴/۹**	۵/۳۴ns	۲۳۵۴/۴۵**	۵/۷۵**
خطای کرت اصلی	۴	۰/۰۳	۰/۴۹	۹/۷۱	۰/۶۹۲
رقم	۴	۱۰۹۵/۷۶**	۱۴۴/۶۸**	۳۹۳۳/۵۵**	۲۰۷۵/۱۳**
محلول‌پاشی روی	۲	۱۳/۴۲**	۱۹۶/۵۵**	۲۲۱۲/۶۲**	۹۲/۰۸۳**
سال×رقم	۴	۱۳۸/۱۷**	۱۹۸/۳**	۱۶۱۸/۱**	۲۰/۲**
سال×محلول‌پاشی	۲	۴/۶۵*	۰/۲۱ns	۴/۲۹ns	۴/۶۱**
رقم×آبیاری	۴	۶۹/۰۸**	۳۰/۴**	۲۰۴/۳۳**	۶۲/۴**
سال×رقم×آبیاری	۴	۶۱/۵۱**	۱۱/۳۸**	۸۴/۴۲**	۵۱/۸۴**
آبیاری×محلول‌پاشی	۲	۰/۵۱ns	۱۷/۵۲**	۵۴/۴۲**	۰/۰۱ns
سال×آبیاری×محلول‌پاشی	۲	۱/۰۳ns	۸/۸۴*	۳۷/۸*	۰/۱۱ns
رقم×محلول‌پاشی	۸	۳/۱۰۱ns	۶/۲۳**	۴۹/۵۴**	۲/۷۴**
سال×محلول‌پاشی×رقم	۸	۱/۵۳ns	۲/۷۵ns	۱۲/۳ns	۲/۵۰**
آبیاری×رقم×محلول‌پاشی	۸	۰/۲۴ns	۱/۰۷ns	۱۰/۲ns	۰/۷۴ns
سال×آبیاری×رقم×محلول‌پاشی	۸	۰/۲۶ns	۰/۷۶ns	۸/۶ns	۰/۸۴ns
خطای کرت فرعی	۱۱۲	۳/۵۲	۲/۰۴	۱۱/۳	۰/۶۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱/۴۶	۵/۱	۳/۸	۲/۳۵

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد دانه	درصد روغن	دمای طبق	شاخص سطح برگ	شاخص کلروفیل
سال	۱	۲۳۵۱۷۰۲۱/۳۶**	۰/۹۸**	۲۴۸/۷۵**	۱۵/۲**	۱۹۸۱/۹۷**
سال×تکرار	۴	۱۳۶۲۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۶۳	۰/۲۲	۳/۰۳
آبیاری	۱	۶۹۵۷۲۸۰/۸**	۱۵/۷۸**	۱۳۷/۶۴**	۱۹/۹۳**	۱۲۴۵/۶۲**
سال×آبیاری	۱	۲۴۴۷۲۰/۰۲*	۰/۹**	۴۰/۹**	۰/۲۸ns	۱۲۰/۲۳**
خطای کرت اصلی	۴	۹۱۲۱۴/۲۹	۰/۰۱۴	۰/۳۶	۰/۱۲	۰/۹۸
رقم	۴	۴۲۲۸۲۶۸/۵۶**	۱۵۵/۲۷**	۳۸/۶۷**	۹/۰۷**	۲۵۵/۵۱**
محلول‌پاشی روی	۲	۱۶۳۸۱۹۴/۶۱ **	۱/۲۹**	۸/۵۲**	۱/۴۴**	۷۸/۳۶**
سال×رقم	۴	۴۳۸۰۶۸۳/۴۱**	۱/۸۸**	۱۳/۳۷**	۶/۲۴**	۵۴۴/۶۷**
سال×محلول‌پاشی	۲	۵۴۰۰۷/۸۷ns	۰/۲۲۵*	۰/۴۶ns	۰/۰۳ ns	۰/۲۶ ns
رقم×آبیاری	۴	۲۲۲۱۰۲/۲۲ns	۱/۲۸**	۴/۸۶**	۰/۱۵ ns	۱۳۰/۲۳**
سال×رقم×آبیاری	۴	۳۳۸۶۲/۸ns	۱/۴۵**	۱/۴۷**	۰/۰۷ ns	۱۳۰/۳۵**
آبیاری×محلول‌پاشی	۲	۴۱۰۷۵/۸۲ns	۰/۳۰۱*	۰/۵ns	۰/۰۳ ns	۱۰/۱۱**
سال×آبیاری×محلول‌پاشی	۲	۱۲۲۵۹/۲۴ns	۰/۲۸*	۰/۱۱ns	۰/۰۰۱ ns	۲/۸۵ ns
رقم×محلول‌پاشی	۸	۱۳۸۱۲/۶۴ ns	۰/۷۶**	۰/۲۲ns	۰/۰۰۶ ns	۱/۰۱ ns
سال×محلول‌پاشی×رقم	۸	۲۲۵۰۷۳/۲*	۰/۲۱۸**	۰/۴۱ns	۰/۰۲ ns	۱/۹۶ns
آبیاری×رقم×محلول‌پاشی	۸	۲۷۷۷۷/۰۹ ns	۰/۲۳۴**	۰/۰۳۲ns	۰/۰۰۷ ns	۰/ ۲۹ ns
سال×آبیاری×رقم×محلول‌پاشی	۸	۳۱۲۴۹/۷۵ ns	۰/۲۲۲**	۰/۰۳۶ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۴۶ns
خطای کرت فرعی	۱۱۲	۱۰۳۹۳۲/۲۲	۰/۰۷	۰/۳۷	۰/۱۲	۱/۰۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴/۹	۰/۱	۲/۳	۱۹/۸	۱/۵۳

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، ۱٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.2.6]

تعداد دانه در طبق

در شرایط بدون تنش تمامی ارقام از نظر تعداد دانه در طبق اختلاف معنی‌داری داشتند به‌طوری که در شرایط بدون تنش بیشترین تعداد دانه در طبق به میزان ۱۱۱/۴ عدد در رقم پرنیان و کمترین آن به میزان ۷۹/۴ عدد در رقم پدیده مشاهده شد. در شرایط تنش خشکی ارقام صفه، گلدشت و گل‌مهر از نظر تعداد دانه کمترین و رقم پرنیان بیشترین تعداد دانه را داشتند (جدول ۳). نتایج نشان داد با انجام محلول‌پاشی روی، تعداد دانه در طبق در تمامی ارقام به‌طور معنی‌داری افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین افزایش تعداد دانه در طبق از محلول‌پاشی روی به میزان ۱/۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. در بین ارقام مورد بررسی، ارقام پرنیان و پدیده به ترتیب از بیشترین و کمترین تعداد دانه در طبق در کلیه سطوح محلول‌پاشی عنصر روی برخوردار بودند. به عنوان مثال میزان افزایش تعداد دانه در طبق به‌واسطه محلول‌پاشی روی به میزان ۱/۲ کیلوگرم در هکتار در ارقام پرنیان و پدیده به‌ترتیب ۱۸/۷ و ۱۷/۰ درصد بود (جدول ۴). همچنین در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی با افزایش محلول‌پاشی روی، تعداد دانه در طبق به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با این وجود در شرایط بدون تنش در مقایسه با شرایط تنش خشکی، میزان افزایش تعداد دانه در طبق با کاربرد سطوح ۰/۶ و ۱/۲ کیلوگرم روی در هکتار بیشتر بود (جدول ۵). افزایش معنی‌دار تعداد طبق در متر مربع و تعداد دانه در طبق در تیمار محلول‌پاشی روی قبل از گل‌دهی در گیاه گلرنگ گزارش شده است (Soleimani *et al*., 2017). تعداد دانه در طبق تحت اثر تنش خشکی و غلظت محلول‌پاشی روی و بر هم‌کنش محلول‌پاشی و تنش قرار می‌گیرد (استیری، ۱۳۹۳). تنش خشکی باعث خشک شدن 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). همچنین احتمالا بیشتر بودن تعداد دانه در طبق در رقم پرنیان به‌واسطه طبق بزرگ‌تر و پهن‌تر در مقایسه با طبق کوچک‌تر در رقم پدیده بوده است.

وزن هزار دانه

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد ارقام از نظر وزن هزار دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی واکنش‌های متفاوتی نشان دادند به‌طوری‌که بیشترین وزن هزار دانه به میزان ۴۳/۳ گرم به رقم گلدشت اختصاص داشت که با رقم پرنیان در یک گروه قرار داشت و کمترین آن به میزان ۲۷/۲ گرم به رقم گل‌مهر اختصاص داشت که از نظر آماری با رقم صفه اختلاف معنی‌داری نداشت. در شرایط تنش خشکی نیز بیشترین وزن هزار دانه در رقم پرنیان به میزان ۴۶/۴ گرم و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.2.6]

کمترین آن در رقم صفه به میزان ۲۴/۷۳ گرم مشاهده شد (جدول ۳). همچنین با افزایش مصرف روی، وزن هزار دانه تمامی ارقام افزایش معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که بیشترین وزن هزار دانه در تمامی ارقام از محلول‌پاشی روی به میزان ۱/۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. با این وجود در بین ارقام مورد بررسی بیشترین میزان افزایش وزن هزار دانه به میزان ۷/۹ درصد با کاربرد سطوح محلول‌پاشی روی در رقم پرنیان مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ۳: مقایسه میانگین ارتفاع بوته، اجزای عملکرد دانه، دمای طبق و شاخص کلروفیل در شرایط آبیاری و رقم

آبیاری	رقم	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (گرم)	دمای طبق (سانتی‌گراد)	شاخص کلروفیل (Spad)
بدون تنش خشکی (شاهد)	صفه	۱۴۱/۳۷ a	۳۱/۲۸ ab	۱۰۳/۷۸ b	۲۷/۷۹ c	۲۹/۰۸ b	۶۹/۸۲ b
	گلدشت	۱۱۱/۵۷ d	۳۰/۴۴ b	۸۸/۸۹ d	۴۳/۳۶ a	۲۹/۴۷ ab	۷۱/۲۴ ab
	گل مهر	۱۴۲/۴۱ a	۲۸/۰۶ c	۹۶/۴۴ c	۲۷/۲۳ c	۲۹/۴۸ ab	۶۹/۴۲ b
	پدیده	۱۲۹/۹۱ c	۲۶/۶۱ c	۷۹/۴۴ e	۲۹/۲۴ b	۲۹/۸۱ a	۶۳/۴۷ c
	پرنیان	۱۳۵/۰۲ b	۳۲/۴۴ a	۱۱۱/۴۴ a	۴۲/۱ a	۲۷/۸۷ c	۷۱/۹۱ a
قطع آبیاری از مرحله پر شدن دانه	صفه	۱۳۲/۴۷ a	۲۴/۶۱ bc	۸۲/۰۰ b	۲۴/۷۳ e	۳۱/۵۶ a	۶۴/۴ b
	گلدشت	۱۱۳/۲ c	۲۵/۹۴ b	۷۷/۶۷ b	۳۸/۶۶ b	۳۱/۶۴ a	۶۰/۶ b
	گل مهر	۱۳۴/۳۱ a	۲۳/۰۰ c	۷۸/۸۳ b	۲۶/۴۳ d	۳۱/۵ a	۶۲/۶۹ b
	پدیده	۱۲۵/۰۳ b	۲۵/۰۰ bc	۶۶/۰۶ c	۳۱/۴۶ c	۳۱/۲۸ a	۶۲/۷۶ b
	پرنیان	۱۲۲/۹۶ b	۲۸/۴۴ a	۸۹/۸۳ a	۴۰/۴۶ a	۲۸/۴۷ b	۶۹/۱۱ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار محافظت شده در سطح احتمال پنج درصد است.

جدول ۴: مقایسه میانگین اجزای عملکرد دانه در شرایط محلول‌پاشی روی و رقم

محلول‌پاشی روی (کیلوگرم در هکتار)	رقم	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (گرم)
عدم کاربرد روی (محلول‌پاشی با آب)	صفه	۲۶/۵۸ b	۸۵/۳۳ c	۲۵/۴۷ c
۰/۶	صفه	۲۸/۲۵ a	۹۳/۵۰ b	۲۶/۲۷ b
۱/۲	صفه	۲۹/۰ a	۹۹/۸۳ a	۲۷/۰۴ a
عدم کاربرد روی (محلول‌پاشی با آب)	گلدشت	۲۵/۰۸ c	۷۹/۴۲ b	۴۰/۰۹ b
۰/۶	گلدشت	۲۸/۹۲ b	۸۳/۶۷ a	۴۱/۱۴ ab
۱/۲	گلدشت	۳۰/۵۸ a	۸۶/۷۵ a	۴۱/۷۹ a
عدم کاربرد روی (محلول‌پاشی با آب)	گل‌مهر	۲۴/۱۷ c	۸۳/۱۷ b	۲۵/۰۹ c
۰/۶	گل‌مهر	۲۵/۶۷ b	۸۶/۸۳ b	۲۷/۰۷ b
۱/۲	گل‌مهر	۲۶/۷۵ a	۹۲/۹۲ a	۲۸/۳۲ a
عدم کاربرد روی (محلول‌پاشی با آب)	پدیده	۲۳/۷۵ b	۶۶/۳۳ c	۲۹/۲۱ b
۰/۶	پدیده	۲۶/۹۲ a	۷۳/۷۵ b	۲۹/۸۰ b
۱/۲	پدیده	۲۶/۷۵ a	۷۸/۱۷ a	۳۲/۰۴ a
عدم کاربرد روی (محلول‌پاشی با آب)	پرنیان	۲۸/۲۵ c	۹۱/۸۳c	۴۰/۱۱ c
۰/۶	پرنیان	۳۰/۸۳ b	۱۰۱/۰۰ b	۴۱/۹۱ b
۱/۲	پرنیان	۳۲/۲۵ a	۱۰۹/۰۸ a	۴۳/۱۷ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار محافظت شده در سطح احتمال پنج درصد است.

به طور کلی 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 (Sinaki *et al*., 2007). در این تحقیق نیز دلیل کاهش وزن هزار دانه در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.2.6]

شرایط تنش خشکی احتمالاً می‌تواند به این دلیل باشد که وقوع تنش موجب کاهش جذب آب و املاح و در نتیجه کاهش فتوسنتز برگ و تولید شیره پرورده شده است. در مطالعه دیگری، در تمام سطوح تنش خشکی، بالاترین میزان وزن هزار دانه به‌دست آمده مربوط به تیمار محلول‌پاشی با سولفات روی بوده است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۳). در یک بررسی، کاربرد روی اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه در پنج ژنوتیپ گلرنگ در هر دو سال آزمایش داشت (Aytac *et al*., 2014).

عملکرد دانه

نتایج مقایسه میانگین اثر آبیاری بر عملکرد دانه نشان داد بیشترین عملکرد دانه به میزان ۲۳۶۴/۸ کیلوگرم در هکتار از شرایط بدون تنش به‌دست آمد و قطع آبیاری از مرحله پر شدن دانه سبب کاهش ۱۶/۶ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با تیمار بدون تنش شد. در یک مطالعه، تنش خشکی در مرحله گل‌دهی گلرنگ باعث کاهش اجزای عملکرد و عملکرد دانه گلرنگ شد، به‌طوری‌که تنش در مرحله گل‌دهی سبب افت ۴۹ درصدی عملکرد دانه گلرنگ شد (یوسفی راد و شریفی، ۱۳۹۸). نتایج مقایسه میانگین اثر رقم بر عملکرد دانه نشان داد بالاترین عملکرد دانه به میزان ۲۶۷۱/۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم پرنیان و کمترین عملکرد دانه به میزان ۱۹۱۹/۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم پدیده بود. در رقم پرنیان زیادتر بودن تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه سبب عملکرد دانه بیشتر در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی شد. بیشترین عملکرد دانه به میزان ۲۳۲۷/۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار محلول‌پاشی روی به میزان ۱/۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه به میزان ۱۹۹۷/۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار عدم مصرف روی (شاهد) بود (جدول ۶). بیشتر بودن عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی روی به افزایش اجزای عملکرد دانه (تعداد طبق، تعداد دانه در طبق) به‌خصوص تعداد دانه در طبق مرتبط بوده است. بیشتر بودن عملکرد دانه گلرنگ در تیمار محلول‌پاشی روی به‌واسطه برخورداری از بیشترین تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در بوته تأیید شده است (Pasandi *et al*., 2018). بیشتر عناصر کم‌مصرف با افزایش فتوسنتز و بهبود دوام سطح برگ باعث افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیستی می‌شود (قطاوی و همکاران، ۱۳۹۱). با توجه به مشاهدات کوه نورد و همکاران (۱۳۹۰) بیشترین عملکرد دانه با محلول‌پاشی روی بر گیاه گلرنگ به‌دست آمد. مرادی تلاوت و همکاران (۱۳۹۴) نیز گزارش کردند عملکرد دانه و درصد روغن در رقم صفه، تحت اثر محلول‌پاشی روی به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است که با نتایج این بررسی مطابقت دارد. همچنین دلیل بالاتر بودن عملکرد دانه در رقم پرنیان برخورداری از بیشترین تعداد طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی بود (جدول‌های ۳، ۴، ۵ و ۶). بسیاری از ریز مغذی‌ها مانند عنصر روی می‌توانند به عنوان یک کوفاکتور در ساختار آنزیم‌ها عمل کنند، از این‌رو فعالیت آنزیم‌ها تا حد زیادی به وجود ریز مغذی‌ها بستگی دارد (Lemoine *et al*.,

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.2.6]

2013). ریز مغذی‌ها می‌توانند بر فعالیت آنزیم‌ها اثر بگذارند و با تحریک اتقال مجدد از منبع (برگ) به مخزن (دانه) سبب افزایش عملکرد دانه گیاه شوند (Marschner, 2012).

درصد روغن دانه

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد کلیه ارقام در شرایط بدون تنش به افزایش مصرف روی واکنش مثبت نشان دادند و اختلاف درصد روغن به جز رقم پرنیان در بقیه ارقام معنی‌دار بود. در بررسی اثر محلول‌پاشی روی بر گیاه گلرنگ در شرایط آبیاری مطلوب و آبیاری محدود گزارش شده است که بیشترین مقدار درصد روغن با کاربرد روی در شرایط آبیاری کامل حاصل شد (Pasandi *et al*., 2018). در شرایط تنش خشکی هم با وجود اینکه افزایش روی موجب افزایش درصد روغن در کلیه ارقام شد اما این اختلاف به جز رقم گلدشت در بقیه ارقام معنی‌دار نبود. این موضوع نشان می‌دهد که چهار رقم صفه، گل مهر، پدیده و پرنیان با افزایش مصرف روی در شرایط تنش خشکی جهت افزایش درصد روغن حساسیت زیادی نشان نداده‌اند (جدول ۷). نتایج مطالعه‌های کوه نورد و همکاران (۱۳۹۰) حاکی از اثرهای مثبت محلول‌پاشی روی بر افزایش میزان روغن دانه گلرنگ می‌باشد. مرادی تلاوت و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند عملکرد دانه و درصد روغن در رقم صفه، تحت اثر محلول‌پاشی روی به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. در بین عناصر ریزمغذی، عنصر روی بیشترین اثر مثبت را بر درصد روغن دانه گیاه گلرنگ دارد (Pasandi *et al*., 2018). تجمع روغن در دانه‌ها با سنتز اسیدهای چرب در پلاستیک همراه است و بسیاری از آنزیم‌های کلیدی در این فرآیند دخیل هستند. از جمله این آنزیم‌ها می‌توان به استیل کوآ کربوکسیلاز استیل اشاره کرد که عنصر روی برای عملکرد این آنزیم ضروری است (Li *et al*., 2017). تأمین عناصر ریزمغذی مورد نیاز گیاه به همراه آبیاری بهینه و به موقع می‌تواند به میزان قابل توجهی کارآیی سیستم‌های تولید گلرنگ را افزایش داده و تولید روغن را بهبود بخشد (Pasandi *et al*., 2018). در این مطالعه، کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی می‌تواند به علت اختلال در فرایندهای متابولیسمی بذر و اختلال در انتقال آسیمیلات‌ها به دانه باشد (Bouchereau *et al*., 1996). نتایج نشان داد تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها درصد روغن را کاهش داد که به‌نظر می‌رسد علت آن تسریع در رسیدگی گیاه می‌باشد که در این حالت فرصت کافی برای سنتز روغن از پروتئین‌های ذخیره شده در دانه وجود نداشته و بنابراین درصد روغن کاهش یافته است. گزارش شده است که تنش خشکی باعث تغییر در توسعه جنین و پریکارپ شده که در نتیجه آن کاهش محتوای روغن دانه رخ می‌دهد (Rondanini *et al*., 2003).

دمای طبق

نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری×رقم نشان داد کمترین دمای طبق هم در شرایط بدون تنش و تنش خشکی در رقم پرنیان مشاهده شد و بقیه ارقام در شرایط تنش خشکی اختلاف معنی‌داری از نظر دمای طبق نشان ندادند. به‌طور

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.2.6]

مثال افزایش دمای طبق به‌واسطه تنش خشکی در رقم پرنیان در حدود ۲ درصد بود در حالی‌که در سایر ارقام این افزایش در حدود ۷ درصد بود. به‌نظر می‌رسد سفید بودن رنگ گلچه‌های گل در رقم پرنیان به دلیل انعکاس بیشتر نور خورشید بخصوص در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه می‌تواند یکی از دلایل پایین‌تر بودن دمای طبق در مقایسه با سایر ارقام با رنگ گلچه‌های نارنجی و قرمز مثل گل‌مهر، صفه و گلدشت باشد. همچنین مقادیر کم افزایش دمای طبق به‌واسطه تنش خشکی در رقم پرنیان می‌تواند با عملکرد دانه بیشتر این رقم در ارتباط باشد (جدول ۳).

شاخص کلروفیل

در شرایط بدون تنش بیشترین میزان شاخص کلروفیل به میزان ۷۱/۹ در رقم پرنیان مشاهده شد و کمترین آن به میزان ۶۳/۴ مربوط به رقم پدیده بود. در شرایط تنش خشکی هم رقم پرنیان بالاترین میزان شاخص کلروفیل را داشت (جدول ۳). همچنین میزان این شاخص با افزایش مصرف روی افزایش یافت و این افزایش در شرایط بدون تنش نسبت به تیمار عدم مصرف روی (شاهد) معنی‌دار بود، اما در شرایط تنش خشکی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). تنش خشکی از طریق فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز در گیاه باعث تخریب کلروپلاست و کاهش میزان کلروفیل می‌شود (Misra and Sricastatva, 2000). 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 سطح برگ

نتایج نشان داد بیشترین شاخص سطح برگ به میزان ۲/۶۱ در رقم پرنیان و کمترین آن به میزان ۱/۳۹ در رقم پدیده مشاهده شد. همچنین بیشترین شاخص سطح برگ به میزان ۲/۰۸ در شرایط بدون تنش به‌دست آمد و اعمال تنش خشکی سبب کاهش ۳۲/۲ درصدی این صفت در مقایسه با شرایط بدون تنش شد. محلول‌پاشی روی به میزان ۱/۲ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش ۲۵/۳ درصدی شاخص سطح برگ در مقایسه با شرایط عدم مصرف روی شد (جدول ۶). در مطالعه فتحیان و همکاران (۱۳۹۱) تنش خشکی باعث کاهش ۲۷ درصدی در شاخص سطح برگ گلرنگ شد. تنش خشکی از طریق کاهش تولید و رشد برگ، پیری زودرس برگ‌ها و افزایش پیری برگ‌ها مقدار شاخص سطح برگ را کاهش می‌دهد (Sing *et al*., 1990). کاهش شاخص سطح برگ در اثر تنش خشکی در مطالعه حاضر با یافته‌های محققین دیگری در مورد اثر منفی تنش خشکی بر شاخص سطح برگ مطابقت دارد. سایه انداز گیاهان در مواجه با تنش خشکی با سرعت کمتری گسترش یافته، اندازه برگ‌ها کوچک‌تر شده و به‌واسطه ریزش زود هنگام برگ‌های پایین سایه انداز گیاهی، گیاه سطح برگ خود را با سرعت بیشتری از دست می‌دهد و نهایتاً شاخص سطح برگ تحت شرایط خشکی کاهش می‌یابد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.2.6]

محلول‌پاشی روی با افزایش هورمون اکسین باعث افزایش رشد سلولی و افزایش شاخص سطح برگ و در نهایت افزایش رشد می‌گردد (بیرانوند و همکاران، ۱۳۸۹).

جدول ۵: مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری×محلول‌پاشی روی بر برخی از صفات مورد بررسی

آبیاری	محلول‌پاشی روی (کیلوگرم در هکتار)	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	شاخص کلروفیل (Spad)
شاهد	عدم کاربرد روی (محلول‌پاشی با آب)	۲۸/۳۳ b	۸۸/۸۷ c	۶۸/۴۴ b
	۰/۶	۳۰/۲ a	۹۶/۲۳ b	۶۹/۱۰ ab
	۱/۲	۳۰/۷۷ a	۱۰۲/۹ a	۶۹/۹۷ a
تنش خشکی	عدم کاربرد روی (محلول‌پاشی با آب)	۲۲/۸ b	۷۳/۵۷ c	۶۲/۲۳ a
	۰/۶	۲۶/۰۳ a	۷۹/۲۷ b	۶۴/۲۵ a
	۱/۲	۲۷/۳۷ a	۸۳/۸۰ a	۶۵/۲۵ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار محافظت شده در سطح احتمال پنج درصد است.

جدول ۶: مقایسه میانگین عملکرد دانه و شاخص سطح برگ در پاسخ به تیمارهای آزمایش

	تیمارها	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص سطح برگ
آبیاری	بدون تنش خشکی (شاهد)	۲۳۶۴/۸ a	۲/۰۸ a
	قطع آبیاری از مرحله پر شدن دانه	۱۹۷۱/۶ b	۱/۴۱ b
رقم	صفه	۱۹۴۷/۱ c	۱/۵۹ b
	گلدشت	۲۲۸۰/۸ b	۱/۷۱ b
	گل مهر	۱۹۲۱/۹ c	۱/۴۱ c
	پدیده	۱۹۱۹/۷ c	۱/۳۹ c
	پرنیان	۲۶۷۱/۵ a	۲/۶۱ a
محلول‌پاشی روی (کیلوگرم در هکتار)	عدم کاربرد روی (محلول‌پاشی با آب)	۱۹۹۷/۹ c	۱/۵۸ c
	۰/۶ کیلوگرم	۲۱۷۸/۹ b	۱/۷۶ b
	۱/۲ کیلوگرم	۲۳۲۷/۸ a	۱/۹۸ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار محافظت شده در سطح احتمال پنج درصد است.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده، محلول‌پاشی روی به دلیل افزایش محسوس تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق سبب زیادتر بودن عملکرد دانه در مقایسه با شرایط بدون کاربرد روی، بخصوص در شرایط تنش خشکی در گیاه گلرنگ شد. همچنین محلول‌پاشی روی با غلظت ۱/۲ کیلوگرم در هکتار در مرحله پر شدن دانه بیشترین اثر مثبت را در افزایش اجزای عملکرد دانه ارقام گلرنگ به‌خصوص رقم پرنیان داشت. رقم پرنیان به واسطه دمای طبق پایین‌تر و شاخص سطح برگ و شاخص کلروفیل (Spad) زیادتر، از نظر تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه برتری محسوسی نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه گلرنگ داشت.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.2.6]

جدول ۷: مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری×رقم×محلول‌پاشی روی بر درصد روغن دانه

آبیاری	رقم	محلول‌پاشی	درصد روغن
شاهد	صفه	عدم کاربرد روی (محلول‌پاشی با آب)	۲۸/۴۰ b
	صفه	۰/۶	۲۸/۴۲ ab
	صفه	۱/۲	۲۸/۵۳ a
	گلدشت	عدم کاربرد روی (محلول‌پاشی با آب)	۲۴/۱۲ b
	گلدشت	۰/۶	۲۵/۷۲ a
	گلدشت	۱/۲	۲۵/۸۲ a
	گل‌مهر	عدم کاربرد روی (محلول‌پاشی با آب)	۲۸/۴۳ b
	گل‌مهر	۰/۶	۲۸/۶۳ ab
	گل‌مهر	۱/۲	۲۸/۸۰ a
	پدیده	عدم کاربرد روی (محلول‌پاشی با آب)	۲۷/۵۰ b
	پدیده	۰/۶	۲۷/۶۲ ab
	پدیده	۱/۲	۲۷/۹۳ a
	پرنیان	عدم کاربرد روی (محلول‌پاشی با آب)	۲۴/۳۲ a
	پرنیان	۰/۶	۲۴/۶۰ a
	پرنیان	۱/۲	۲۴/۶۸ a
تنش خشکی	صفه	عدم کاربرد روی (محلول‌پاشی با آب)	۲۸/۱۷ a
	صفه	۰/۶	۲۸/۲۳ a
	صفه	۱/۲	۲۸/۲۵ a
	گلدشت	عدم کاربرد روی (محلول‌پاشی با آب)	۲۴/۱۳ b
	گلدشت	۰/۶	۲۴/۵۳ a
	گلدشت	۱/۲	۲۴/۵۸ a
	گل‌مهر	عدم کاربرد روی (محلول‌پاشی با آب)	۲۸/۰۵ a
	گل‌مهر	۰/۶	۲۷/۹۰ a
	گل‌مهر	۱/۲	۲۷/۹۷ a
	پدیده	عدم کاربرد روی (محلول‌پاشی با آب)	۲۷/۲۵ a
	پدیده	۰/۶	۲۷/۲۳ a
	پدیده	۱/۲	۲۷/۵۸ a
	پرنیان	عدم کاربرد روی (محلول‌پاشی با آب)	۲۳/۲۷ a
	پرنیان	۰/۶	۲۳/۳۳ a
	پرنیان	۱/۲	۲۳/۲۷ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار محافظت شده در سطح احتمال پنج درصد است.

منابع

استیری، ه.، آرمین، م. و فیله کش، ا. ۱۳۹۳. تأثیر محلول‌پاشی مقادیر مختلف سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط تنش خشکی. مجله تولید گیاهان روغنی. ۱ (۱): ۷۷-۶۵.

بیرانوند، ف.، رفیعی، م. خورگامی، ع. دارائی مفرد، ع. و زیدی طولابی، ن. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر تراکم و کاربرد مقادیر مختلف کود سولفات روی بر عملکرد کمی تریتیکاله در شرایط دیم. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲ (۸): ۹۵-۸۳.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.2.6]

راستی، ا.، صفاری، م. و مقصودی مود، ع. ا. ۱۳۹۳. تأثیر کودهای ارگانیک و شیمیایی بر شاخص های عملکرد و اجرای عملکرد گلرنگ تحت تنش خشکی. مجله مهندسی آبیاری و آب ایران. ۵ (۱۸): ۸۰-۶۹.

سرخی، ف. ۱۳۹۷. اثر کاربرد سولفات روی بر عملکرد کمی و کیفی گلرنگ تحت تنش کم آبی. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۰ (۳۷): ۳۴-۲۱.

علیزاده، م.، بلوچی، ح.ر. و موحدی دهنوی، م. ۱۳۹۳. اثر محلول‌پاشی سولفات روی و سالیسیلیک اسید بر ویژگی‌های ریخت شناسی و عملکرد گلرنگ تحت تنش خشکی. مجله تولید گیاهان روغنی. ۱ (۲): ۵۲-۴۱.

فتحیان، ش. و احسان زاده، پ. ۱۳۹۱. ارتباط برخی خصوصیات فیزیولوژیک با عملکرد در گلرنگ بهاره در دو رژیم آبیاری. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۳ (۴): ۶۵۹-۶۴۹.

فرجام، س.، رخزادی، ا. محمدی، ه. و قلعه شاخانی، س. ۱۳۹۳. اثر تنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گلرنگ بهاره. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۶ (۲۳): ۱۱۲-۹۹.

قطاوی، ح.، معافپوریان، غ. و بحرانی، ع. ۱۳۹۱. تأثیر محلول‌پاشی سولفات روی و دور آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان پروتئین ذرت دانه‌ای. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۴ (۱۰): ۴۸-۳۷.

کوه نورد، پ.، جلیلیان، ج.، و پیرزاد، ع. ۱۳۹۰. اثر محلول‌پاشی عناصر کم مصرف بر برخی صفات زراعی گلرنگ در نظام‌های زراعی رایج و اکولوژیک. مجله دانش زراعت. ۳ (۶): ۲۵-۱۵.

مرادی تلاوت، م.ر.، روشن، ف. و سیادت، س.ع. ۱۳۹۴. اثر محلول‌پاشی سولفات روی بر محتوای عناصر معدنی، عملکرد دانه و روغن دو رقم گلرنگ. مجله علوم زراعی ایران. ۱۷ (۲): ۱۶۴-۱۵۳.

میرزاخانی، م.، همتی، ز. و ملکی، غ.ر. ۱۳۹۴. بررسی اثر مقادیر زئولیت در شرایط تنش آبی بر صفات فیزیولوژیک گلرنگ. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۷ (۲۷): ۶۷-۵۵.

یوسفی راد، م. و شریفی، م. ۱۳۹۸. اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و زراعی گلرنگ در شرایط تنش خشکی. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۱ (۴۱): ۴۶-۲۹.

Achhale, D**. 2016.** Screening of safflower (*Carthamus tinctorius* l.) Genotypes for drought tolerance**.** Thesis master of science in agriculture (plant breeding and genetics). Rajmata vijayaraje scindia krishi vishwa vidyalaya, gwalior college of agriculture, indore (mp). 75p.

Akhzari, D. and Pessarakli, M. 2015. Effect of drought stress on total protein, essential oil content, and physiological traits of *Levisticum Officinale*. Journal of Plant Nutrition. 39(1): 901-916.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.2.6]

Aytac, Z., Gulmezoglu, N. Sirel, Z. Tolay, I. and Alkan Torun, A. 2014. The effect of zinc on yield, yield components and micronutrient concentrations in the seeds of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 42(1): 202-208.

Bortolheiro, F.P.A.P. and Silva, M.A. 2017. Physiological response and productivity of safflower lines under water defcit and rehydration. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 89(4): 3051-3066**.**

Bouchereau, A., Clossais-Besnard, N. Bensaoud, A. Leport, L. and Renard, M. 1996. Water stress effects on rapeseed quality. European Journal of Agronomy. 5(1-2): 19-30.

Cakmak, I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. New Phytologist. 146: 185-205.

Ebrahimi, M., khajehpour, M.R. Naderi, A. and Majde Nassiri, B. 2014. Physiological responses of sunflower to water stress under different levels of zinc fertilizer. International Journal of Plant Production. 8(4): 483-503.

Fleta-Soriano, E. and Munné-Bosch, S. 2016. Stress memory and the inevitable effects of drought: a physiological perspective. Frontiers in Plant Science. 7: 1-6.

Ghofran Maghsud, S., Mobasser, H.R. and Fanaei, H.R. 2014. Effect of foliar application and time foliar application microelements (Zn, Fe, Mn) on safflower. Journal of Novel Applied Sciences. 3 (4): 396-399.

Ghosh, P.K., Majumder, M.K. and Banerjee, S.P. 2013. Growth analysis studies and their possible use in selection work in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). International Journal of Farming and Allied Sciences. 2: 38-41.

Hussain, M.I., Lyra, D.A. Farooq, M. Nikoloudakis, N. and Khalid, N. 2016. Salt and drought stresses in safflower: a review. Agronomy for Sustainable Development. 36(1): 4.

Khaghani, S., and Saffari, J. 2016. Microwave-assisted chemical preparation of zno nanoparticles and its application on the improving grain yield, quantity and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Nanostruct. 6(1): 46-51.

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

Lemoine, R., La Camera, S. Atanassova, R. Dédaldéchamp, F. Allario, T. Pourtau, N. and Faucher, M. 2013. Source-to-sink transport of sugar and regulation by environmental factors. Frontiers in Plant Science. 4: 272.

Li, Q.T., Lu, X. Song, Q.X. Chen, H.W. Wei, W. Tao, J.J. and Bi, Y.D. 2017. Selection for a zinc-finger protein contributes to seed oil increase during soybean domestication. Plant Physiology. 173: 2208-2224.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.2.6]

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

Misra, A. and Sricastatva, N.K. 2000. Influence of water stress on Japanese mint. Journal of Herbs, Spocces and Medician Plants. 7: 51-58.

Pasandi, M., Janmohammadi, M. Abasi, A. and Sabaghnia, N. 2018. Oil characteristics of safflower seeds under different nutrient and moisture management, Nova Biotechnologica et Chimica. 17(1): 86-94.

Pascual-Villalobos, A.J. and Alburquerque, N. 1996. Genetic variation of a safflower germplasm collection grown as a winter crop in southern Spain. Euphytica. 92(3): 327-332.

Rondanini, D., Savin, R. and Hall, AJ. 2003. Dynamics of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief intervals of high temperature during grain filling. Field Crops Research. 83: 79-90.

Siavashi, K., Soleimani, R. and Malakouti, M.J. 2004. Effect of zinc sulfat application times and methods on grain yield and protein contevt of chickpra in rainfed condition, Iran. Journal of Soil and Water Conservation. 18(1): 42-49.

Singh, D.P., Singh, P. Kumar, A. and Sharma, H.C. 1990. Transpiration cooling as a screening technique for drought tolerance in oilseed Brassica. Annals of Botany. 56(6): 815-820.

Sinaki, M.J., Majidi Heravan, E. Shirani-rad, A.H. Noormohamadi, G. and 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(4): 417-424.

Soheili-Movahhed, S., Khomari, S. Sheikhzadeh, P. and Alizadeh, B. 2019. Improvement in seed quantity and quality of spring safflower through foliar application of boron and zinc under end-season drought stress. Journal of Plant Nutrition. 42(8): 942-953.

Soleimani, R., Nourgholipour, F. and Moshiri, F. 2017. Effect of foliar application of Zn, Fe and Mn on seed yield and micronutrient contents of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Iranian Journal of Crop Sciences. 19 (1): 1-12.

Wang, H. and 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(8): 988-995.

Yau, S.K. 2006. Winter versus spring sowing of rain-fed safflower in a semi-arid, high-elevation Mediterranean environment. European Journal of Agronomy. 26(3): 249-256.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.2.6]

Effects of drought stress and zinc foliar application on physiological and agronomic traits in safflower cultivars

F. Rahmani[1], S. Seyfzade[2], H. Jabbari[3*], A. Valadabadi[4] and E. Hadidi Masouleh[5]

1) Ph.D student Agronomy, Islamic Azad University, Takestan Branch, Takestan, Iran.
2 & 5) Assistant Professor, Department of Agronomy, Islamic Azad University, Takestan Branch,Takestan, Iran.
3) Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
4) Associate Professor, Department of Agronomy, Islamic Azad University, Takestan Branch, Takestan, Iran.

***Corresponding Author: h.jabbari@areeo.ac.ir**

Received date: 2020.02.22 **Accepted date: 2020.06.15**

Abstract

In this study, to investigate the effects of zinc (Zn) foliar application on some physiological and agronomic traits of safflower cultivars under drought stress, an experiment was conducted as a split plot factorial based on randomized complete block design with three replications for two years (2016-2018) at the experimental field of Seed and Plant Improvement Research Institute in Karaj. In this experiment, irrigation factor in two levels including complete irrigation and drought stress (withholding irrigation from seed filling stage) in main plots, Zn foliar application factor in three levels including no spraying (control) and application of 0.6 and 1.2 kg ha^{-1} as well as five safflower cultivars (Sofeh, Golmehr, Goldasht, Padideh and Parnian) were subjected to factorial arrangement in sub plots. The results showed that the interaction of irrigation × cultivar on head temperature, spad value and seed yield components, interaction of cultivar Zn foliar application on grain yield components and interaction of irrigation × cultivar × Zn foliar application on seed oil content was significant. Zinc foliar application caused higher seed yield in safflower compared to non-zinc application treatment, especially in drought stress conditions, due to the significant increase in number of heads per plant and number of seed per head. Using 1.2 kg.ha^{-1} Zn foliar application showed the most positive effect on increasing yield components of safflower cultivars especially Parnian. In this study, Parnian due to lower head temperature, maximum leaf area index and higher spad value index, had the higher number of heads per plant, number of seeds per head and 1000-seed weight than other studied cultivars. According to the results, although the drought is causing damage to safflower, but Zinc foliar application partially compensated the damage caused by drought.

Keywords: Head temperature, Leaf area index, Seed yield and Withholding irrigation.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.2.6]