شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال یازدهم
شماره سه
بهار ۱۴۰۱

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۰۳/۰۶

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۶/۲۰

صفحات: ۱۲۵-۱۱۱

تأثیر محلول‌پاشی روی بر تعدیل اثرات قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه در ژنوتیپ‌های گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

مانوئل جیوانی[۱]، وریا ویسانی[۲*]، حمید جباری[۳] و مرجان دیانت[۴]

۱) دانش‌آموخته گروه علوم زراعی و باغی دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲) گروه علوم زراعی و باغی دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۳) مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، سازمان آموزش، تحقیقات و ترویج کشاورزی.
۴) گروه علوم زراعی و باغی دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: weria.wisany@gmail.com

چکیده:

زمینه و هدف: تغییر شرایط آب و هوایی باعث افزایش شدت تنش‌ها می‌شود و امروزه زندگی تمام گیاهان با تغییرات سریع محیط زیستی به چالش کشیده شده است. آب یک جزء مهم در تمام فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان است که ۸۰ تا ۹۵ درصد از زیست توده گیاهان علفی را شامل می‌شود. به‌جز در محیط‌های با رطوبت بالا، گیاهان احتمالا در طول دوره حیات خود در شرایط تنش خشکی قرار می‌گیرند. تنش خشکی با کاهش کمیت و کیفیت محصول همراه بوده و علاوه بر آن سبب کاهش کارایی مصرف آب و جذب عناصر غذایی در گیاه می‌گردد. به‌منظور کاهش اثرات تنش کم‌آبی در گیاهان، از روش‌های مختلفی ازجمله تغذیه معدنی با عناصر کم‌مصرف ازجمله روی استفاده می‌شود.

روش پژوهش: به‌منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌های گلرنگ به محول پاشی روی در شرایط تنش خشکی آزمایشی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج واقع در استان البرز در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل تنش خشکی در دو سطح شامل آبیاری معمول (شاهد) و قطع آبیاری از آغاز پر شدن دانه به‌عنوان عامل اصلی و ارقام گلرنگ شامل اصفهان، لیناس، پدیده، پرنیان و گلدشت و محلول‌پاشی روی در سه سطح شامل عدم محلول‌پاشی و کاربرد روی با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ کیلوگرم در هکتار به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. درجه حرارت کانوپی با استفاده از دماسنج مادون قرمز تعیین شد. استخراج روغن از بذور رسیده گلرنگ با دستگاه سوکسله و با استفاده از حلال هگزان انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش قطر ساقه، قطر طبق، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، عملکرد روغن، محتوای نسبی آب برگ گردید. همچنین تنش خشکی باعث افزایش دمای محیط کانوپی شد. محلول‌پاشی روی با افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد روغن، محتوای نسبی آب برگ و کاهش دمای محیط کانوپی همراه بود.

نتایج: نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق نشان داد بروز تنش کمبود آب، میزان رشد و نمو و درنتیجه عملکرد بیولوژیک، عملکرد روغن، محتوای نسبی آب برگ گیاه گلرنگ را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش داد و کاربرد گونه‌های روی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی باعث بهبود صفات موردبررسی گردید. بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان اظهار داشت که کاربرد روی می‌تواند یکی از راهکارهای مناسب در جهت تعدیل اثرات ناشی کمبود آب در مرحله پر شده دانه ارقام مورد مطالعه گیاه گلرنگ باشد.

کلیدواژه‌ها: ارقام گلرنگ، تنش خشکی، روغن، ریزمغذی، محتوای نسبی آب

10.30495/WSRCJ.2022.19237

مقدمه

با توجه به روند صعودی مصرف روغن‌های نباتی و هزینه زیاد تأمین روغن از طریق واردات، توسعه کشت گیاهان روغنی سازگار با اقلیم کشور حائز اهمیت است. با توجه به وجود تنوع در توده‌ها و ارقام گلرنگ و ویژگی‌های قابل توجه گلرنگ مانند مقاومت نسبی به شوری، کم‌آبی و خشکی، تطابق دوره رشد گلرنگ با بارش‌ها، وجود ارقام وحشی گلرنگ در کشور و کیفیت بالای روغن، گلرنگ را به‌عنوان گزینه‌ای مناسب در کنار سایر محصولات روغنی دیگر مطرح نموده است (Haghshenas et al., 2020). گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) از تیره Compositae می‌باشد که پرشاخ و برگ، علفی، شبه خاردار و یک ساله است. روغن گلرنگ با دارا بودن بیش از ۹۰ درصد اسیدهای چرب غیراشباع به‌خصوص اسید لینولئیک و اولئیک همواره به‌عنوان یک روغن با ارزش محسوب شده است (Kumari, 2017). دانه گلرنگ دارای ۲۵ تا ۴۵ درصد روغن و حاوی ۱۲ تا ۲۴ درصد پروتئین می‌باشد (Singh and Nimbkar, 2016) که بین ۷۸ تا ۹۰ درصد روغن گلرنگ را اسیدهای چرب غیراشباع ضروری (اولئیک و لینولیک) تشکیل می‌دهند (Hall, 2016).

در حال حاضر کمبود آب مشکلی است که در اکثر مناطق جهان مشاهده شده و انتظار می‌رود که تغییرات آب و هوایی آن را تشدید کنند (Kahil et al., 2015). تنش خشکی همانند سایر تنش‌های محیطی رشد و عملکرد گیاهان را محدود می‌کند. گیاهان زمانی با کمبود آب مواجه می‌شوند که سرعت تعرق بیش از سرعت جذب آب باشد (Wang et al., 2016). تأثیر خشکی بر هر یک از اجزای تشکیل دهنده عملکرد می‌تواند منجر به تغییر در میزان عملکرد شود. در صورت نبود آب کافی نه تنها رشد گیاه به‌واسطه نبود آب بلکه به سبب کمبود عناصر غذایی قابل دسترس کاهش می‌یابد (Kumar et al., 2015). محققان بیان نمودند که تنش خشکی در گلرنگ در مقایسه با آبیاری مطلوب، وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق، تعداد طبق در بوته، عملکرد دانه، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین را به ترتیب به میزان ۲۹، ۳۰، ۳۳، ۵۸، ۶۲ و ۶۳ درصد کاهش داد (Haghshenas et al., 2020).

برای کاهش اثرهای نامطلوب تنش خشکی در گیاهان، از روش‌های مختلفی از جمله تغذیه معدنی با عناصر پرمصرف و کم‌مصرف استفاده می‌شود (Yeganehpoor et al., 2017). مطالعات متعددی تأیید کننده اهمیت تقویت تغذیه معدنی این گیاهان در جهت کاهش اثرهای نامطلوب عوامل تنش‌زای محیطی بر رشد و تولید آن‌هاست (Tavallali et al., 2009). در میان عناصر غذایی کم‌مصرف روی در تحمل گیاه به تنش‌های محیطی بیش از سایر عناصر دخالت دارد (Karami et al., 2016). روی به‌عنوان فعال کننده آنزیم‌های مختلف در گیاه و سوبسترای رشد هورمون ایندول استیک اسید عمل می‌کند و سبب تولید ماده خشک زیادتر و عملکرد بالا می‌شود (Der et al., 2015). محلول‌پاشی نانو کود کلات روی سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد و درصد روغن دانه کلزا شد، همچنین نانو کود کلات روی باعث بهبود تحمل گیاه کلزا در شرایط تنش خشکی گردید (Ardeshiri and Jahan Bin, 2018).

انتخاب رقم مناسب برای موفقیت تولید محصول حائز اهمیت می‌باشد. انتخاب رقم‌های سازگار و پر محصول در شرایط مختلف محیطی زمینه استفاده بهینه از ظرفیت‌های زراعی موجود را فراهم می‌کند. با توجه به این که ارقام جدید گلرنگ حاصل تحقیقات به نژادی این گیاه در طی چند سال اخیر می‌باشند و از تلاقی بین ارقام مختلف ایجاد شده‌اند، لذا واکنش متفاوتی به تنش‌های خشکی که از مشکلات اساسی توسعه کشت دانه‌های روغنی در کشور می‌باشد نشان خواهند داد. خشکی عمده‌ترین تنش محیطی و مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد و تولید محصولات زراعی می‌باشد که موجب کاهش عملکرد گیاهان می‌شود. یکی از راهکارهای اساسی غلبه بر مشکلات ناشی از تنش خشکی، انتخاب ارقام مقاوم و سازگار می‌باشد. لذا با توجه به اثرات سوئی که تنش خشکی می‌تواند بر رشد و

عملکرد گلرنگ داشته باشد و همچنین با توجه به اثرات مفیدی که محلول‌پاشی روی در تعدیل اثرات تنش خشکی در ارقام منتخب گلرنگ (اصفهان، لیناس، پدیده، پرنیان و گلدشت) می‌تواند ایفا نماید، هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر محلول‌پاشی روی بر رشد، محتوای نسبی آب برگ، دمای کانوپی، عملکرد و اجزای عملکرد بذر و نیز عملکرد روغن ارقام گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل در جهت پیدا کردن راهکاری مناسب برای کاهش تعدیل اثرات ناشی کمبود آب در مرحله پر شده دانه ارقام مورد مطالعه گیاه گلرنگ بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج واقع در استان البرز در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. فاکتور تنش خشکی در دو سطح شامل آبیاری معمول (شاهد) و قطع آبیاری از آغاز پر شدن دانه در کرت‌های اصلی، عامل رقم شامل ارقام اصفهان، لیناس، پدیده، پرنیان و گلدشت و فاکتور محلول‌پاشی روی در سه سطح شامل عدم محلول‌پاشی و کاربرد روی با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ کیلوگرم در هکتار به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. عرض جغرافیایی محل انجام آزمایش، ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن ۵۱ درجه و ۶ دقیقه شرقی بوده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۲۱ متر بود. میانگین دمای ماهانه و بارندگی در طی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در منطقه کرج مطابق جدول ۱ می‌باشد.

نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۲ ارائه گردیده است. بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی، ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره، ۷۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 خالص از منبع فسفات آمونیوم و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار K_2O به‌صورت کود سولفات پتاسیم به همراه ۲/۵ لیتر در هکتار علف‌کش ترفلان (تری فلورالین) به خاک داده شده و با دو دیسک عمود بر هم و سبک، با خاک مخلوط گردید. سپس کرت‌های آزمایش که در مجموع ۹۰ کرت بودند، به‌صورت شش خط ٦ متری با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی خط ٤ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به‌منظور استفاده بهینه از نیتروژن، بقیه کود نیتروژنه مورد نیاز به‌صورت سرک (به ترتیب ۵۰ و ۲۵ کیلوگرم ازت خالص از منبع کودی اوره) در مرحله ساقه‌دهی و تکمه-دهی مصرف شد. ابعاد هر کرت آزمایش ۱/۸× ٦ متر بود. دو خط کناری به‌عنوان حاشیه و چهار خط میانی آن برای

جدول ۱. میانگین دمای ماهانه و میزان بارندگی ماهیانه در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در منطقه کرج

	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
سال	۱۳۹۷	۱۳۹۷	۱۳۹۷	۱۳۹۷	۱۳۹۷	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۸	۱۳۹۸
بارش (mm)	٦/۷	۲۲/٦	۵۷/۵	٤۷/۱	۲۸/۰	۱۹/۹	۱۰٤/۰	۱۰/۱	۲/۱
میانگین دما(°C)	۱۸/۸	۱۰/۹	۸/٤	٤/۷	۵/۷	۷/۷	۱٤/۰	۱۸/۳	۲۵/۱

جدول ۲. برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

نیتروژن کل (%)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	کربن آلی (%)	واکنش خاک (pH)	هدایت الکتریکی(ds/m)	رطوبت گل اشباع (%)	عمق نمونه‌برداری (cm)	بافت خاک
۰/۰۹	۲۰۰	۱۴/۵	۰/۸۹	۸/۰	۱/۵۱	۳۷	۳۰-۰	رسی
۰/۰۷	۱۵۲	۱۶/۱	۰/۹۸	۷/۱	۱/۲۵	۳۸	۶۰-۳۰	لومی

نمونه‌برداری و بررسی صفات مختلف و عملکرد، مورد استفاده قرار گرفت. بین بلوک‌ها برای جلوگیری از اختلاط تیمارهای مختلف موجود، هفت متر فاصله در نظر گرفته شد و برای هر بلوک سرآب و فازآب جداگانه طراحی گردید. بین کرت‌های اصلی در هر بلوک ۱ متر فاصله منظور شد.

بذرهای مورد نیاز در این تحقیق از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج بخش دانه‌های روغنی تهیه شد. به‌منظور ضدعفونی بذور و جلوگیری از آلودگی‌های احتمالی قارچی بذور به مدت دو دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد قرار گرفتند، سپس به ترتیب با آب معمولی و آب مقطر شستشو داده شدند. تاریخ کاشت در ۱۳ مهر و با دستگاه بذرکار آزمایشی وینتر اشتایگر صورت پذیرفت. آبیاری بلافاصله پس از کاشت و با استفاده از سیستم آبیاری خطی (لینیر) انجام شد. آرایش کاشت به‌صورت دو ردیفه در بالای پشته به این صورت که بذور دو طرف هر پشته و با فاصله از یکدیگر و به‌صورت خطی کاشته شدند. بذور، قبل از کاشت غربال شدند تا از نظر اندازه یکسان باشند. میزان مصرف بذر، ۲۵ کیلوگرم در هکتار بود. به‌منظور رسیدن به تراکم بوته مناسب در مرحله ۲ تا ٦ برگی اقدام به تنک و همچنین حذف علف‌های هرز گردید. پس از سبز شدن و استقرار گیاهچه، عملیات داشت شامل کنترل آفات به ویژه مگس گلرنگ با استفاده از سم دیازینون (۱/۵ لیتر در هکتار) طی دو مرحله در مراحل قبل از گلدهی و اواسط گلدهی صورت گرفت. برای اعمال تیمار روی، کلات روی ١٤ درصد برند Avan Europe ساخت اسپانیا تهیه شد، محلول‌پاشی روی در دو مرحله ابتدای ساقه‌دهی و گلدهی صورت پذیرفت. محلول‌پاشی در ساعات اولیه صبح و حداقل شدت روشنایی صورت گرفت. آبیاری تیمارهای دارای تنش خشکی در مرحله شروع پر شدن دانه‌ها قطع گردید. در طول دوره رشد برای مبارزه با علف‌های هرز نازک برگ از علف‌کش گالانت به نسبت یک در هزار استفاده شد. به دلیل عدم وجود ریزش دانه در گیاه گلرنگ با وجود اختلاف در زمان رسیدگی در ارقام مورد مطالعه، در تاریخ ۳۰ تیرماه، برداشت کرت‌ها، با کمباین مخصوص آزمایشات (وینتر اشتایگر) انجام شد. نقشه اجرای طرح و تقوی‌م آبی‌اری در جداول ۳ و ٤ ارائه شده است.

جدول ۳: نقشه اجرای طرح آزمایش

	A1															A2														
تکرار اول	b1c1	b3c2	b5c2	b4c2	b1c3	b1c2	b3c1	b4c3	b2c2	b5c1	b3c3	b2c1	b5c3	b2c3	b4c1	b1c1	b2c1	b3c1	b4c1	b5c1	b1c3	b2c3	b3c3	b4c3	b5c3	b1c2	b2c2	b3c2	b4c2	b5c2
	A2															A1														
تکرار دوم	b3c2	b2c2	b1c2	b4cc2	b5cc2	b3c1	b4c1	b5c1	b2c1	b1c1	b5c3	b3c3	b2c3	b1c3	b4c3	b2c1	b1c1	b3c3	b4c3	b5c2	b2c3	b1c3	b3c2	b5c1	b4c2	b5c3	b4c1	b3c1	b2c2	b1c2
	A1															A2														
تکرار سوم	B1c2	B4c3	B5c1	B4c1	B2c1	B3c3	B2c3	B3c2	B2c2	B5c2	B3c1	B1c3	B5c3	B4c2	B1c1	B5c2	B4c3	B3c2	B2c2	B3c3	B1c3	B5c3	B1c2	B4c2	B2c3	B1c1	B2c1	B3c1	B4c1	B5c1

جدول ٤: تقویم آبیاری

تاریخ آبیاری	تعداد دفعات آبیاری	
	بدون تنش	تنش خشکی
۱۳ مهر ۹۸ (کاشت)	۱	۱
۱۸ مهر ۹۸ (سبز شدن)	۲	۲
۱۰ اردیبهشت ۹۹ (شاخه‌دهی)	۳	۳
۱۰ خرداد ۹۹ (گل‌دهی)	٤	٤
۲۵ خرداد ۹۹ (پرشدن دانه)	۵	–

هر شش ردیف کاشت به‌عنوان یک کرت در نظر گرفته شد و دو ردیف کناری (٦ و ۱) و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای کرت به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. از چهار خط مرکزی هر کرت و با در نظر گرفتن ۰/۵ متر حاشیه از ابتدا و انتهای کرت، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب شد. برای به‌دست آوردن قطر ساقه (قطر سومین گره) و قطر طبق از کولیس استفاده گردید. تعداد کل طبق در گیاه از مجموع تعداد طبق‌های پر و پوک در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی در ۱۰ بوته انتخاب شده و به‌صورت تصادفی به‌دست آمد و میانگین آن برای هر کرت ثبت گردید. با احتساب مجموع طبق‌های دارای دانه و باز نشده، تعداد دانه در ۳۰ طبق به‌طور تصادفی شمارش شد. در پایان نیز میانگین آن‌ها به‌عنوان میانگین هر کرت آزمایشی درج گردید. به‌منظور تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، در مساحت ۳/٦ مترمربع از منطقه برداشت نهایی هر کرت آزمایشی به‌طور جداگانه کف‌بر شد و قبل از جداکردن دانه از طبق‌ها، وزن کل بوته‌ها (برگ، ساقه، طبق و دانه) تعیین شد. سپس به‌وسیله کمباین، دانه‌ها از طبق‌ها جدا شدند و وزن دانه‌ها با ترازوی دقیق آزمایشگاهی با دقت یک هزارم گرم توزین و عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید.

درجه حرارت کانوپی با استفاده از دماسنج مادون قرمز مدل (TASCO, 500-HI Japan) تعیین شد. هنگام اندازه‌گیری ترمومتر با زاویه حاده (نسبت به افق) در موقعیتی قرار گرفت تا نور حساس آن در کانوپی واقع شود، این موقعیت از برخورد نور حساس به سطح زمین جلوگیری کرد. تمام اندازه‌گیری‌های مربوط به حرارت کانوپی در ساعت ۱۱ انجام شد و به‌منظور حداقل کردن اثر زاویه خورشید جهت رو به جنوب انتخاب شد (Reynolds et al., 2001).

استخراج روغن از بذور رسیده گلرنگ با دستگاه سوکسله و با استفاده از حلال هگزان انجام گرفت. برای این منظور دو گرم از بذرهای آسیاب شه را به همراه کاغذ صافی وزن کرده، در داخل قسمت استخراج دستگاه قرار داده شد و حدود ۲۵۰ میلی‌لیتر حلال N–هگزان به آن اضافه شد. عمل عصاره‌گیری نمونه‌ها به مدت ۵–٤ ساعت ادامه یافت. پس از حذف حلال توسط دستگاه روتاری میزان روغن برای هر نمونه به‌صورت درصد گزارش شد پس از پایان آزمایشات، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

قطر ساقه

همان‌طور که از نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵) مشهود است اثرات اصلی خشکی، رقم، روی و اثر متقابل خشکی با رقم در سطح احتمال یک درصد بر قطر ساقه تأثیر معنی‌دار داشتند، اما اثرات متقابل دوگانه خشکی با روی و رقم با روی و اثر متقابل سه‌گانه خشکی با رقم و روی بر قطر ساقه معنی‌دار نشدند. نتایج مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر خشکی نشان داد که خشکی موجب کاهش ۱۱/٥٤ درصدی قطر ساقه نسبت به شاهد شد (جدول ٦).

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس واکنش ژنوتیپ‌های گلرنگ به محلول‌پاشی روی در شرایط تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	قطر ساقه	قطر طبق	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در بوته	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد روغن	دمای محیط کانوپی	محتوای نسبی آب برگ
بلوک	۲	۰/۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۲/۴۱^{ns}	۶۸۴/۲۱^{ns}	۱۸۹۹۶/۷^{ns}	۳۴۵۰۴۲۰/۰۸**	۱۱۲۱/۵۴^{ns}	۰/۷۸^{ns}	۹/۷۵*
خشکی (a)	۱	۰/۷**	۰/۲۵**	۳۶۴/۰۱**	۱۲۹۸۱۶۰/۹**	۵۶۹۷۷۳۳/۶۱**	۲۶۳۴۳۴۵۴/۰۴**	۴۷۱۷۵۸/۴**	۱۴/۲۴**	۱۸۱۲/۶۱**
خطا	۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۱	۰/۱۴	۱۱۰۹/۰۳	۱۷۱۳۷۲/۲۱	۱۰۳۹۹/۴۸	۱۰۳۸۲/۵	۰/۰۱	۰/۱
رقم (b)	۴	۰/۸**	۱/۷**	۲۰۳/۳۵**	۴۶۸۹۹۵/۹۱**	۸۰۲۲۱۳/۷۴**	۹۱۰۲۵۱۳/۳۶**	۲۵۴۱۲۶/۴۸**	۱۹/۶۵**	۱۵۶/۸۴**
روی (c)	۲	۰/۰۰۹**	۰/۱۱**	۱۰۳/۲۱**	۴۵۸۷۲۶/۸۱**	۵۹۴۶۴۵/۱^{ns}	۶۱۱۸۸۷۸/۶۱**	۴۴۱۲۴/۸۱*	۶/۱۹**	۴۲/۳۶**
a*b	۴	۰/۰۰۶*	۰/۰۰۰۴^{ns}	۵/۱۵^{ns}	۲۱۹۶۹/۹۳**	۱۵۳۵۸۷/۰۸^{ns}	۵۸۶۶۵۳/۴۱^{ns}	۱۰۴۱۱/۴۸^{ns}	۰/۷۵^{ns}	۲۷/۷۵**
a*c	۲	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}	۰/۸۱^{ns}	۵۴۴/۵۳^{ns}	۱۰۶۴۰/۴۸^{ns}	۱۲۷۵/۰۱^{ns}	۶۹۶/۱^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۳/۶۸^{ns}
b*c	۸	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۷/۲۷**	۷۰۱۶/۸۲*	۳۴۹۰۰۷/۹۵^{ns}	۱۲۹۰۴۵۷/۶۱**	۲۲۳۳۸/۹۹^{ns}	۰/۵۸^{ns}	۲/۷۴^{ns}
a*b*c	۸	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}	۰/۳۷^{ns}	۱۵۲۴/۵۶^{ns}	۴۶۳۸۱/۶۶^{ns}	۵۶۰۹/۳۷^{ns}	۳۱۳۴/۸۱^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۳۱^{ns}
خطا	۵۶	۰/۰۰۲	۰/۰۲	۲/۳۴	۲۶۴۰/۰۴	۱۹۸۲۳۰/۵۷	۲۳۸۰۵۷/۳۱	۱۲۹۱۷/۰۱	۰/۴۶	۲/۵۶
CV%		۳/۰۵	۴/۳۶	۵/۲۴	۵/۸	۱۷/۶	۳/۸۷	۱۷/۲۴	۲/۳۶	۲/۱۹

* و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد، ns: تأثیر غیر معنی‌دار

جدول ٦. نتایج مقایسه میانگین واکنش گلرنگ به شرایط تنش خشکی

تنش خشکی	قطر ساقه (cm)	قطر طبق (cm)	تعداد طبق در بوته	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (kg.ha^{-1})	عملکرد روغن (kg.ha^{-1})	دمای محیط کانوپی (°C)	محتوای نسبی آب برگ (٪)
آبیاری معمول	a۱/۵٦	a۲/۸٦	a۳۱/۱٦	a۳٤/۷۹	a۲۷۸۱/۳۱	a۱۳۰۵٦/۱۳	a۷۳۱/۵۸	b۲۸/٤٤	a۷۷/٦٤
قطع آبیاری	b۱/۳۸	b۲/۷۵	b۲۷/۱۳	b۳۲/٦٦	b۲۲۷۸/۰۹	b۱۱۹۷٤/۰۹	b۵۸٦/۷۸	a۲۹/۲٤	b٦۸/٦٦

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

رقم گلدشت (۱/۷۱ سانتی‌متر) در مقایسه با سایر ارقام از قطر ساقه بیشتری برخوردار بود (جدول ۷). کاربرد روی باعث افزایش قطر ساقه نسبت به شاهد گردید، حداکثر قطر ساقه به میزان ۱/٤۷ و ۱/٤۸ سانتی‌متر به ترتیب در سطوح مصرف ۰/۵ و ۱ کیلوگرم در هکتار روی به‌دست آمد (جدول ۸). در همه ارقام تنش خشکی با کاهش قطر ساقه همراه بود، بیشترین قطر ساقه در شرایط آبیاری معمول به میزان ۱/۷۷ و ۱/۷٦ سانتی‌متر مربوط به ارقام گلدشت و پرنیان و در شرایط تنش خشکی به میزان ۱/٦٦ سانتی‌متر مربوط به رقم گلدشت بود (جدول ۹). خشکی سبب کاهش پتانسیل آب برگ، بستن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و القاء تنش اکسیداتیو، تغییر ساختار دیواره سلولی و تولید متابولیت‌های سمی و درنهایت کاهش رشد گلرنگ می‌شود (Krouma et al., 2015). کاهش قطر ساقه در اثر اعمال تنش می‌توان به اختلال در فتوسنتز به‌واسطه کم‌آبی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی برای ارائه به بخش‌های در حال رشد گیاه و کاهش انعطاف‌پذیری دیواره سلول‌های

جدول ۷. نتایج مقایسه میانگین تفاوت بین ارقام مختلف گلرنگ

رقم	قطر ساقه (cm)	قطر طبق (cm)	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در بوته	عملکرد دانه (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (kg.ha^{-1})	عملکرد روغن (kg.ha^{-1})	دمای محیط کانوپی (°C)	محتوای نسبی آب برگ (٪)
اصفهان	۱/۳۳^{d}	۲/۵۹^{b}	۲۹/٤٤^{c}	۹٦۵/۳۳^{b}	۲۰۲٦/۰٦^{b}	۱۲۲۲۲۷^{c}	۵۷۲/۸۹^{b}	۲۹/٤۹^{a}	۷۲/۹^{b}
گلدشت	۱/۷۱^{a}	۳/۱۷^{a}	۳۳/۷۲^{a}	۸۵٤/۲۸^{c}	۳۲۰٦/۱۱^{a}	۱۲۹۸٤/۱۷^{b}	۷۹۸/۰٦^{a}	۲۸/۳^{b}	۷۵/۳۳^{a}
لیناس	۱/۳۷^{c}	۲/٦۷^{b}	۲٦/۵٦^{d}	۷۹٦/۲۸^{d}	۲۰۳٦^{b}	۱۱۷٤۰/۰٦^{d}	۵۷۷/۸۹^{b}	۲۹/٤٦^{a}	۷۲/۹۵^{b}
پدیده	۱/۲٦^{e}	۲/٤۹^{c}	۲۵/۲۸^{e}	٦۹٦^{e}	۲۰٦۰/۹٤^{b}	۱۲۱۲۵/٦۷^{c}	۵٦٦/۹٤^{b}	۲۹/۷^{a}	٦۸/۵۱^{c}
پرنیان	۱/٦۷^{b}	۳/۰۹^{a}	۳۰/۷۲^{b}	۱۱۱۵/۷۲^{a}	۳۳۱۹/۳۹^{a}	۱۳٤۹۸/٦۷^{a}	۷۸۰/۱۱^{a}	۲۷/۲۵^{c}	۷٦/۰٦^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۸. نتایج مقایسه میانگین واکنش گلرنگ به محلول‌پاشی روی

روی ($kg.ha^{-1}$)	قطر ساقه (cm)	قطر طبق (cm)	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در بوته	عملکرد بیولوژیک ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد روغن ($kg.ha^{-1}$)	دمای محیط کانوپی (°C)	محتوای نسبی آب برگ (٪)
۰	۱/٤٥^{b}	۲/۷٤^{b}	۲۷/۰۷^{c}	۷۵۱/۱^{c}	۱۱۰۵۵/۵^{c}	٦۱۷/۰۷^{b}	۲۹/۳٤^{a}	۷۱/۸٦^{b}
۰/۵	۱/٤۷^{a}	۲/۸٤^{a}	۲۹/۷۳^{b}	۹۱۱/۰۳^{b}	۱۲۵۸۰^{b}	٦٦۸/۳۷^{ab}	۲۸/۷۳^{b}	۷۳/٤^{a}
۱	۱/٤۸^{a}	۲/۸٤^{a}	۳۰/٦۳^{a}	۹۹٤/٤۳^{a}	۱۳۹۰۹/۸۳^{a}	٦۹۲/۱^{a}	۲۸/٤٥^{b}	۷٤/۱۹^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

ساقه نسبت داد، در نتیجه طویل شدن این سلول‌ها متوقف می‌شود (Ardeshiri and Jahan Bin, 2018). افزایش قطر ساقه نتیجه افزایش تقسیم و طویل شدگی سلولی در اثر کاربرد روی می‌باشد (Rosrami fard et al., 2012).

قطر طبق

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی، رقم و روی در سطح احتمال یک درصد بر قطر طبق در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌دار داشت. اثرات متقابل اثر متقابل خشکی با رقم، خشکی با روی، رقم با روی و اثر متقابل سه‌گانه خشکی با رقم و روی بر قطر طبق معنی‌دار نبود (جدول ۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین قطر طبق تحت تأثیر تنش خشکی، اعمال تنش خشکی با کاهش ۳/۸۵ درصدی قطر طبق نسبت به شاهد همراه بود (جدول ٦). رقم گلدشت با میانگین ۳/۱۷ سانتی‌متر از قطر طبق بیشتری نسبت به سار ارقام برخوردار بود (جدول ۷). کاربرد روی افزایش قطر طبق را در پی داشت، بیشترین قطر طبق به میزان ۲/۸٤ سانتی‌متر در سطوح مصرف ۰/۵ و ۱ کیلوگرم در هکتار روی مشاهده شد (جدول ۸). کاهش فتوسنتز و ارسال فرآورده-های فتوسنتزی به طبق‌ها در اثر تنش خشکی مهم‌ترین عامل کاهش قطر طبق و در نتیجه عملکرد دانه است (Seyed Ahmadi et al., 2015). به نظر می‌رسد که مصرف کود روی عمدتا از طریق افزایش توان فتوسنتزی گیاه و تأمین مواد فتوسنتزی به دلیل افزایش شاخص و دوام سطح برگ (Seghatoleslami and Forutani, 2015) باعث افزایش قطر طبق و در نتیجه امکان تشکیل دانه‌های بیشتری را در طبق فراهم کرده است.

قطر طبق

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی، رقم و روی در سطح احتمال یک درصد بر قطر طبق در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌دار داشت. اثرات متقابل اثر متقابل خشکی با رقم، خشکی با روی، رقم با روی و اثر متقابل سه‌گانه خشکی با رقم و روی بر قطر طبق معنی‌دار نبود (جدول ۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین قطر طبق تحت تأثیر تنش خشکی، اعمال تنش خشکی با کاهش ۳/۸۵ درصدی قطر طبق نسبت به شاهد همراه بود (جدول ٦). رقم گلدشت با میانگین ۳/۱۷ سانتی‌متر از قطر طبق بیشتری نسبت به سار ارقام برخوردار بود (جدول ۷). کاربرد روی افزایش قطر طبق را در پی داشت، بیشترین قطر طبق به میزان ۲/۸٤ سانتی‌متر در سطوح مصرف ۰/۵ و ۱ کیلوگرم در هکتار روی مشاهده شد (جدول ۸). کاهش فتوسنتز و ارسال فرآورده-های فتوسنتزی به طبق‌ها در اثر تنش خشکی مهم‌ترین عامل کاهش قطر طبق و در نتیجه عملکرد دانه است (Seyed Ahmadi et al., 2015). به نظر می‌رسد که مصرف کود روی عمدتا از طریق افزایش توان فتوسنتزی گیاه و تأمین مواد فتوسنتزی به دلیل افزایش شاخص و دوام سطح برگ (Seghatoleslami and Forutani, 2015) باعث افزایش قطر طبق و در نتیجه امکان تشکیل دانه‌های بیشتری را در طبق فراهم کرده است.

تعداد طبق در بوته

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵) مبین آن بود که تنش خشکی، رقم، روی و اثر متقابل رقم با روی در سطح احتمال یک درصد بر تعداد طبق در بوته تأثیر معنی‌دار داشت؛ اما سایر اثرات متقابل دو و سه‌گانه تأثیر معنی‌داری بر تعداد طبق در بوته نداشتند. خشکی موجب کاهش ۱۲/۹۳ درصدی تعداد طبق در بوته نسبت به شاهد شد (جدول ٦). بر اساس نتایج مقایسه میانگین تعداد طبق در بوته تحت تأثیر رقم، حداکثر تعداد طبق در بوته به میزان ۳۳/۷۲ طبق مربوط به رقم گلدشت و حداقل تعداد طبق در بوته به میزان ۲۵/۲۸ طبق مربوط به رقم پدیده بود (جدول ۷). کاربرد روی باعث افزایش تعداد طبق در بوته نسبت به شاهد گردید، بیشترین تعداد طبق در بوته (۳۰/٦۳ طبق) از سطح مصرف ۱ کیلوگرم در هکتار روی به‌دست آمد که بیانگر افزایش ۱۳/۱۵ درصدی تعداد طبق در بوته بود (جدول ۸). همان‌طور که از نتایج تعداد طبق در بوته تحت تأثیر رقم و روی مشهود است، کاربرد روی در همه ارقام مورد بررسی با افزایش تعداد طبق در بوته همراه بود، به‌طوری که بیشترین تعداد طبق در بوته به میزان ۳٦/۸٦ طبق از کاربرد ۱ کیلوگرم در هکتار روی در رقم گلدشت حاصل شد (جدول ۹). تنش خشکی باعث می‌شود که گیاه در شرایط نامساعد محیطی به گل رفته و در اثر گرما، تعدادی از گل‌ها عقیم مانده و ریزش کنند. همچنین چون گیاه در اثر بالا بودن دمای محیط در مدت زمان کمتری نیاز حرارتی خود را تأمین می‌کند طول دوره گلدهی گیاه کوتاه شده و پتانسیل تولید طبق کاهش می‌یابد (Sepehri and Golparvar, 2011). افت تعداد طبق در شرایط تنش خشکی را باید ناشی از ریزش، سقط گل‌ها و نیز کاهش تعداد شاخه که در نهایت بر تعداد گل‌ها و در نهایت بر تعداد طبق‌ها تأثیر دارد، دانست. محدودیت آب باعث ریزش گل‌ها، سقط جنین و در نتیجه کاهش تعداد نهایی طبق می‌شود (Jaberi et al., 2015; Karami chame et al., 2016). کاربرد کود روی با افزایش تعداد شاخه جانبی از طریق افزایش سطح هورمون‌های رشد، شرایط مناسب برای تشکیل تعداد طبق را فراهم می‌سازد (Rezaul Karim et al., 2012).

تعداد دانه در بوته

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثر تنش خشکی، رقم روی و اثر متقابل خشکی با رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل رقم با روی در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار بود. در اثرات متقابل خشکی با روی و اثر متقابل سه‌گانه خشکی با رقم و روی بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار نبود (جدول ۵). اعمال خشکی موجب کاهش ۲۳/۸۹ درصدی

جدول ۹. نتایج مقایسه میانگین واکنش ژنوتیپ‌های گلرنگ به تنش خشکی

تنش خشکی	رقم	قطر ساقه (cm)	تعداد دانه در بوته	محتوای نسبی آب برگ (٪)
آبیاری معمول	اصفهان	۱/٤۳^{de}	۱۱۳۱/۱۱^{b}	۷۸/۹۹^{a}
آبیاری معمول	گلدشت	۱/۷۷^{a}	۹٤۷/٦۷^{c}	۷۹/۳۸^{a}
آبیاری معمول	لیناس	۱/٤٦^{d}	۹۰۰/٦۷^{cd}	۷۸/٤٦^{a}
آبیاری معمول	پدیده	۱/۳٦^{ef}	۷۸٤/۲۲^{e}	۷۱/۸۷^{b}
آبیاری معمول	پرنیان	۱/۷٦^{a}	۱۲٦٤/٤٤^{a}	۷۹/٥^{a}
قطع آبیاری	اصفهان	۱/۲۲^{gh}	۷۹۹/٥٦^{de}	٦٦/۸۱^{c}
قطع آبیاری	گلدشت	۱/٦٦^{b}	۷٦۰/۸۹^{e}	۷۱/۲۹^{b}
قطع آبیاری	لیناس	۱/۲۸^{fg}	٦۹۱/۸۹^{ef}	٦۷/٤٤^{c}
قطع آبیاری	پدیده	۱/۱٦^{h}	٦۰۷/۷۸^{f}	٦٥/۱٦^{c}
قطع آبیاری	پرنیان	۱/٥۷^{c}	۹٦۷^{c}	۷۲/٦۱^{b}

تعداد دانه در بوته نسبت به شاهد شد (جدول ٦). رقم پرنیان (۱۱۱۵/۷۲ دانه) در مقایسه با سایر ارقام مورد مطالعه از تعداد دانه در بوته بیشتری دارا بود (جدول ۷). کاربرد روی افزایش تعداد دانه در بوته نسبت به شاهد را به همراه داشت، حداکثر تعداد دانه در بوته به میزان (۹۹٤/٤۳ دانه) از مصرف ۱ کیلوگرم در هکتار روی به‌دست آمد که بیانگر افزایش ۳۲/٤ درصدی تعداد دانه در بوته نسبت به شاهد بود (جدول ۸). تنش خشکی موجب کاهش تعداد دانه در بوته در اقلام مورد بررسی شد، به ترتیب حداکثر (۱۲٦٤/٤٤ دانه) و حداقل (٦۰۷/۷۸ دانه) تعداد دانه در بوته در شرایط آبیاری معمول در رقم پرنیان و در شرایط تنش خشکی در رقم پدیده حاصل گردید (جدول ۹). مصرف روی با افزایش تعداد دانه در بوته در ارقام مختلف همراه بود، بالاترین تعداد دانه در بوته به میزان ۱۲٤۸/۵ دانه در مصرف ۱ کیلوگرم در هکتار روی در رقم پرنیان به‌دست آمد (جدول ۹). اعمال تنش خشکی در طول دوره رشد گیاه از طریق محدودیت در فراهمی مواد فتوسنتزی بر گرده افشانی و باروری گلچه‌های تأثیر گذاشته و باعث سقط گلچه‌ها و در نهایت کاهش تعداد دانه در طبق می‌شود (Moravveji et al., 2016). وقوع تنش خشکی در مرحله رشد زایشی موجب کاهش جذب مواد پرورده و در نتیجه کاهش فتوسنتز برگ و تولید شیره پرورده گردیده که این وضعیت موجب از بین رفتن گل‌ها و در نتیجه افزایش آسیب پذیری تشکیل دانه در طبق‌ها در شرایط تنش خشکی می‌شود (Karami chame et al., 2016). روی در فرآیندهای فتوسنتز و آنابولیک تعداد مختلفی از گونه‌های گیاهی (Zuo and Zhang, 2011) توانسته با بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه در فتوسنتز مؤثر باشد و از طریق تحریک تولید مواد فتوسنتزی موجب افزایش تعداد دانه شود. روی به دلیل فعال ساختن آنزیم هایی که در متابولیسم کربوهیدرات‌ها شرکت دارند سبب افزایش ذخیره کربوهیدرات دانه‌های گرده، افزایش طول عمر آن‌ها و در نتیجه باعث افزایش گرده افشانی و تشکیل دانه می‌شود. مشاهده شد که مصرف کود روی موجب افزایش تعداد دانه شد، افزایش تعداد دانه با مصرف کود روی را می‌توان به نقش مستقیم این عنصر در فعالیت‌های آنزیمی (کربنیک آهیدراز، هیدروژناز، پروتئیناز و نیترات رودکتاز) متابولیسم اکسین، فتوسنتز، کلروفیل و فعالیت کاتالیزورها نسبت داد (Rezaul Karim et al., 2012).

عملکرد دانه

بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس حکایت از معنی‌دار شدن خشکی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه داشت. در اثر روی، اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه تأثیر معنی‌داری دیده نشد (جدول ۵). اعمال خشکی موجب کاهش عملکرد دانه از ۲۷۸۱/۳۱ به ۲۲۷۸/۰۹ کیلوگرم در هکتار گردید، به عبارت دیگر تنش خشکی باعث کاهش ۱۸/۰۹ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد (جدول ٦). رقم گلدشت (۳۲۰٦/۱۱ کیلوگرم در هکتار) و رقم پرنیان (۳۳۱۹/۳۹ کیلوگرم در هکتار) بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داده بودند (جدول ۷). تنش خشکی از طریق تأثیر بر آنزیم‌های مؤثر در فرایند فتوسنتز، بستن منفذ روزنه‌ها و کاهش میزان فتوسنتز، ضمن کاهش سطح برگ‌ها، منجر به تسریع پیری برگ شده و باعث کاهش قدرت منبع می‌گردد و این موضوع کاهش عملکرد اقتصادی گیاه را به دنبال دارد (Basal et al., 2014). محققان اظهار داشتند هنگامی که گیاه با کمبود آب مواجه گردد، انتقال مواد غذایی به دانه‌ها تقلیل یافته و عملکرد کاهش می‌یابد که ناشی از کاهش تعداد و اندازه طبق‌ها می‌باشد (Khalili and Hamze, 2019). کاهش آب آبیاری احتمالا به دلیل ریزش طبق‌ها و کاهش میزان سنتز مواد فتوسنتزی و انتقال آن‌ها به دانه، باعث کاهش اجزای عملکرد و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود (Jain et al., 2010). روی با افزایش میزان تنظیم کننده‌های رشد، کمک به سوخت و ساز مواد و تأثیر بر واکنش‌های انتقال الکترون در چرخه کربس باعث افزایش شمار و وزن دانه و در نهایت عملکرد می‌شود (Rakers et al., 2013). با محلول‌پاشی عناصری از جمله

روی که نقش مهمی در کاتالیزور فرآیندهای سوخت و سازی و حفظ آماس یاخته‌ای در گیاه بر عهده دارند، گیاه عناصر مورد نیاز خود برای افزایش اسمولیت‌ها را بهتر و راحت‌تر در اختیار دارد. بدین ترتیب یاخته به فعالیت‌های حیاتی خود ادامه می‌دهد و در نهایت عملکرد شایان پذیرش‌تری در این شرایط تولید می‌کند (Kohnaward et al., 2012).

عملکرد بیولوژیک

همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس ارائه شده است اثر خشکی، رقم روی و اثر متقابل رقم با روی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شد. در سایر اثرات متقابل دو و سه‌گانه تأثیر معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۵). اعمال خشکی موجب کاهش عملکرد بیولوژیک از ۱۳۰۵۶/۱۳ به ۱۱۹۷٤/۰۹ کیلوگرم در هکتار گردید، به عبارت دیگر تنش خشکی باعث کاهش ۸/۲۹ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شد (جدول ٦). رقم پرنیان (۱۳٤۹۸/٦۷ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با ارقام مختلف از عملکرد بیولوژیک بیشتری دارا بود (جدول ۷). کاربرد روی موجب افزایش عملکرد بیولوژیک شد، حداکثر عملکرد بیولوژیک به مقدار ۱۳۹۰۹/۸۳ کیلوگرم در هکتار از مصرف ۱ کیلوگرم در هکتار روی به‌دست آمد که حاکی از افزایش ۲۵/۸۲ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد بود (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر رقم و روی مشخص کرد که کاربرد روی با افزایش عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد همراه بود، حداکثر عملکرد بیولوژیک به مقدار ۱٤۹۹۳/٦۷ و ۱٤۹٤٤/۸۳ کیلوگرم در هکتار از مصرف ۱ کیلوگرم در هکتار روی در ارقام گلدشت و پرنیان به‌دست آمد (جدول ۱۰). نتایج حاکی از کاهش عملکرد بیولوژیک در اثر تنش خشکی بود، کمبود آب با تأثیر منفی بر باز و بسته شدن روزنه‌ها و فعالیت‌های آنزیمی گیاه، فرایندهای فتوسنتزی، تنفس و تعرق گیاه را مختل می‌کند و در نتیجه رشد گیاه و تولید ماده خشک را کاهش می‌دهد (Andalibi, and Nouri, 2017). در خصوص افزایش عملکرد بیولوژیک با کاربرد کود روی علت‌های مختلفی ذکر شده که از آن جمله

جدول ۱۰. نتایج مقایسه میانگین واکنش ژنوتیپ‌های گلرنگ به محلول‌پاشی روی

رقم	روی ($kg.ha^{-1}$)	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در بوته	عملکرد بیولوژیک ($kg.ha^{-1}$)
	۰	۲۸/۵^{cdef}	۸۱۳/٦۷^{efgh}	۱۱۱۹۸/٦۷^{ef}
اصفهان	۰/۵	۳۰^{cde}	۹۹٤/۵^{cd}	۱۲۲۰٤/٦۷^{cde}
	۱	۲۹/۸۳^{cde}	۱۰۸۷/۸۳^{bc}	۱۳۲۷۷/٦۷^{bc}
	۰	۳۰/۱۷^{bcde}	۷۲۵/۸۳^{h}	۱۰۷۵۹^{f}
گلدشت	۰/۵	۳٤/۱۷^{ab}	۸۷٦/٦۷^{defg}	۱۳۱۹۹/۸۳^{bc}
	۱	۳٦/۸٦^{a}	۹٦۰/۳۳^{cd}	۱٤۹۹۳/٦۷^{a}
	۰	۲۵/۱۷^{fg}	۷۱۷/۳۳^{h}	۱۰۷۷۲/۵^{f}
لیناس	۰/۵	۲٦/٦۷^{efg}	۷۸۱/۸۳^{fgh}	۱۱٦۹۵^{def}
	۱	۲۷/۸۳^{def}	۸۸۹/٦۷^{def}	۱۲۷۵۲/٦۷^{bcd}
	۰	۲۲/۸۳^{g}	۵٦۳/۸۳^{i}	۱۰٦۰٦/٦۷^{f}
پدیده	۰/۵	۲٦/۸۳^{defg}	۷۳۸/۳۳^{gh}	۱۲۱۹۰^{cde}
	۱	۲٦/۱۷^{efg}	۷۸۵/۸۳^{fgh}	۱۳۵۸۰/۳۳^{b}
	۰	۲۸/٦۷^{cdef}	۹۳٤/۸۳^{de}	۱۱۹٤۰/٦۷^{cdef}
پرنیان	۰/۵	۳۱^{bcd}	۱۱٦۳/۸۳^{ab}	۱۳٦۱۰/۵^{b}
	۱	۳۲/۵^{bc}	۱۲٤۸/۵^{a}	۱٤۹٤٤/۸۳^{a}

می‌توان به افزایش بیوسنتز اکسین در حضور عنصر روی اشاره کرد (Rakers et al., 2013). عنصر روی نیز نقش مهمی در سنتز پروتئین‌ها و متابولیسم کربوهیدرات‌ها دارد، بنابراین کاربرد آن افزایش محتوای پروتئین گیاه و همچنین ماده خشک و عملکرد را به همراه دارد (Mousavi et al., 2013).

عملکرد روغن

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثرات اصلی خشکی و رقم در سطح احتمال یک درصد و روی در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد روغن معنی‌دار شد، در اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه تأثیر معنی‌داری مشاهده نگرید (جدول ۵). خشکی موجب کاهش ۱۹/۷۹ درصدی عملکرد روغن نسبت به شاهد شد (جدول ٦). ارقام گلدشت و پرنیان بیشترین عملکرد روغن به مقدار ۷۹۸/۰٦ و ۷۸۰/۱۱ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص دادند (جدول ۷). مصرف روی با افزایش عملکرد روغن نسبت به شاهد همراه بود، بالاترین عملکرد روغن به مقدار ٦۹۲/۱ کیلوگرم در هکتار در مصرف ۱ کیلوگرم در هکتار روی به‌دست آمد که حاکی از افزایش ۱۲/۱٦ درصدی عملکرد روغن نسبت به شاهد بود (جدول ۸). یکی از دلایل کاهش عملکرد روغن در شرایط تنش خشکی می‌تواند افزایش میزان اکسیداسیون اسیدهای چرب در شرایط تنش و در نتیجه کاهش درصد روغن باشد. همچنین محققان به کاهش کربوهیدرات‌های قابل دسترس، در شرایط تنش خشکی جهت ساختن روغن اشاره کرده‌اند (Awasthi et al., 2017). از طرفی در شرایط تنش خشکی فرآیندهای آنزیمی و تشکیل پروتئین-ها باعث مصرف آسیمیلات‌ها می‌شود، در واقع گیاه در برابر تنش غیر زنده با تولید ترکیبات زیستی فعال با آثار تنش مقابله می‌کند که با اثر بر عملکرد محصول میزان روغن را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Sanchez et al., 2018). در بیان تأثیر روی در افزایش میزان روغن بذور بیان شده است که در حضور عنصر روی به دلیل افزایش فعالیت تعدادی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و بهبود فعالیت غشاهای لیپیدی، مقدار روغن دانه افزایش می‌یابد (Ebrahimian et al., 2010). کاربرد روی به دلیل افزایش متابولیسم چربی‌ها و رفع به‌موقع نیاز گیاه سبب افزایش درصد و عملکرد روغن در گلرنگ شد (Kohnaward et al., 2012).

دمای کانوپی

نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن بود که خشکی، رقم و روی در سطح احتمال یک درصد بر دمای کانوپی تأثیر معنی‌دار داشتند ولی در اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه تأثیر معنی‌دار دیده نشد (جدول ۵). اعمال خشکی موجب افزایش ۲/۸۱ درصدی دمای کانوپی نسبت به شاهد شد (جدول ٦). نتایج مقایسه میانگین دمای کانوپی تحت تأثیر رقم حاکی از آن بود که بیشترین دمای کانوپی به میزان ۲۹/۹، ۲۹/٤٦ و ۲۹/۷ سانتی‌گراد به ترتیب مربوط به ارقام اصفهان، لیناس و پدیده و کمترین دمای کانوپی به میزان ۲۷/۲۵ سانتی‌گراد مربوط به رقم پرنیان بود (جدول ۷). کاربرد روی کاهش دمای کانوپی نسبت به شاهد را به همراه داشت، سطوح مصرف ۰/۵ و ۱ کیلوگرم در هکتار روی در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۸). تنش خشکی و به دنبال آن افزایش دمای کانوپی از طریق اثر بر مقاومت روزنه‌ای و ورود دی‌اکسید کربن به داخل برگ موجب کاهش مقدار فتوسنتز می‌شود. با این وجود برخی از محققین بر این باورند که افزایش تولید شاخ و برگ و در دسترس بودن آب کافی می‌تواند، دمای کانوپی را کاهش دهد (Rashidi et al., 2012). افزایش درجه حرارت کانوپی به دلیل افزایش تنفس و کاهش تعرق اتفاق می‌افتد. افزایش درجه حرارت کانوپی در مرحله پر شدن دانه اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند، زیرا در زمان پر شدن دانه به دلیل افزایش تشعشع و درجه حرارت و کاهش رطوبت نسبی محیط، کاهش درجه حرارت کانوپی شرایط را برای پر

شدن دانه فراهم می‌کند. با کاهش آب، روزنه گیاهان به‌تدریج بسته شده، تعرق کاهش یافته و دمای کانوپی افزایش می‌یابد. تعرق باعث می‌شود که درجه حرارت کانوپی به کمتر از درجه حرارت محیط تنزل پیدا کند، میزان این کاهش با هدایت روزنه‌ای ارتباط دارد که مستقیما به‌وسیله مکانیزم‌های خودتنظیمی مانند متابولیت‌های فتوسنتزی و انتقال آوندی، تحت اثر قرار می‌گیرد (Araus et al., 2008).

محتوای نسبی آب برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر خشکی، رقم، روی و اثر متقابل خشکی با رقم در سطح احتمال یک درصد بر محتوای نسبی آب برگ تأثیر معنی‌دار داشت. ولی اثرات متقابل خشکی با روی، رقم با روی و اثر متقابل سه‌گانه خشکی با رقم و روی بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار نبود (جدول ۵). خشکی موجب کاهش ۱۱/۵۷ درصدی محتوای نسبی آب برگ نسبت به شاهد شد (جدول ٦). اطلاعات به‌دست آمده از مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر رقم مشخص کرد که ارقام گلدشت و پرنیان با میانگین ۷۵/۳۳ و ۷٦/۰٦ درصد از بیشترین محتوای نسبی آب برگ نسبت به ارقام مورد مطالعه برخوردار بودند (جدول ۷). کاربرد روی باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ نسبت به شاهد گردید، سطوح مصرف ۰/۵ و ۱ کیلوگرم در هکتار روی در یک گروه آماری واقع شدند (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر خشکی و رقم نشان داد که تنش خشکی در ارقام مختلف با کاهش محتوای نسبی آب برگ همراه بود و بیشترین مقدار آن در تیمار آبیاری معمول به‌دست آمد. کمترین محتوای نسبی آب برگ را ارقام اصفهان، لیناس و پدیده با متوسط ٦٦/۸۱، ٦۷/٤٤ و ٦۵/۱٦ درصد نشان دادند (جدول ۹). یکی از مهم‌ترین عوامل حفظ بقا در شرایط تنش خشکی، قدرت بالای گیاهی در حفظ آب سلولی است. محققان معتقدند که کاهش میزان محتوای رطوبت نسبی برگ در اثر تنش خشکی مربوط به بسته شدن روزنه‌ها می‌باشد و علت بسته شدن روزنه‌ها را هورمون اسید آبسیزیک ساخته شده در ریشه، در طی شرایط تنش خشکی می‌دانند که در سلول‌های روزنه‌ای تجمع می‌یابد (Beltrano and Ronco, 2008). اظهار شده است ژنوتیپ‌هایی که بدون بستن روزنه‌های خود توانایی حفظ آب بیشتری دارند برای مناطق خشک مناسب‌تر هستند (Blum et al., 2011).

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده نشان داد که تنش خشکی سبب ایجاد تغییرات مورفولوژیک و بیوشیمیایی در ارقام مختلف شد. تنش خشکی موجب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد، عملکرد روغن و افزایش دمای محیط کانوپی شد. محلول‌پاشی روی با افزایش عملکرد روغن، محتوای نسبی آب برگ و کاهش دمای محیط کانوپی همراه بود. بیشترین تأثیر مثبت از سطح ۱ کیلوگرم در هکتار روی به‌دست آمد. نتایج نشان داد که کاربرد روی با افزایش محتوای نسبی آب برگ و دمای محیط کانوپی موجب افزایش فتوسنتز و بهبود رشد گیاه و افزایش تحمل به تنش خشکی در ارقام مختلف گردید. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش می‌توان اظهار داشت که نه‌تنها در شرایط تنش خشکی می‌توان با محلول‌پاشی روی به میزان قابل توجهی رشد، عملکرد بذر و روغن، کیفیت روغن نیز بهبود برخی از صفات فیزیولوژیکی ارقام گلرنگ را بهبود بخشید، بلکه استفاده از کود روی در شرایط بدون تنش خشکی نیز می‌تواند موجب افزایش صفات فوق‌الذکر در گیاه گلرنگ گردد؛ بنابراین، می‌تواند به‌عنوان راهکاری در جهت بهبود رشد، عملکرد بذر و روغن، کیفیت روغن نیز بهبود برخی از صفات فیزیولوژیکی گلرنگ در شرایط تنش خشکی و آبیاری مطلوب، موردتوجه قرار گیرد.

Reference:

Andalibi, B., and Nouri, F. 2017. Effect of cycocel on photosynthetic activity and essential oil of fennel (Foeniculum vulgare Mill.) under drought stress. Iranian Journal of Plant Biology. 22(6): 91-104. [in Persian]

Araus, J.L., Slafer, G.A., Royo, C. and Serret, M.D. 2008. Breeding for yield potential and stress. Adaptation in cereals. Critical Reviews in Plant Sciences, 27: 377–412.

Ardeshiri, T., and Jahan Bin, S. 2018. Effect of foliar application of nano-iron and zinc chelated on yield, yield components and harvest index of canola under drought stress conditions. Journal of Crops Improvement. 20(1): 31-43. [in Persian]

Awasthi, R., Kaushal, N., Vadez, V., Turner, N. C., Berger, J., Siddique, K. H. and Nayyar, H. 2014. Individual and combined effects of transient drought and heat stress on carbon assimilation and seed filling in chickpea. Functional Plant Biology, 41(11): 1148-1167.

Basal, H., Sezener, V., Canavar, O., Kızılkaya, K. and Dagdelen, N. 2014. Effects of water stress and plant density on cotton (Gossypium hirsutum L.) cultivars differing in maturity and seed size: I. Yield components and fiber quality parameters. International Journal of Agriculture Innovations Research, 3(3): 755-760.

Beltrano, J. and Ronco, M.G. 2008. Improved tolerance of wheat plants (Triticum aestivum L.) to drought stress and rewatering by thearbuscular mycorrhizal fungus Glomus claroideum: Effect on growth and cell membrane estability. Brazilian Journal of Plant Physiology, 20(1): 29-37.

Blum, A., Gozlan, G. and Mayer, J. 2011. The manifestation of dehydration avoidance in wheat breeding germplasm. Crop Science, 141: 391-397.

Der, H.N., Vaghasia, P.M. and Verma, H.P. 2015. Effect of foliar application of potash and Micronutrients on growth and yield attributes of groundnut. Journal of Agricultural Research, 36(3): 275-278.

Ebrahimian, E., Bybordi, A. and Eslam, B.P. 2010. Efficiency of zinc and iron application methods on sunflower. Journal of Food, Agriculture and Environment, 8(3): 783-789.

Haghshenas, R., Sharafi, S., and Gholinezhad, E., 2020. Effect of different levels of drought stress and mycorrhiza on yield of safflower cultivars. Agricultural Knowledge and Sustainable Production. 30(2): 91-109. [in Persian]

Hall, C. 2016. Overview of the Oilseed Safflower (Carthamus tinctorius L.). Reference Module in Food Science.doi: 10.1016/B978-0-08-100596-5.00030-5.

Jaberi, H., Lotfi, B., Jamshidnia, T., Fathi, A., Olad, R. and Abdollahi, A. 2015. Survey of yield of winter canola cultivars under drought stress on the yield at four different phonological stages. Scientia, 12(3):144-148.

Jain, S., Yue-Lioang, R., Mei-wang, L.E., Ting-Xian, Y., Xiao-Wen, Y. and Hong- Ving, Z. 2010. Effect of drought stress on sesame growth and yield characteristics and comprehensive evaluation of drought tolerance. Chinese Journal of Oil Crops Sciences, 4: 42-48.

Kahil, M.T., Dinar, A. and Albiac, J. 2015. Modeling water scarcity and droughts for policy adaptation to climate change in arid and semiarid regions. Journal of Hydrology, 522: 95-109.

Karami Chame, S., Khalil-Tahmasbi, B., ShahMahmoodi, P., Abdollahi, A., Fathi, A., Seyed Mousavi, S.J. and Bahamin, S. 2016. Effects of salinity stress, salicylic acid and Pseudomonas on the physiological characteristics and yield of seed beans (Phaseolus vulgaris). Scientia, 14(2): 234-238.

Karami, S., Modarres-Sanavy, M., Ghanehpour, S. and Keshavarz, H. 2016. Effect of foliar zinc application on yield and, physiological traits and seed vigor of two soybean cultivars under water deficit. Notulae Scientia Biologicae, 8(2): 181-191.

Khalili, M. and Hamze. H. 2019. Effect of Super-Adsorbent and Irrigation Levels on Quantitative and Qualitative Characteristics of Sugar Beet (Beta vulgaris). Journal of Crop Ecophysiology, 3(51): 395-412.

Kohnaward, P., Jalilian, J. and Pirzad, A. 2012. Effect of foliar application of Micro-nutrients on yield and yield components of safflower under conventional and ecological cropping systems. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 3(7): 1460-1469.

Krouma, A., Fujimura, T. and Abdely, C. 2015. Growth, photosynthetic activity and water relations three Tunsian chickpea genotypes (Cicer arietinum L.) subjected to a progressive water deficit stress. Agricultural Science Research Journal, 5(12): 206-214.

Kumar, S., Saxena, S.N., Mistry, J.G., Fougat, R.S., Solanki, R.K. and Sharma, R. 2015. Understanding Cuminum cyminum: An important seed spice crop of arid and semi-arid regions. Internation Journal Seed Spices, 5(2): 1-19.

Kumari, A. 2017. Safflower. Lap Lambert Academic Publishing. 96 p.

Moravveji, S., Zamani, G.R., Kafi, M. and Alizadeh, Z. 2016. Effect of different salinity levels on yield and yield components of spring canola cultivars (Brassica napus L.) and Indian mustard (B. juncea L.). Environmental Stresses in Agricultural Sciences, 10(3): 445-457.

Mousavi, S.R., Galavi, M. and Rezaei, M. 2013. Zinc (Zn) importance for crop production –a review. International Journal of Agronomy and Plant Production, 4(1): 64-68.

Rakers, J., Bressan, R.A. Zhu, J.K. and Bohnert, H.J. 2013. Physiological bases for yield differences in selected maize cultivars from Central America. Field Crops Research, 42: 69-80.

Rashidi, S.H., Shirani Rad, A.M., Ayene Band, A., Javidfar, F. and Lak, S.H. 2012. Study of relationship between drought stress tolerances with some physiological parameters in canola genotypes Brassica napus L. Annals of Biological Research, 3 (1): 564-569.

Reynolds, M.P., Nagarajan, S., Razzaque, M.A. and. Ageeb, O.A.A. 2001. Heat tolerance. In: Reynolds, M.P., Oritz- Monastrio, J.I. and McNab, A. (eds), Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico, D. F. Cimmyt, 124-136.

Rezaul -Karim, M.D., Zhang, Y.Q., Zhao, R.R., Chen, X.P., Zhang, F.S. and Zou, C.Q. 2012. Alleviation of drought stress in winter wheat by late foliar application of zinc, boron, and manganese. Journal of plant nutrition. soil science, 175: 142–151.

Rosrami fard, S., Khourgami, A., Rafee, M. and Nasrollahi, H. 2012. Study the effect of zinc spraying and plant density on seed yield and morphological characteristics of Green gram. Annals of Biological Research, 3(8): 4166-4171.

Sanchez, J., Canales Castilla, F.J., Tweed, J.K., Lee, M.R.F., Rubiales, D., Gómez-Cadenas, A., Arbona, V., Mur, L. A. and Prats, E. 2018. Fatty acid profile changes during gradual soil water depletion in oats suggests a role for jasmonates in coping with drought. Frontiers in Plant Science, 1077.

Seghatoleslami, M.J. and Forutani, R. 2015. Yield and water use efficiency of sunflower as affected by nano Zno and water stress. Journal of Advanced Agricultural Technologies, 2(1): 34-37.

Sepehri, A. and Golparvar, A.R. 2011. The effect of drought stress on water relations, chlorophyll content and leaf area in canola cultivars (Brassica napus L.). Electronic Journal of Biology, 7(3): 49-53.

Seyed Ahmadi, A., Bakhshandeh, A., and Gharineh, M.H. 2015. Evaluation physiological characteristics and grain yield canola cultivars under end seasonal drought stress in weather condition of Ahvaz. Iranian Journal of Field Crop Research. 13(1): 71-80. [in Persian]

Singh, V. and Nimbkar, N. 2016. Safflower. Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production: Opportunities and Constraints. Academic Press, 149-167p.

Tavallali, V., Rahemi, M., Maftoun, M., Panahi, B., Karimi, S., Ramezanian, A. and Vaezpour, M. 2009. Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations, and carbonic anhydrase activity in pistachio. Scientia Horticulturae, 123: 272-279.

Wang, X., Cai, X., Xu, C., Wang, Q. and Dai, S. 2016. Drought-responsive mechanisms in plant leaves revealed by proteomics. International Journal of Molecular Sciences, 17: 1-30.

Yeganehpoor, F., Zehtab-Salmasi, S., Shafagh- Kolvanagh, J., Ghassemi-Golezani, K. and Dastborhan, S. 2017. Effect of some morphological traits and oil content of coriander seeds in response to bio-fertilizer and salicylic acid under water stress. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 10(1): 140-149.

Zuo, Y. and Zhang, F. 2011. Soil and crop management strategies to prevent iron deficiency in crops. Journal Plant Soil, 339: 83-93.

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 11
No. 3
Spring 2022

Received:
2021-05-27

Accepted:
2021-09-11

Pages: 111-125

Zinc Foliar Application on Alleviating Effects of Irrigation Cut-Off in Grain Filling Stage of Safflower Genotypes (Carthamus tinctorius L.)

Manoel Jaivane[1], Weria Weisany[*2], Hamid Jabari[3] and Marjan Diyanat[4]

1) Department of Agriculture and Food Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2) Department of Agriculture and Food Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3) Seed and Plant Breeding Research Institute, Karaj, Agricultural Education, Research and Extension Organization.
4) Department of Agriculture and Food Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
* Corresponding author email: weria.wisany@gmail.com

Abstract:

Background and Aim: Climate change led to increasing the severity of stress, and today's life of all plants is challenged by rapid environmental changes. Water is an important component in all physiological processes of the should be added, accounting for 80 to 95% of the plant's biomass. Except in high humidity environments, plants are likely to be exposed to water deficit stress throughout their life cycle. water deficit stress decreases the quantity and quality of the plant product and in addition reduces the water use efficiency as well as reduced the absorption of nutrients. to reduce the effects of water deficit stress on plants, various methods are used, including mineral nutrition with trace elements such as zinc.

Method: to investigate the effects of foliar application of zinc on the morph physiological and biochemical traits of safflower cultivars under drought stress, an experiment was conducted as a should be added split-plot based on of should be deleted randomized complete blocks design with three replicates during 2019-2020. Experimental factors include drought stress as the primary factor, and safflower cultivars and zinc foliar application as secondary factors. The plant's canopy temperature was determined using an infrared thermometer. Seed oil was extracted from the mature seeds of safflower cultivars by the should be added apparatus using hexane solvent.

Results: Water deficit stress was applied in two levels (regular irrigation (control) and irrigation cut-off when the grain filling stage begins); safflower cultivars in this experiment were Isfahan, Linas, Padideh, Parnian, and Goldasht; foliar application of zinc was in three levels (0, 0.5 and 1 kg. ha^{-1} Zn). Results showed that water deficit stress decreased stem diameter, head diameter, number of classes per plant, number of seeds per plant, seed yield, biological yield, oil yield, relative leaf water content. Whereas, water deficit stress increased the should be added of the should be added environment. Foliar application of 1 kg. ha^{-1} Zn improved seed yield, biological yield, oil yield, relative leaf water content.

Conclusion: The results of this study showed that the water deficit stress significantly decreased the growth rate and consequently biological yield, oil yield**,** and relative water content (RWC) of safflower plants and on the other hand, the application of zinc under optimal irrigation (control) and water deficit stress improved the mentioned traits. Based on the obtained results, it can be stated that the application of zinc can be one of the appropriate solutions to mitigate the effects of water shortage in the grain filling stage of the studied cultivars of safflower.

Keywords: Drought stress, Oil, relative water content**,** Safflower cultivars, Zinc

10.30495/WSRCJ.2022.19237