Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
PSI
Phycological Society of Iran

# Effect of foliar application of organic growth stimulators on physiological characteristics, yield and percentage of safflower oil (*Carthamus tinctorius* L.) under levels of drought stress

**Ali Rashedi[1], Alireza Sirousmehr[2*], Mohsen Mousavi nik[3], Ahmad Ghanbari[4]**

[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, Email: ali9697278@yahoo.com
[2] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, Email: asirousmehr@uoz.ac.ir
[3] Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, Email: mohsen_372001@yahoo.com.au
[4] Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, Email: ghanbari@uoz.ac.ir

**Article type:**
Research article

**Article history**
Received: 11.04.2022
Revised: 01.06.2022
Accepted: 24.06.2022
Published:23.09.2023

**Keywords**
Catalase
Grain yield
Growth regulator
Number of heads per plant
Proline

**Abstract**

Drought is one of the most important factors in reducing plant yield, and understand the ways to deal with drought stress is very important. This experiment was performed to study the effect of foliar application of organic growth stimulants (Hamoon Green ®) on some physiological traits, yield, and oil content of Goldasht safflower cultivar under different levels of drought stress in the form of split plots in a randomized complete block design in the Research Farm No.1 of Zabol University located in Jazinak, Sistan Dam, in Zabol with three replications. The main factor of drought stress at 3 levels included full irrigation, irrigation up to the main stem flowering stage, and irrigation up to full flowering stage. The secondary factor was plant growth regulator at four levels including control, 8, 10, and 12 liters per hectare. Measured characteristics included plant height, number of leaves, number of heads per plant, 1000-seed weight, petal weight, stem diameter, seed protein percentage, grain yield, seed oil percentage, proline, catalase and peroxidase. The interaction of growth stimulant levels and drought stress was significant only on plant height, stem diameter, oil percentage, and proline concentration. The maximum plant height (64 cm) and percentage of oil (32.7%) were obtained from non-stress and foliar application of 12 liters of growth stimulant; the highest proline concentration was recorded under foliar application of 12 liters growth regulator the flowering stage of the main stem (0.38%); the maximum stem grain yield (1127.08 kg ha-1) was recorded with the plants sprayed with 12 liters of growth stimulant. In general, foliar application of growth stimulants moderated the negative effects of drought stress on some traits of safflower plant and improved grain yield by 36.6%. Also, irrigation up to the flowering stage of the main stem can lead to the yield similar to full irrigation.

**Cite this article as:** Rashedi, A., Sirousmehr, A.R., Mousavi nik, M., Ghanbari, A. (2023). Effect of foliar application organic growth stimulator on physiological characteristics, yield and percentage of safflower oil under levels of drought stress. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 18(3): 48-62..

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi: 10.30495/iper.2022.1956384.1786

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

# تأثیر محلول پاشی محرک رشد آلی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی، عملکرد و درصد روغن گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت سطوح تنش خشکی

**علی راشدی[۱]، علیرضا سیروس مهر[۲*]، محسن موسوی نیک[۳]، احمد قنبری[٤]**

[۱] گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، رایانامه: ali9697278@yahoo.com
[۲] گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، رایانامه: asirousmehr@uoz.ac.ir
[۳] گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، رایانامه: mohsen_372001@yahoo.com.au
[٤] گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، رایانامه: ghanbari@uoz.ac.ir

**نوع مقاله:**
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰۱/۲۲
تاریخ بازنگری: ۱٤۰۱/۰۳/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰٤/۰۳
تاریخ چاپ: ۱٤۰۲/۰۷/۰۱

***واژه‌های کلیدی:***
پرولین
تعداد طبق در بوته
تنظیم کننده رشد
عملکرد دانه
کاتالاز

**چکیده**

خشکی از مهمترین عوامل کاهش عملکرد گیاهان می‌باشد و شناخت راههای مقابله با تنش خشکی اهمیت زیادی دارد. این آزمایش به منظور مطالعه تأثیر محلول پاشی محرک رشد آلی روی برخی صفات فیزیولوژیک، عملکرد و درصد روغن رقم گلدشت گلرنگ تحت سطوح مختلف تنش خشکی به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی شماره ۱ دانشگاه زابل واقع در بخش جزینک (سد سیستان) زابل با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی تنش خشکی در ۳ سطح شامل: آبیاری کامل، آبیاری تا مرحله گلدهی ساقه اصلی و آبیاری تا مرحله گلدهی کامل و عامل فرعی تنظیم کننده رشد هامون گرین در چهار سطح شامل: شاهد، ۸ و ۱۰ و ۱۲ لیتر در هکتار بود. ویژگی‌های اندازه‌گیری شده شامل: ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد طبق در بوته، وزن هزاردانه، وزن گلبرگ، قطر ساقه، درصد پروتئین دانه، عملکرد دانه، درصد روغن دانه، میزان پرولین و فعالیت آنزیم های کاتالاز و پراکسیداز بود. نتایج بر همکنش سطوح محرک رشد و تنش خشکی فقط بر صفات ارتفاع بوته ، قطر ساقه، درصد روغن، میزان پرولین و فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار گردید. بیشترین ارتفاع بوته(٦٤ سانتی‌متر) و درصد روغن(۳۲/۷ درصد) از تیمار بدون تنش و محلول پاشی ۱۲ لیتر محرک رشد، بیشترین مقدار پرولین از تیمار محلول پاشی ۱۲ لیتر محرک رشد و مرحله گلدهی ساقه‌اصلی با میانگین ۰/۳۸ درصد و بیشترین عملکرد دانه ۱۱۲۷/۰۸ (کیلوگرم در هکتار) از سطح محلول‌پاشی ۱۲ لیتر محرک رشد به دست آمد. به‌طورکلی می‌توان گفت محلول‌پاشی محرک رشد باعث تعدیل اثرات منفی تنش خشکی در برخی صفات گیاه گلرنگ شد و به میزان ۳٦/٦ درصد باعث بهبود عملکرد دانه شده است. همچنین آبیاری تا مرحله گلدهی ساقه اصلی می تواند عملکرد دانه مشابه ابیاری کامل تولید نماید و تیمار مناسب به نظر می رسد.

**استناد:** راشدی، علی؛ سیروس مهر، علیرضا؛ موسوی نیک، محسن؛ قنبری،احمد. (۱٤۰۲). تأثیر محلول پاشی محرک رشد آلی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی، عملکرد و درصد روغن گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت سطوح تنش خشکی. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۸ (۳)، ٦۲-٤۸.

Doi: 10.30495/iper.2022.1956384.1786

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان

© نویسندگان.

**مقدمه**

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گیاهی یکساله و از خانواده مرکبان است که از دیرباز در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا از جمله هندوستان و دیگر نقاط خاورمیانه و شرق آفریقا کشت می‌شده است (Ravi et al., 2008). در سال‌های اخیر علاقه به تولید سوخت‌های زیستی درسطح جهان باعث افزایش اهمیت گیاهان روغنی ازجمله گلرنگ شده است.

یکی از مهمترین محدودیت‌های تولید در مناطق خشک و نیمه خشک کمبود آب می‌باشد. بروز تنش کم‌آبی در طول مراحل نهایی نمو زایشی موجب تسریع پیری و کاهش مدت پر شدن دانه گلرنگ می‌شود (Khajehpour, 2007). علاوه بر این، تنش خشکی به دلیل تجمع انرژی باعث تولید گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) می‌شود که منجر به اثرات اکسیداتیو نوری و آسیب‌های ساختاری می‌شود (Khoyerdi et al., 2016; Brito et al., 2019). تحقیقات Rashidi در سال ۲۰۲۲ نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد بیولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه شد. ولی درصد پروتئین، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتازی و میزان پرولین را افزایش داد. همچنین بیشترین اثر منفی تنش خشکی در مرحله گلدهی مشاهده شد به‌طوری‌که تنش مرحله گلدهی سبب افت ٤٩ درصدی عملکرد دانه و ۳۳ درصدی زیست توده گلرنگ شد.

نتایج تحقیقات Manvelian و همکاران (۲۰۲۱) بر روی گلرنگ نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب (RWC)، شاخص سطح برگ (LAI)، درصد و عملکرد روغن و میزان اسید لینولئیک شد، در حالی که تنش خشکی باعث افزایش محتوای پرولین، اسید اولئیک و فعالیت آنزیم آنتی اکسیدانی شد.

جهت کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی بر گیاه راهکارهای گوناگونی از جمله مدیریت مصرف آب و افزایش توانایی گیاه به کم آبی پیشنهاد شده است (Galle et al., 2010). یکی از راهکارهای مفید در برابر اثرات تنش خشکی استفاده از محرک‌های رشد گیاهی می‌باشد. محرک و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی باعث استقرار بهتر گیاه در خاک و حفظ گیاه به مدت طولانی و افزایش سطح سبزینگی می‌شود که در نتیجه بر قدرت رقابتی و بقاء گیاه افزوده می‌شود که همه این موارد در جهت حفظ خاک و کاهش اثر مخرب فرآیندهای فرسایش خاک می‌باشند و با اهداف تعریف شده کشاورزی پایدار هم‌خوانی دارند (Hassanzadeh and Gholinezhad, 2014).

محرک رشد آلی (هامون گرین) حاوی سلنیوم بوده که عنصری ضروری برای انسان‌ها و حیوانات است، ولی نقش آن در گیاهان هنوز به طور کامل شناخته شده نیست (Timothy, 2001). با این حال تحقیقات قبلی نشان داده است سلنیوم می‌تواند وضعیت آب درگیاهان را تنظیم و در نتیجه اثر محافظتی خود را انجام دهد (Van Oosterom et al., 2006). طبق اظهار محققان استفاده از سلنیوم در گیاهان زراعی می‌تواند در تقویت رشد و بهبود کیفیت آن‌ها مؤثر باشد (Xue et al., 2001). اکثر غلات و گیاهان علوفه‌ای نسبت به جذب سلنیوم حتی در خاک‌های با محتوای سلنیوم بالا، تمایل کمی دارند (Nowak et al., 2004)، لذا سلنیوم به صورت محلول پاشی می‌تواند عملکرد گیاه را تحت تنش خشکی بهبود دهد (Zahedi et al., 2009). این عنصر به دلیل داشتن خصوصیات آنتی اکسیدانتی موجب افزایش کیفیت روغن گلرنگ و افزایش ارزش غذایی آن می‌شود (Dadnia, 2012). مطالعات نشان می‌دهد که سطح فعالیت‌های آنتی اکسیدانت و بیومارکرهای تخریب شیمیایی به شدت تحت تاثیر سلنیوم و

تیمارهـای آبیـاری قـرار مـی‌گیـرد (Ju-hong et al., 2013). نتایج تحقیقات پیشین بیانگر این مطلب اسـت که با قطع آبیـاری در مرحلـه پرشـدن دانـه و محلـول پاشی با سلنیوم می‌تـوان بـه عملکـرد مطلـوب دسـت یافـت (Gholami et al., 2011). تحقیقـات Motakafi و همکاران در سـال ۲۰۲۰ تـنش خشـکی در مراحـل مختلف نموی باعث کاهش معنی‌دار اجزای عملکرد و عملکرد دانه کلزا شد، از طرفی محلول پاشـی محـرک رشد آلی اثرات تنش خشکی را تعدیل کـرد و از ایـن طریق توانست عملکرد گیاه را بهبود بخشد.

هامون گرین یک تنظیم کننده رشد آلی اسـت کـه به صورت محلول پاشی در دو مرحله رشد رویشـی و رشد زایشی کاربرد دارد. مطالعات متعـددی بـه نقـش محافظتی سلنیوم در رابطه با تنش اکسیداتیو در گیاهان بسته به غلظت مورد استفاده اشـاره دارد، سـلنیوم مـی تواند با فعـال کـردن آنـزیم هـایی ماننـد سوپراکسـید دیسموتاز، گلوتاتیون ردوکتاز و گلوتاتیون پراکسـیداز سـرعت پراکسیداسـیون لیپیـدی و تشـکیل پراکسـید هیـدروژن را کـاهش داده و باعـث کـاهش پیـری در سلول های گیاهان گردد (Silva et al., 2017).

به نظر می‌رسد استفاده از محرک رشد آلی (هامون گرین) حاوی سلنیوم جـایگزین مناسـبی بـرای بهبـود نقص سلنیوم در گیاهان باشد لذا این تحقیق با هـدف بررسی کاهش اثرات منفی تـنش خشـکی بـا محلـول پاشـی محـرک رشـد (آلـی) بـر برخـی ویژگـی‌هـای فیزیولوژیک، عملکرد و درصد روغن گلرنگ صورت پذیرفت.

## مواد و روش‌ها

**عملیات زراعـی، طـرح آزمایشـی و تیمارهـا**: ایـن آزمایش در مزرعه تحقیقـاتی دانشـگاه زابـل واقـع در بخش جزینک (سد سیستان) در ۱۵ کیلومتری جنـوب شرقی زابل با ارتفاع متوسـط ٤٨٠ متـر اجـرا گردیـد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل اصلی تـنش خشـکی [آبیـاری کامـل ($I_1$)، آبیـاری تـا مرحله گلدهی ساقه اصـلی ($I_2$) و آبیـاری تـا مرحلـه گلـدهی کامـل ($I_3$)] و عامـل فرعـی عـدم اسـتفاده از محلول محرک رشد (۰)، ۸، ۱۰ و ۱۲ لیتـر در هکتـار با غلظت دو در هزار بود. محلول محرک رشد هـامون گرین® (حاوی ریز مغذی سلنیوم) از شرکت سروش سپهر هامون (مشهد) تهیه شـد. محلـول پاشـی در دو مرحله به صـورت یکنواخـت توسـط سمپاش دسـتی (با کاربرد پوشش پلاستیکی جهت عـدم محلول پاشی بر کرت شاهد) اجرا شد، مرحله اول ٤ تا ٦ هفته پـس از سبز شدن و دوم در مرحله گـل دهـی بـود. در اول آذرماه عملیات آماده سازی تهیه بسـتر، شـامل شـخم، دیسک، تسطیح، آماده سازی کرت‌هـا انجـام و سـپس کرت‌های فرعی با ابعاد ۲ در ۳ و فاصله بین ردیف‌هـا ۵۰ سانتیمتر و روی ردیف ۵ سانتی‌متر ایجاد شد. قبل از اجرای آزمایش نمونـه بـرداری از خـاک مزرعـه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری شد (جدول ۱).

**جدول ۱:** مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در سال اجرای آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی متر

| EC (ds/m) | pH | N (%) | کربن آلی (%) | P (ppm) | K (ppm) | Fe (ppm) | Zn (ppm) | Mn (ppm) | Se (ppm) | رس (درصد) | سیلت (درصد) | شن (درصد) | بافت خاک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۲/۳ | ۷/۷ | ۰/۰۳ | ۰/۲۸ | ۱۳ | ۱۸۳ | ۷ | ۳ | ٤ | ۰/۲۹ | ۱۲ | ۳۲ | ٥٦ | لوم شنی |

در تاریخ ۱۵ آذرماه سال ۱۳۹۶ بذرکاری به صورت دستی و در عمق ۵-۳ سانتیمتری اجرا شد. گلرنگ رقم گلدشت از مرکز تحقیقات کشاورزی زابل تهیه شد. آبیاری اولیه پس از کاشت بذر و آبیاری‌های بعدی طبق تیمارهای آزمایش اعمال گردید بدین صورت که برای تیمار آبیاری کامل بسته به نیاز آبی گیاه و رطوبت زمین هر ۱۰ الی ۱۵ روز یکبار انجام گردید. علف‌های هرز در سه نوبت وجین گردید. پس از انجام عملیات دیسک زنی و تسطیح اولیه براساس توصیه نتایج تجزیه خاک، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم (۹۰ گرم در هر کرت)، ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۴۵ گرم در هر کرت) و ۲۵۰ کیلوگرم کود ازته از نوع اوره (۱۵۰ گرم در هر کرت) مورد استفاده قرار گرفت. تمامی فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم و یک سوم کود ازته قبل از کاشت و بقیه کود ازته طی ۲ مرحله ساقه دهی و قبل از گلدهی به صورت سرک به هر یک از کرت‌های آزمایشی داده شد.

**عملیات برداشت**: برداشت در زمان رسیدگی فیزیولوژیک هنگامی که طبق ها قهوه ای و خشک شده بودند و با رعایت اثرحاشیه، از یک متر مربع بوته‌ها به کمک قیچی باغبانی کف بر شده، و دانه‌ها جدا و وزن گردید و به هکتار تعمیم داده شد.

**سنجش صفات کمی**: در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی، ۵ بوته به طور تصادفی انتخاب و طول ساقه اصلی و قطر ساقه آنها اندازه گیری شد. همچنین تعداد برگ، تعداد طبق، تعداد دانه در طبق و وزن ۱۰۰ دانه محاسبه شد. وزن دانه‌های برداشت شده در یک متر مربع با استفاده از ترازو محاسبه گردید و به عملکرد در هکتار تعمیم داده شد.

**سنجش پروتئین دانه**: از ۱۰ بوته برداشت شده از هر تیمار ۱۰۰ دانه جمع آوری گردید و سپس نمونه‌ای از آن انتخاب و بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتری با طول موج ۵۹۵ نانومتر و با استفاده از محلول یک درصد پروتئین دانه اندازه گیری شد. سپس میانگین گرفته شد و درصد پروتئین یک دانه بدست آمد. درصد پروتئین اندازه گیری شده مربوط به دانه در مرحله برداشت می‌باشد.

**سنجش روغن:** محاسبه درصد روغن دانه به روش سوکسله انجام گرفت. بدین منظور از بذر هر کرت یک نمونه‌ی ۲۰ گرمی در پاکت‌های جداگانه به آزمایشگاه فرستاده شد. به این صورت که دانه‌ها پس از خشک شدن در اتوو، پودر شده و در کارتریج سلولزی قرار گرفتند و در محفظه‌ی بالائی دستگاه مستقر شدند. حلال دی اتیل اتر در محفظه‌ی پائینی وارد و گرم کننده‌ی دستگاه روشن گردید. با گرم شدن محفظه‌ی پائینی، بخار حلال داغ به محتویات پودر دانه‌ها رسید و مایع ایجاد شده‌ی چربی را در خود حل و از طریق مجرای مخصوص خارج و جداگانه جمع آوری شد. سپس حلال اولیه تبخیر و چربی به جا مانده توزین گردید (Mezzomo et al., 2010).

**سنجش** فعالیت **آنزیم کاتالاز و پراکسیداز**: سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز به روش ککمک و هورست (Cakmak and Horst, 1991) انجام شد. مخلوط واکنش شامل عصارهٔ آنزیمی، بافر و پراکسید هیدروژن با غلظت نهایی ۱۰ میلی مولار بود. تجزیه آب اکسیژنه با کاهش جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر پیگیری و به ازای هر میلیگرم پروتئین در عصارهٔ آنزیمی بیان شد. سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز بر طبق روش پاندولفینی و همکاران (Pandolfini et al., 1992) انجام شد. در این روش از بافر پتاسیم فسفات ۰/۰۵ مولار در حضور گایاکول با غلظت نهایی ۲۸ میلی مولار و پراکسید هیدروژن با غلظت نهایی ۵ میلی مولار استفاده شد. فعالیت

آنزیمی به ازای تغییرات جذب در طول موج ٤٧٠ نانومتر به میلی گرم پروتئین در دقیقه بیان شد.

**محاسبات آماری و تجزیه تحلیل داده‌ها**: پس از سازماندهی داده‌ها در نرم افزار Excel برای تجزیه تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین توسط آزمون (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. رسم جداول و نمودارها با استفاده از نرم افزارهای Word و Excel صورت گرفت.

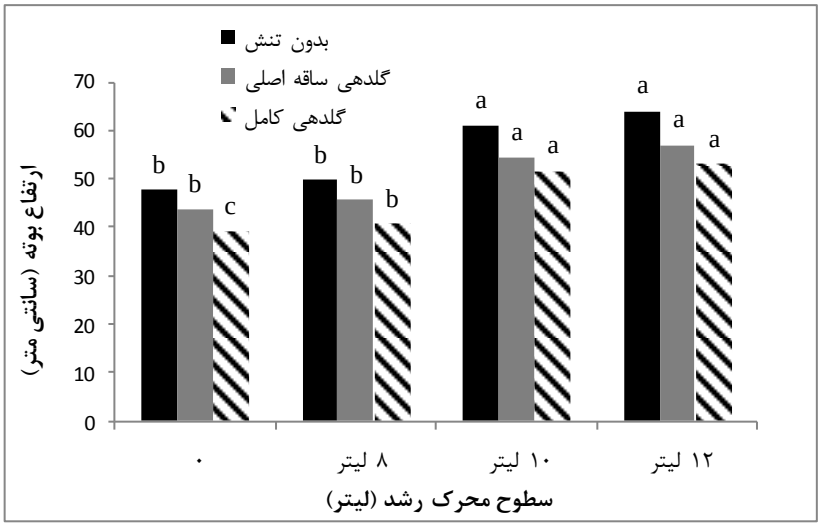
## نتایج

تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که سطوح تنش خشکی و محلول‌پاشی محرک رشد بر صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن هزار دانه، تعداد طبق در بوته، درصد روغن، درصد پروتئین، عملکرد دانه، پرولین، کاتالاز و پراکسیداز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار و برهمکنش تیمارها برای صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه و کاتالاز در سطح احتمال ۱ درصد و برای صفات درصد روغن و پرولین در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار می باشد (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته از تیمار بدون تنش و از تیمار محلول پاشی ۱۲ لیتر محرک رشد با میانگین ٦٤ سانتی متر حاصل گردید (شکل ۱). بیشترین قطر ساقه از تیمار بدون تنش و از تیمار محلول‌پاشی ۱۲ لیتر محرک رشد با میانگین ۸/۱۰ میلی متر بدست آمد (شکل ۲). با توجه به نتایج، بیشترین وزن هزار دانه از تیمار بدون تنش با میانگین ۵۳/۷۵ گرم و کمترین وزن هزار دانه از تیمار تنش در مرحله گلدهی با میانگین ۳۷/۱۷ گرم و بیشترین وزن هزار دانه در تیمار محلول‌پاشی ۱۲ لیتر محرک رشد با میانگین ۵۸/٦۷ گرم و کمترین وزن هزار دانه در تیمار شاهد با میانگین ۳۱/۸۹ گرم حاصل گردید (جدول ۳). بیشترین تعداد طبق در بوته از تیمار بدون تنش با میانگین ٥٦/۳۳ و کمترین تعداد طبق در بوته از تیمار تنش در مرحله گلدهی ساقه اصلی با میانگین ٤١/٠٨ حاصل گردید و با افزایش سطوح کاربرد محرک رشد تا حدودی بر میزان تعداد طبق افزوده شد به طوری که در سطح ۱۰ لیتر به بیشترین مقدار خود (٥١/٦٧) رسید اما در سطح ۱۲ لیتر از محرک رشد تعداد طبق در بوته کاسته شد (جدول ۳). بیشترین درصد روغن از تیمار محلول پاشی ۱۲ لیتر محرک رشد و از تیمار بدون تنش با میانگین ۳٦/۸۱ حاصل گردید که با سطح قطع آبیاری در مرحه گلدهی ساقه اصلی و محلول پاشی ۱۰ لیتر در هکتار تفاوت معناداری نداشت (شکل ۳). با توجه به جدول ۳ بیشترین درصد پروتئین در تیمار بدون تنش با میانگین ۵/۳۲ و کمترین درصد پروتئین در تیمار تنش در مرحله گلدهی کامل با میانگین ٤/٧٢ حاصل گردید. بیشترین عملکرد دانه از تیمار بدون تنش با میانگین ۱۱۲۷/۰۸ کیلوگرم و کمترین وزن بیوماس از تیمار تنش در مرحله گلدهی کامل با میانگین ٨٦٤ کیلوگرم حاصل گردید (جدول ۳). کمترین غلظت پرولین از تیمار محلول پاشی ۸ لیتر محرک رشد و از تیمار بدون تنش با میانگین ۰/۰۹ حاصل گردید (شکل ٤). بیشترین غلظت کاتالاز از تیمار محلول پاشی ۱۲ لیتر محرک رشد و از تیمار بدون تنش با میانگین ۰/۰۰۱٥٤٤ میکرومول بر میلی گرم حاصل گردید (شکل ٥). بیشترین غلظت پراکسیداز از تیمار بدون تنش با میانگین ۰/۰۰۱۰۷۲ و کمترین غلظت پراکسیداز از تیمار تنش در مرحله گلدهی کامل با میانگین ۰/۰۰۰۹۱٦ میکرومول بر میلی‌گرم حاصل گردید (جدول ۳).

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات زراعی در سطوح مختلف تنش تحت تأثیر محلول پاشی محرک رشد در گلرنگ

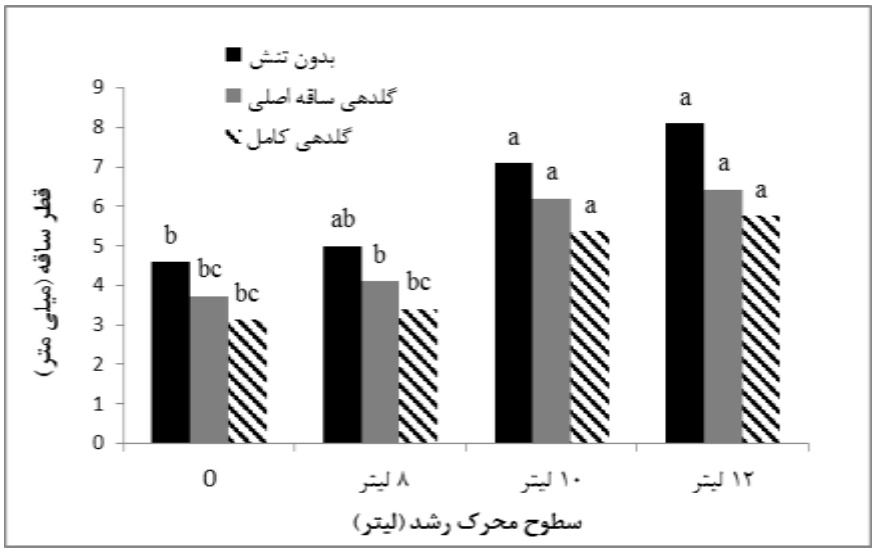
| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ارتفاع بوته | قطر ساقه | وزن هزار دانه | تعداد طبق در بوته | درصد روغن | درصد پروتئین | عملکرد دانه | پرولین | کاتالاز | پراکسیداز |
| تکرار | ۲ | ۳/۳۸ | ۰/۱۲ | ۲۰/۱۷ | ۳۶۰/۳۸ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۱۴ | ۱/۰۴ | ۰/۰۰۰۰۰۴۲ | ۰/۰۰۰۰۰۳۴ | ۰/۰۰۰۰۰۶۸ |
| تنش کمبود آب | ۲ | ۲۶۸/۰۳$^{**}$ | ۹/۶۹$^{**}$ | ۸۲۷/۰۳$^{**}$ | ۶۹۹/۲۵$^{**}$ | ۲۴/۲$^{**}$ | ۱/۱۰۵$^{**}$ | ۲۰۷۷۶۱/۳۶$^{**}$ | ۰/۰۳۳$^{**}$ | ۰/۰۰۰۰۲۵$^{**}$ | ۰/۰۰۰۰۸۵$^{**}$ |
| خطای اصلی | ۴ | ۱۶۴/۵۳ | ۶/۵۵ | ۵۶۵/۷۰ | ۱۶۹/۷۱ | ۱۹/۴ | ۰/۸۸۶ | ۱۴۵۲۲۲/۶۳ | ۰/۰۲۹ | ۰/۰۰۰۰۱۹ | ۰/۰۰۰۰۶۷ |
| محرک رشد | ۳ | ۴۷۳/۳۶$^{**}$ | ۱۹/۳۷$^{**}$ | ۱۶۹۵/۷۸$^{**}$ | ۴۱/۸۱$^{**}$ | ۶۱/۲۸$^{**}$ | ۲/۸۰۱$^{**}$ | ۴۳۸۴۶۹/۹۶$^{**}$ | ۰/۰۹۵$^{**}$ | ۰/۰۰۰۰۵۶$^{**}$ | ۰/۰۰۰۰۲۱$^{**}$ |
| تنش × محرک رشد | ۶ | ۲/۴۷$^{**}$ | ۰/۱۵$^{**}$ | ۴/۴۷$^{ns}$ | ۲۵/۳۶$^{ns}$ | ۶۱/۲۸$^{*}$ | ۰/۰۰۳$^{ns}$ | ۱۹۵۶/۳۲$^{ns}$ | ۰/۰۰۲$^{*}$ | ۰/۰۰۰۰۱۱$^{**}$ | ۰/۰۰۰۰۵۷$^{ns}$ |
| خطای فرعی | ۱۸ | ۰/۵۲ | ۰/۰۱ | ۲/۵۱ | ۱۲۴/۱۹ | ۶۱/۲۸ | ۰/۰۱۲ | ۹۱۳/۳۵ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۱۹ | ۰/۰۰۰۰۳۷ |
| ضریب تغییرات(درصد) | - | ۱۴/۸۸ | ۱۸/۶۱ | ۱۰/۹۳ | ۱۴/۱۷ | ۷/۸۹ | ۱۱/۰۹ | ۱۲/۵۱ | ۱۶/۸۳ | ۲۱/۶۷ | ۱۳/۶۴ |

** و * و $^{ns}$ به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و عدم معنی‌داری است.




**شکل ۱:** مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و محرک رشد بر ارتفاع بوته گلرنگ

(میانگین‌های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند، با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.)



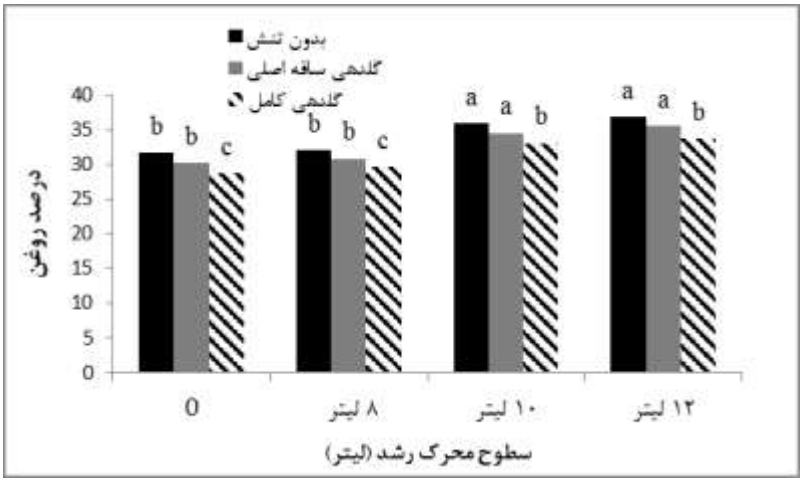

**شکل ۲:** مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و محرک رشد بر قطر ساقه گلرنگ

(میانگین‌های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند، با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.)

**جدول ۳:** مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تنش و محرک رشد بر برخی صفات گلرنگ

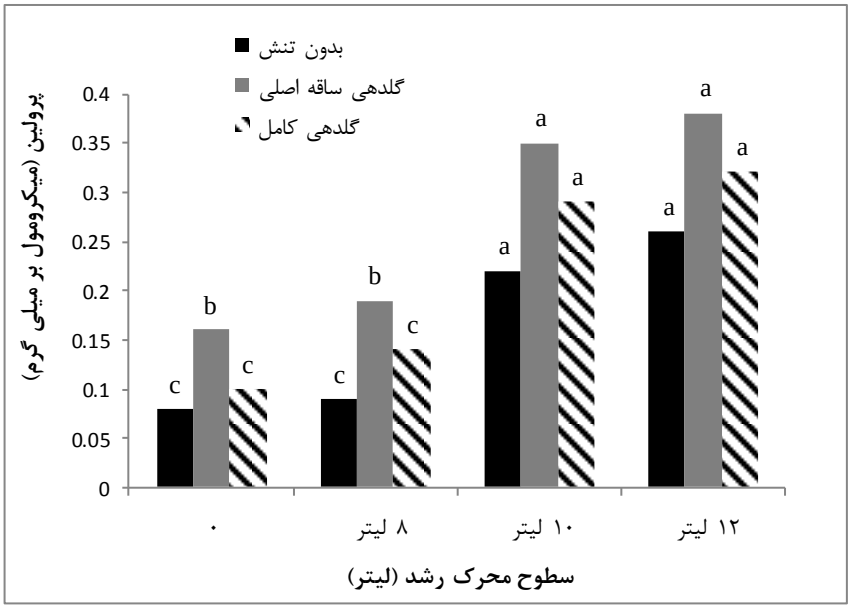
| صفات / سطوح تنش | وزن هزاردانه (گرم) | تعداد طبق در بوته | درصد پروتئین (٪) | عملکرد دانه کیلوگرم در هکتار) | پراکسیداز (میکرومول بر میلی گرم) |
|---|---|---|---|---|---|
| بدون تنش | ۵۳/۷۵ a | ۵۶/۳۳ a | ۵/۳۲ a | ۱۱۲۷/۰۸ a | ۰/۰۰۱۰۷۲ a |
| گلدهی ساقه اصلی | ٤٤/۷۵ ab | ٤۱/۰۸ b | ۵/۰٦ ab | ۱۰۰۱/۰۸ ab | ۰/۰۰۰۹۹۳ b |
| گلدهی کامل | ۳۷/۱۷ b | ٤۹/۳۳ ab | ٤/۷۲ b | ۸٦٤/۰۰ b | ۰/۰۰۰۹۱٦ b |
| محرک رشد | | | | | |
| شاهد | ۳۱/۸۹ bc | ٤٦/۸۹ b | ٤/٤٦ b | ۷٦۳/۳۳ b | ۰/۰۰۱۰٤۸ b |
| ۸ لیتر | ۳۵/۰۰۰ bc | ٤۹/۵٦ a | ٤/٦٦ b | ۸۵۵/۸۹ b | ۰/۰۰۱۱۱۷ b |
| ۱۰ لیتر | ۵۵/۳۳ a | ۵۱/٦۷ a | ۵/۳۹ a | ۱۱٦٤/۷۸ a | ۰/۰۰۱۳۱۲ a |
| ۱۲ لیتر | ۵۸/٦۷ a | ٤۷/۵٦ b | ۵/٦۲ a | ۱۲۰۵/۵٦ a | ۰/۰۰۱۳٤٦ a |

میانگین‌های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند، با هم اختلاف معنی دار ندارند



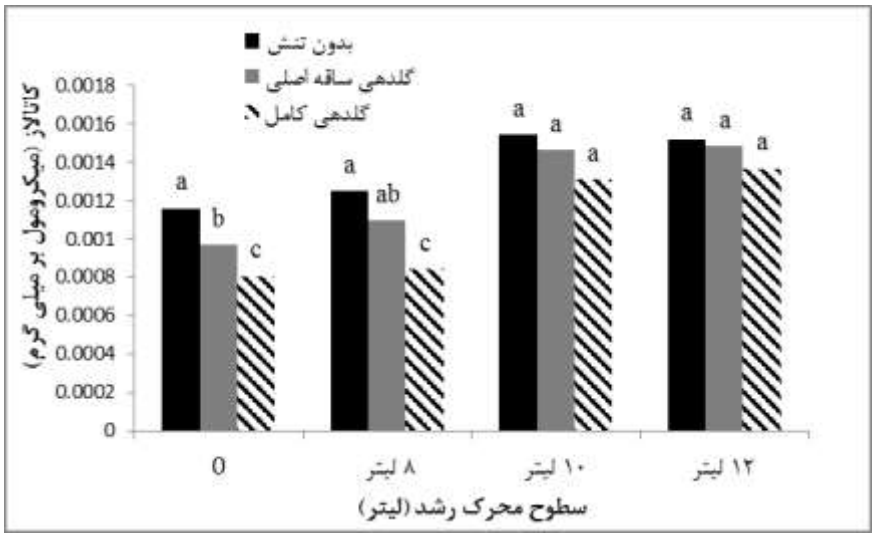

**شکل ۳:** مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و محرک رشد بر درصد روغن گلرنگ

(میانگین‌های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند، با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.)




**شکل ٤:** مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و محرک رشد بر میزان پرولین گلرنگ

(میانگین‌های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند، با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.)




**شکل ۵:** مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و محرک رشد بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز گلرنگ

(میانگین‌های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند، با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.)

**بحث**

نتایج به دست آمده بیانگر کاهش ارتفاع گلرنگ به موازات افزایش شدت تنش خشکی است. کاهش ارتفاع گیاه را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به واسطه کمبود رطوبت و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به بخش‌های در حال رشد گیاه و نهایتاً عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر ارتفاع نسبت داد. کمبود آب موجب کاهش تورژسانس سلولی شده و در نهایت کاهش رشد و توسعه سلول به خصوص در ساقه و برگ‌ها را بدنبال خواهد داشت (Sanchez et al., 2004).

تنش خشکی باعث تغییرات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی زیادی می‌شود که بر رشد و نمو گیاه اثر می‌گذارد (Hefny, ; Farouk et al., 2011 2011). قطر ساقه نشان دهنده‌ی حجم فیزیکی گیاه است یعنی هرچه قطر ساقه بیشتر باشد آن گیاه از نظر جثه بزرگتر و حجیم‌تر است که مسلماً گیاهان بزرگتر، قوی‌تر می‌باشند. با افزایش شدت تنش آبی قطر ساقه نیز تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش پیدا می‌کند و این یک محدودیت در رشد گیاه برای رشد بهتر محسوب می‌شود. پس مصرف مقادیر بیشتر محرک رشد به دلیل در اختیار قرار دادن رطوبت بیشتر برای گیاه قطر ساقه گیاه نیز افزایش پیدا می‌کند و این در استحکام گیاه و جثه گیاه تأثیر مثبت داشته و موجب افزایش آن می‌شود.

کاهش وزن هزاردانه در تیمار تنش در مرحله گلددهی می‌توان گفت از آن‌جایی که در زمان اعمال این تیمار برخی گلچه‌ها گرده افشانی شده بودند و مرحله پر شدن دانه در آن‌ها شروع شده بود تشکیل سلول‌های آندوسپرم به‌دلیل کاهش هورمون سیتوکینین در شرایط تنش، تحت تأثیر قرار گرفته و پتانسیل وزن دانه کاهش یافته است (Saghatoleslami et al., 2007). تنش در این مرحله با کاهش حرکت مواد ذخیره‌ای به دانه به علت محدودیت آب و یا با کاهش سهم فتوسنتزی جاری برگ‌ها در پر شدن دانه و وزن هزار دانه اثر می‌گذارد (Chaves et al., 2004). Naderi Darbagshahi و همکاران (۲۰۰٤) طی تحقیقی در اصفهان، اظهار داشتند که، اثر تیمار مقادیر آبیاری بر وزن هزار دانه غیر معنی دار ولی تیمار قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد گلرنگ در سطح یک

درصد بر وزن هزار دانه معنی دار شد. Rostami در سال ۲۰۰٤ گزارش نمود کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی به علت کوتاه شدن دوره پر شدن دانه و پیری زودرس می باشد. نتایج یک بررسی نشان داد که با افزایش مقدار محلول پاشی وزن هزار دانه در گلرنگ نیز افزایش یافت (Forooghi and Ebadi, 2012). تحقیقات ساجدی و همکاران در سال ۲۰۱۷ نشان داد که مصرف ۱۸ و ۳٦ گرم در هکتار سلنیت سدیم وزن دانه در سنبله گندم ۱۳/۷ و ۵/۱ درصد افزایش یافت.

همچنین نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار محلول‌پاشی محرک رشد، بر تعداد طبق در بوته گلرنگ بود. این نتایج بیانگر سازگاری گیاه با شرایط تنش رطوبتی و همچنین کاهش اثرات مضر ناشی از تنش با کاربرد محرک رشد می‌باشد. افزایش تعداد طبق در بوته در نتیجه کاربرد محرک رشد می‌تواند به دلیل افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه باشد (Shaalan, 2005).

در مطالعه حاضر درصد روغن این گیاه تحت تنش خشکی کاهش پیدا کرده و به نظر می‌رسد در شرایط مساعد محیطی گلرنگ توانایی بالایی در تولید روغن دارد ولی در شرایط سخت محیطی هم تا حدودی این پتانسیل را حفظ می‌کند. Movahedi Dehnavi و Sanavi Modares در سال ۲۰۰٦ گزارش کردند تنش خشکی میزان روغن دانه را در گیاه گلرنگ کاهش داده است، ایشان بیان کردند که با افزایش تنش، درصد روغن کاهش ۱۲ درصدی داشته است. به نظر می‌رسد این نتایج متفاوت بیانگر این مطلب باشد که میزان روغن دانه به عنوان یک خصوصیت ژنتیکی تحت تاثیر عامل محیطی تنش کم‌آبی قرار نگرفته است اما در این آزمایش با شدت تنش خشکی درصد روغن دانه کاهش پیدا کرده است که با تحقیقات Estaji و Niknam (۲۰۲۰) در مورد گیاه خار مریم مطابقت دارد. در ارقام مختلف محتوای روغن عمدتاً توسط ژنتیک کنترل می‌شود، اما محصولات فتوسنتزی به‌عنوان منبع سنتز روغن می‌تواند تا حد زیادی تحت تاثیر تنش آبی کاهش یابد. همچنین در شرایط تنش خشکی با کاهش دسترسی به کربوهیدرات‌ها سنتز روغن کاهش می‌یابد (Ashrafi and Razmju, 2014). Mohammadi و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که کاهش درصد روغن دانه گلرنگ در شرایط کمبود آب با کاهش ظرفیت دانه ها برای تجمع روغن و اکسیداسیون روغن مرتبط است. کمبود آب موجب کاهش درصد پروتئین در دانه شد. محققان در مطالعه اثر کم آبی در ارقام گلرنگ نتیجه گرفتند که تنش کم آبی در مراحل مختلف رشد از جمله مرحله گلدهی اثر معنی داری در کاهش پروتئین دانه داشته است (Movahhedi Dehnavi, et al., 2009). البته Esmaeilian و همکاران (۲۰۱۲)، در بررسی تنش کم آبی در آفتابگردان در مرحله گلدهی، افزایش مقدار پروتئین را همزمان با کاهش مقدار روغن در دانه گزارش کردند. Mohsenniya و Jalilian در سال ۲۰۱۲، در آزمایش گلرنگ به نتایج مشابهی دست یافتند، بدیهی است که در هنگام پر شدن دانه‌ها، اهمیت پروتئین در مقایسه با روغن که منحصراً یک منبع انرژی در هنگام جوانه زنی بذر می‌باشد، بیشتر است و در هنگام تنش ملایم خشکی در هنگام پر شدن دانه‌ها، گیاه سعی در انباشته نمودن بیشتر پروتئین در دانه خواهد نمود. بر اساس جدول ۳، بیشترین درصد پروتئین در تیمار محلول پاشی ۱۲ لیتر محرک رشد با میانگین ۵/٦۲ و کمترین درصد پروتئین در تیمار شاهد با میانگین ٤/٤٦ حاصل گردید. می‌توان اظهار داشت که گیاه در مواجهه با تنش خشکی سعی در حفظ فشار اسمزی خود دارد. با محلول پاشی محرک رشد که نقش مهمی در کاتالیزوری فرآیندهای متابولیسمی و حفظ آماس

سلولی در گیاه بر عهده دارند، گیاه عناصر مورد نیاز خود را بهتر و راحت‌تر در اختیار دارد. بدین ترتیب سلول به فعالیت‌های حیاتی خود ادامه می‌دهد و در نهایت عملکرد قابل قبول‌تری در این شرایط تولید می‌کند. تحقیقات نشان داد که محلول‌پاشی ۳۰ گرم در لیتر سلنیوم سبب افزایش درصد روغن ارقام کلزا از ۴۱/۹ به ۴۲/۳ شد و ۹ درصد عملکرد روغن را افزایش داد (Davody et al., 2016).

عملکرد دانه تحت تاثیر تنش خشکی کاهش یافت. در مطالعه‌ای اثر خشکی بر ارقام مختلف گلرنگ مورد بررسی قرار گرفت و کاهش اندازه گیاه و عملکرد دانه گزارش شده است (Kafi and Rostami, 2007). عقیده بر این هست که اثر مهاری تنش خشکی بر شاخص‌های رشد به دلیل کاهش میزان آب برگ و تثبیت ترکیبات نیتروژنی می‌باشد که بر تقسیم سلولی و طویل شدن تاثیر می‌گذارد (Reddy et al., 2003). تنش خشکی باعث کاهش جذب عناصر ضروری و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود، درنتیجه باعث تخریب اکسیداتیو DNA، پروتئین و لیپیدها شده و منجر به کاهش رشد می‌شود (Yazdanpanah et al., 2011). همچنین تنش خشکی باعث افزایش هورمون آبسزیک اسید و مهار رشد می‌شود (Abdalla, 2011). بیشترین عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی ۱۲ لیتر محرک رشد و کمترین عملکرد دانه در تیمار شاهد حاصل گردید. در مطالعه حاضر افزایش عملکرد دانه تحت تاثیر محلول پاشی محرک رشد مشاهده شد. افزایش این شاخص به دلیل القای پاسخ‌های آنتی اکسیدانت، انباشت پرولین و نگه داشتن محتوای آب نسبی و فتوسنتز است (Hussain et al., 2008). محلول پاشی محرک رشد احتمالاً از طریق بهبود تثبیت کربن، سنتز متابولیت ها و حفظ وضعیت آب بافتهای گیاهی باعث افزایش رشد می‌شود (Farooq et al., 2010). در آزمایشی گزارش شده است که با افزایش مقدار سلنیوم تا میزان ۵۰ گرم در هکتار عملکرد دانه برنج افزایش یافت. آنها گزارش نمودند که کاربرد سلنیوم باعث افزایش نرخ فتوسنتز، غلظت دیاکسید کربن بین سلولی و کارایی تعرق در گیاه و در نتیجه باعث بهبود فتوسنتز شد و از این طریق منجر به افزایش عملکرد دانه در گیاه برنج گردید (Zhng et al., 2014).

افزایش پرولین در طی تنش ممکن است نتیجه تجزیه پروتئین‌ها و همچنین کاهش استفاده از آن‌ها به دلیل کاهش رشد گیاه باشد (Ashraf and Foolad, 2007). در شرایط کم آبیاری گیاه به منظور ادامه جذب آب، از طریق تجمع ترکیبات اسمزی از جمله کربوهیدرات‌های محلول و پرولین پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهد و به عبارت دیگر تنظیم اسمزی صورت می‌گیرد. در فرآیند تنظیم اسمزی، تورژسانس و فرایندهای وابسته به آن تحت شرایط کمبود آب ادامه می‌یابد، از این رو تنظیم اسمزی به توسعه سلولی و رشد گیاه در تنش آبی کمک می‌کند (Ashraf and Foolad, 2007). با محلول پاشی محرک رشد میزان پرولین افزایش یافت. از اثرات اولیه هامون گرین این است که بر بیوسنتز جیبرلین، استرول‌ها و اسید آبسزیک اثر می‌گذارد. این مواد ثانویه غیر مستقیم بر درصد نشاسته اثر گذاشته و بدین سبب اسیدآمینه پرولین در شرایط تنش افزایش می‌یابد (Sawan, 2008). سایر محققان تجمع پرولین را در گیاهان در اثر افزایش تنش خشکی گزارش کرده‌اند، (Zhu and Gong, 2005; Nayyar, 2002). کاتالاز علاوه بر اینکه هیدروژن پراکسیدیا آب اکسیژنه را از محیط حذف می‌کند کمبود اکسیژن حاصل از واکنش را نیز جبران می‌نماید (Arora et al., 2000). (Shalini and Duey 2003) بیان کردند که اکسیدازها از جمله آنزیم‌هایی به شمار می‌روند که نقش بسیار مهمی در پاسخ به تنش‌ها دارند. Saad-Allah و همکاران

(۲۰۲۲) افـزایش فاصـله دور آبیـاری باعـث افـزایش میزان پرولین و فعالیت آنزیم های کاتالاز و پراکسیداز در گیاه ذرت شد که با نتـایج ایـن آزمـایش مطابقـت دارد.

## نتیجه گیری نهایی

با توجه به نتایج حاصـل ازایـن تحقیـق مـی‌تـوان دریافت محلول پاشی محرک رشد آلی تأثیر مثبـت بـر عملکرد روغن و دانه گلرنگ در شرایط تنش خشـکی داشته و تا حدی اثرات منفی تنش خشـکی را جبـران می‌کند. بیشترین عملکرد دانه در تیمـار محلـول‌پاشـی ۱۲ لیتر محرک رشـد بـا میـانگین ۱۲۰۵/۵٦ کیلـوگرم حاصل گردید. لذا می‌توان گفت این محلول می‌توانـد به‌عنوان یـک کنتـرل کننـده تـنش خشـکی در تولیـد گلرنگ کاربرد داشته باشد.

**References**


Abdalla, M.M. (2011). Beneficial effects of diatomite on the growth, the biochemical contents and polymorphic DNA in Lupinus albus plants grown under water stress. Agriculture and Biology Journal of North American, 2: 207-220.

Arora, A., Byrem, T.M., Nair, M.G. and Strasburg, G.M. (2000). Modulation of liposomal memberane fluidity by flavonoids and isoflavonoids. Archives of Biochemistry and Biophysics, 373: 102-109.

Ashraf, M. and Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany. 59: 206 –216.

Ashrafi, E. and Razmju, J. (2014). Effect of seed hydropriming and irrigation regimes on grain, biological yield, harvest index, oil and protein content of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. Journals of Agricultural Research and Natural Resources Center of Khorasan Razavi, 2: 61 – 68

Brito, C., Dinis, L., Ferreira, H., Coutinho, J., Moutinho-Pereira, J. and Correia, C.M. (2019). Salicylic acid increases drought adaptability of young olive trees by changes on redox status and ionome. Plant Physiology and Biochemistry, 141: 315-324.

Cakmak, I. and Horst, W. (1991). Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tip of soybean. Plant Physiology, 83: 463-468

Chaves, M. M. and Oliveira, M. M. (2004). Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: Prospects for water -saving agriculture. Experimental Botany, 55: 2365 -2384.

Dadnia, M.R. (2012). The effect of water deficiency and selenium foliar application on the activities of some antioxidant enzymes in oil sunflower cultivars. Crop Physiology Journal, 4 (14): 81-71.

Davody, A., Mirshekary, B., Shirany Rad. A. and Rashidi, V. (2016). Investigate the effect of selenium application on quantity and quality of oil yield in canola cultivars under delayed planting conditions. Crop Physiology Journal. 8(31):129-143.

Esmaeilian, Y., Sirousmehr, A.R., Asgharipour, M.R. and Amiri, E. (2012). Comparison of sole and combined nutrient application on yield and biochemical composition of sunflower under water stress. International Journal of Applied Science and Technology, 2 (3): 214-216.

Estaji, A. and Niknam, F. (2020). Foliar salicylic acid spraying effect' on growth, seed oil content, and physiology of drought-stressed Silybum marianum L. plant. *Agricultural Water Management*, 234.

Farooq, M., Wahid, A., Lee, D.J., Cheema, S.A. and Aziz, T. (2010). Comparative time course action of the foliar applied glycinebetaine, salicylic acid, nitrous oxide, brassinosteroids and spermine in improving drought resistance of rice. Journal of Agriculture Crop Scince, 196: 336-345.

Farouk, S., Mosa, A.A., Taha, A.A., Ibrahim Heba, M. and EL-Gahmery, A.M. (2011). Protective effect of humic acid and chitosan on radish. plants subjected to cadmium stress. Journal of Stress Physiology and Biochemistry, 7(2):99-116.

Forooghi, L. and Ebadi, A. (2012). Effect of nitrogen and sulfur fertilizer application on yield, yield components, and some physiological traits of spring safflower. Electronic Journal of Crop Production, 5 (2), 37-56.

Galle, A., Florez-Sarasal, I., Thameur, A., Paepe, R.D., Flexas, J. and Ribas-Carb, M. (2010). Effects of drought stress and subsequent rewatering on photosynthetic and respiratory pathways in Nicotiana sylvestris wild type and the mitochondrial complex I-deficient CMSII mutant. Journal of Experimental Botany, 61: 765-775.

Gholami, H., Sajjadi, A.N., Gomarian, M. and Sobhani, R.M. (2011). Reaction of agronomic traits to trace elements and selenium under water deficit stress in canola. Sixth National Conference on New Ideas in Agriculture, Islamic Azad University of Khorasgan. School of Agriculture.

Hassanzadeh, A. and Gholinezhad, A. (2014). Sustainable Agriculture, University Jihad, 244 pages.

Hayashi, H. and Hanada, K. (1985). Effects of soil water deficit on seed yield and yield components of safflower. Japanese Journal of Crop Science, 54: 346-352.

Hefny, M.M. (2011). Agronomical and biochemical responses of white lupin *Lupinus albus* L. genotypes to contrasting water regimes and inoculation treatments. Journal of American Science, 7(3):187-198.

Hussain, M., Malik, M.A., Farooq, M., Ashraf, M.Y. and Cheema, M.A. (2008). Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. Journal of Agriculture Crop Science, 194: 193-199.

Ju-hong, Y., Mian-hao, H. and Zao-hong, Z. (2013). Selenium Alleviates Coleus from Oxidative Damage under Pb Stress by Resource Allocation and Antioxidant Defense System. (2013). Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 6(9):1606-1613.

Kafi, m. and Rostami M. (2007). Effect of Drought Stress on Yield, Yield Components and Oil Percentage of Safflower Cultivars under Saline Irrigation Conditions, Iranian Journal of Crop Research, 5(1): 131-1

Khajehpour, M.R. (2007). Industrial Plants, Isfahan University Jihad Publications, Third Edition, 564 p.

Khan, M.H., Singha, K.L.B. and Panda, S.K. (2002). Changes in antioxidant levels in *Oryza sativa* L. roots subjected to NaCl salinity stress, Journal of Acta Physiology Plantarum, 24:145–14.

Khoyerdi, F.F., Shamshiri, M.H. and Estagi, A. (2016). Changes in some physiological and osmotic parameters of several pistachio genotypes under drought stress. *Scientia Horticulturae*, 198: 44-51

Manveliana, J., Weisany, W., Abdul-razzakTahir, N., Jabbari, H. and Diyanat, M. (2021). Physiological and biochemical response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars to zinc application under drought stress, Industrial Crops and Products, 172.

Mezzomo, N., Mileo, B., Friedrich, M. T., Martínez, J. and Ferreira, S. R. (2010). Supercritical fluid extraction of peach (Prunuspersica) almond oil: Process yield and extract composition. Bioresource Technology, 101: 5622–5632.

Mohammadi, M., Ghassemi-Golezani, K., Chaichi, M.R. and Safikhani, S. (2018). Seed oil accumulation and yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) affected by water supply and harvest time. Agronomy Journal, 110: 586-593.

Mohsenniya, A. And Jalilian, J. (2012). Effect of drought stress and fertilizer sources on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agricultural Ecology, 4 (3): 245-235.

Motakafi, M., Ghanbari, A., Mousavinik, M. and Sirusmehr, A. (2020). Effect of organic growth stimulator on yield, yield components, oil percentage and some physiological indices of rapeseed under drought stress conditions. Journal of Crops Improvement, 21 (4): 335-348.

Movahedi Dehnavi, M. and Modares Sanavi, S.A.M. (2006). The effect of foliar application of trace elements zinc and manganese on yield and yield components of three autumn safflower cultivars under drought stress in Isfahan region. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 13 (2):10-1.

Movahhedi Dehnavi, M., Modarres-Sanavy, A.M. and Mokhtassi Bidgoli, A. (2009). Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower *(Carthamus tinctorius L.)* grown under water deficit stress. Industrial Crops and Products, (30): 82-92.

Naderi Darbagshahi, M.R., Noor Mohammadi, Q., Majidi, A., Darvish, F., Shirani Rad, A.H. and civil, h. (2004). Eco-physiological aspects of summer safflower cultivation under different drought stress intensities in Isfahan region. Seedlings and Seeds, 20 (3): 296-281.

Nayyar, H. (2003). Accumulation of osmolytes and osmotic adjustment in water-stressed wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) as affected by calcium and its antagonists. Environmental and Experimental Botany, 50 (3): 253-264.

Nowak, J., Kaklewski, K. and Ligocki, M. (2004). Influence of selenium on oxidative enzymes activity in soil and in plants. Soil Biology and Biochemistry, (36): 1553-1558.

Pandolfini, T., Gabbrielli, R. and Comparini, C. (1992). Nickel toxicity and peroxidase activity in seedlings of *Triticum aestivum* L. Plant Cell and Environment. 15: 719-725.

Rashidi, S. (2022). Study of the effect of salicylic acid and selenium treatments on physiological characteristics Under drought stress (*Carthamus tinctorius* L.) and safflower crop. Journal of Plant Environmental Physiology, 16(64): 127-140.

Ravi, S., Channal, H.T., Hebsur, N.S., Patil, B.N. and Dharmatti, P.R. (2008). Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius L.*). Karnataka Journal Agriculture Science, (32): 382-385.

Reddy, T.Y., Reddy, V.R. and Anbumozhi, N. (2003). Physiological responses of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) to drought stress and its amelioration: critical review. Plant Growth Regulation, 41(3): 75-78.

Rostami, M. 2004. The effect of drought stress at the end of the season on yield and physiological characteristics of wheat cultivars and determining the best drought resistance index. Master Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.

Saad-Allah, K.M.; Nessem, A.A.; Ebrahim, M.K.H.; Gad, D. (2022). Evaluation of Drought Tolerance of Five Maize Genotypes by Virtue of Physiological and Molecular Responses. Agronomy, 12(59): 1-19.

Saghatoleslami, M., Haravan, M., Nourmohmadi, G. and Darvish, F. (2007). Effect of drought stress in growth different stages on yield and water use efficiency of five millet genotypes in South Khorasan. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 11: 215-225.

Sajedi, N. A. Madani, H. and Sajedi, A. (2017). Response of Agronomic Traits of Wheat and Barley to Sources and Different Rates of Selenium in Rainfed Condition. Iranian Journal of Crop Research, 341-354.

Sanchez, F. J., Ander, E. F. D., Tenorio, J. L. and Ayerbe, L. (2004). Growth of epicotyls turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plant (*Pisum sativum* L.) subjected to water stress. Field Crops Res. 86: 81 -90.

Sawan, M.Z. (2008). Effect of nitrogen fertilization and foliar application of plant growth retardants and zinc on cottonseed, protein and oil yields and oil properties of Cotton. Journal of Agronomy and Crop Science, 186: 183-191.

Shaalan, M.N. (2005). Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of (*Nigella sativa* L.) plants. Egyptian Journal of Agricultural Research, 83: 811-828.

Shalini, V. and Duey, R.S. (2003). Lead toxicity induced lipid peroxidation and alters the activities of antioxidant enzymes in growing rice plant. Plant Science, 164: 1645-1655.

Sharma, P. and R. S. Dubey. (2005). Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. Plant Growth Reg. 46: 209-221.

Silva, G.P., Costa1, L.C., Carmona, V.V. Leticia, S., Silva, O. and Traspadini, E.I. (2017). Selenium and agricultural crops. African Journal of Agricultural Research, 12(32): 2545-2554.

Timothy, P. (2001). Glutathion –Related enzymes and Selenium status: Implication for oxidative stress. (62): 273-281.

Van Oosterom, E.J., Weltzien, E., Yadav, O.P. and Bidinger, F.R. (2006). Grain yield components of pearl millet under optimum conditions can be used to identify germplasm with adaptation to arid zones.

Xue, T.L., Hartikainen, H., and Piironen, V. (2001). Anti-oxidative and growth-promoting effects of selenium on senescing lettuce. Plant and Soil, 237: 55-61.

Yazdanpanah, S., Baghizadeh, A. and Abbassi, F. (2011). The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical characteristics of *Satureja hortensis*. African Journal of Agricultural Research, 6(4): 798-807.

Zahedi, H., Noormohammadi, G.H., Shiranirad, A.H., Habibi, D. and Akbarboojar, M.M. (2009). Effect of Zeolit and Foliar Application of Selenium on Growht, Yield Component of Three Canola Cultivar under Conditions of Late Season Drought Stress. Notulae Scientia Biologicae, 1(1): 73-80.

Zhu, X., and Gong, H.G. (2005). Different soluble levels in two spring wheat cultivars induced by progressive field water stress at different development stages. Journal of Arid Environments, 62: 1-14.