



## تأثیر محلول پاشی محرک رشد آلی بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گلرنگ در شرایط تنش خشکی

مهدی معتقی<sup>۱</sup>، علیرضا سیروس‌مهر<sup>۲\*</sup>، محسن موسوی‌نیک<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۲. دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۳. استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۲۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۲۱

### چکیده

خشکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد گیاهان می‌باشد و شناخت راه‌های مقابله با تنش خشکی اهمیت زیادی دارد. آزمایش حاضر به منظور بررسی تأثیر محرک رشد آلی و تنش خشکی بر عملکرد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گلرنگ (رقم گلدشت) در سال ۹۶ در پژوهشکده تحقیقاتی چاه نیمه دانشگاه زابل به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل تنش خشکی در سه سطح (آبیاری کامل در تمام فصل رشد، آبیاری تا مرحله تشکیل ساقه اصلی، آبیاری تا مرحله تکمیل گلدهی) و محلول پاشی محرک رشد آلی در چهار سطح شاهد (آب خالص)، محلول پاشی هامون گرین ۱ لیتر در ۱۰ لیتر + کلسیم، هامون گرین ۱ لیتر در ۲۰ لیتر + کلسیم و هامون گرین ۱ لیتر در ۳۰ لیتر + کلسیم بود. نتایج نشان داد تنش خشکی به ترتیب باعث کاهش ارتفاع و وزن هزار دانه و درصد روغن به مقدار ۴۱/۴، ۲۴/۳۱ و ۱۰/۱۷ درصد شد. از طرفی محلول پاشی هامون گرین ۱ لیتر در ۱۰ لیتر + کلسیم باعث افزایش ۱۸/۰۳، ۱۳/۹۰ و ۱۳/۷۴ درصدی صفات فوق نسبت به شاهد گردید. بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۸۸۲/۵۵ کیلوگرم در هکتار)، کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید (به ترتیب ۳/۴۹، ۰/۹۴، ۴/۴۴ و ۷/۳۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، محتوی سلنیوم (۵/۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) و کلسیم دانه (۲/۹۱ درصد) از تیمار محلول پاشی هامون گرین ۱ لیتر در ۱۰ لیتر + کلسیم و آبیاری کامل حاصل شد، در مجموع به نظر می‌رسد که با محلول پاشی ۱ لیتر در ۱۰ لیتر + کلسیم می‌توان به عملکرد مطلوبی دست یافت.

**کلیدواژه‌ها:** پرولین، سلنیوم، عملکرد دانه، قطع آبیاری، کلسیم.

## Effect of Organic Growth Stimulator on Yield, Yield Components, Oil Percentage, and Some Physiological Indices of Safflower under Drought Stress Condition

Mahdi Motakefi<sup>1</sup>, Alireza Sirousmehr<sup>2\*</sup>, Mohsen Mousavinick<sup>3</sup>

1. Ph.D. Candidate, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran.

2. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran.

3. Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran.

Received: June 10, 2020

Accepted: September 16, 2020

### Abstract

Drought stress is the most important factor in crop yield reduction. It is important to know how to cope with drought. This experiment is carried out to investigate the effect of organic growth stimulator (Hamoon green) on yield and some physiological indices of safflower under drought stress, during 2017-2018 in university of Zabol (Chahnime) as a split plot, based on RCBD with three replications. Experimental treatments include drought factor based on plant growth stages at three levels (complete irrigation throughout the growing season, irrigation up to terminal bud forms, and irrigation up to completed flowering) and spraying factor of organic growth stimulator at 4 levels (pure water), the foliar application has been Hamoon green 1 liter in 10 liters + calcium, Hamoon green 1 liter in 20 liters + calcium and Hamoon green 1 liter in 30 liters+ calcium. Results show that drought has reduced the height, 1000-seed weight, and oil percentage, by 44.41%, 31.24%, and 17.10%, respectively. Spraying hamoon green 1 liter in 10 liters+ calcium leads to an increase of 18.03%, 13.90%, and 13.74% for the above traits, compared to the control. The highest grain yield (1882.55 kg.ha<sup>-1</sup>), chlorophyll a, b, total and carotenoids (3.49, 0.94, 4.44, and 7.37 mg.gr<sup>-1</sup> fw, respectively), selenium content (5.18 mg.kg<sup>-1</sup> fw) and seed calcium content (2.91%) are obtained from hamoon green 1 liter in 10 liter + calcium and complete irrigation treatment. In general, it seems that by spraying 1 liter per 10 liters+ calcium, a good performance can be achieved.

**Keywords:** Calcium, grain yield, irrigation cut off, proline, selenium.

## ۱. مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی می‌باشد که تولید محصولات زراعی به‌ویژه دانه‌های روغنی را در مناطق خشک و نیمه‌خشک با محدودیت مواجه کرده است (Yonesi et al., 2010). مهم‌ترین تأثیر منفی تنش خشکی، کاهش دسترسی و جذب عناصر غذایی مختلف برای گیاه می‌باشد که این کمبود عناصر غذایی باعث ایجاد اختلال در فعالیت‌های فیزیولوژیکی از جمله فتوسنتز، تنفس و سنتز ترکیبات آلی سنگین، تولید و فعالیت آنزیم‌ها و در نهایت اختلال در فعالیت‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی می‌شود (Misra & Sirvastava, 2000; Pirzad et al., 2006).

گلرنگ با نام علمی (*Carthamus tinctorius* L.) گیاهی روغنی، یکساله از تیره کاسنی<sup>۱</sup> می‌باشد که به‌عنوان یک گیاه مقاوم به تنش شوری و خشکی (Bassil & Kaffka, 2002)، می‌تواند نقش مهمی در گسترش سطح زیر کشت گیاهان روغنی در کشور داشته باشد، براساس آمارنامه منتشرشده از سوی وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ مقدار سطح زیر کشت این گیاه در مجموع کشت آبی و دیم ۱۵/۰۳۸ هکتار و میزان تولید آن در کشور ۱۴/۱۲۷ تن در مجموع کشت آبی و دیم بوده است (Ministry of Agriculture-Jahad). دانه‌های روغنی و حجم بالای واردات روغن در ایران، هم‌چنین محدودیت منابع آبی در سر راه تولید دانه‌های روغنی ضرورت شناسایی گونه‌ها و ارقام مقاوم به شرایط تنش و تعیین حساس‌ترین مراحل نمو گیاه به تنش را آشکار می‌سازد (Mousavifar et al., 2010).

یکی از راه‌های تعدیل اثرات منفی تنش خشکی استفاده از کودهای آلی و محرک‌های رشد آلی می‌باشد، سلنیوم با نقش حفاظتی خود می‌تواند وضعیت آب در

گیاهان را تنظیم و بهبود بخشد (Kuznetsov et al., 2003)، پاسخ تحریک رشد گیاهان نسبت به سلنیوم به‌طور عمده با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش پراکسیداسیون لیپیدها، افزایش قابل توجه در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و افزایش غلظت متابولیت‌های آنتی‌اکسیدانی همراه است (Xue et al., 2001). پژوهش‌گران گزارش کردند با محلول‌پاشی برگ‌های سلنیوم به دلیل بازده بهتر تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های گیاه، باعث افزایش تعداد غلاف در بوته، دانه در غلاف و وزن دانه سویا شده است (Djanaguiraman et al., 2004). در آزمایش‌های مختلف نقش مفید این عنصر در شرایط تنش شوری (Sattar et al., 2017) و خشکی (Habibi, 2013) نشان داده شده است.

کلسیم نیز یکی از عناصر مهم و ضروری برای گیاهان به‌شمار می‌رود که وظیفه اصلی آن ثبات و پایداری دیواره سلولی می‌باشد (Marschner, 1995). در حین نمو، بافت‌ها به‌تغییرات زیاد نیروهای فشرده‌سازی و تنش واکنش نشان می‌دهند، از این‌رو نقش دیواره سلولی، اسکلت سلولی، فشار آماس و هندسه سلولی در طی این فرایند از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (Frachisse et al., 2020). هم‌چنین این عنصر به‌عنوان پیغام‌بر ثانویه در گیاه به پیام‌های محیطی و هورمون‌ها واکنش نشان می‌دهد (Antunes et al., 2005). نتایج برخی پژوهش‌های مختلف نقش مفید کلسیم را در شرایط تنش خشکی بر آفتابگردان (Ibrahim et al., 2016) و تنش شوری بر گلرنگ (Attarzadeh et al., 2014) نشان داده شده است. در آزمایشی محلول‌پاشی سلنیوم روی برگ گیاهان زراعی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را افزایش داد و باعث افزایش تحمل به تنش خشکی شد (Van Oosterom et al., 2006). آزمایشی به‌منظور تأثیر محلول‌پاشی سلنیوم بر گلرنگ در شرایط تنش خشکی

1. Asteraceae

تأثیر محلول پاشی محرک رشد آلی بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گلرنگ در شرایط تنش خشکی

درازدت درجه حرارت منطقه ۲۳ درجه سانتی‌گراد و حداقل حرارت مطلق ۷- درجه می‌باشد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح قطع آبیاری براساس مراحل فنولوژیک گیاه (Tanaka et al., 2002) در سه سطح شاهد (آبیاری کامل تا پایان فصل رشد)،  $R1 =$  آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی به قطر ۰/۲۵ اینچ و  $R2 =$  آبیاری تا مرحله تکمیل گلدهی و عامل فرعی شامل چهار سطح تیمار کود:  $F1 =$  شاهد (محلول پاشی آب خالص)،  $F2 =$  هامون گرین ۱ لیتر در ۱۰ لیتر + کلسیم،  $F3 =$  هامون گرین ۱ لیتر در ۲۰ لیتر + کلسیم و  $F4 =$  هامون گرین ۱ لیتر در ۳۰ لیتر + کلسیم بود. بذر مورد استفاده رقم گلدشت که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان تهیه شد. محرک رشد آلی (هامون گرین®) شامل ترکیبات نانوسلنیوم، آنتوسیانین، الکل استیک و کلسیم آلی می‌باشد. کلسیم استفاده شده در این آزمایش از کلسیم موجود در پودر پوسته تخم مرغ که در اسید سولفوریک ۹۶ درصد هضم شده و سپس به وسیله آب مقطر به pH خنثی رسانیده شد، به دست آمده است. قبل از محلول پاشی ابتدا محلول به دست آمده از پودر پوسته تخم مرغ به نسبت برابر با هر سه سطح محلول هامون گرین مخلوط و سپس محلول پاشی انجام شد. به منظور جلوگیری از هدررفت و پاشش محلول مورد نظر به کرت‌های مجاور، محلول پاشی در غروب و در هوای کاملاً صاف و بدون وزش باد انجام گرفت. میان استفاده شده برای محلول پاشی با نام تجاری Hydrosil بوده که ترکیبات آن شامل Trisiloxan-85%, solvent-15% مقدار مصرف آن ۰/۳-۰/۵ ml/liter می‌باشد. محلول پاشی محرک رشد آلی براساس مراحل فنولوژیک رشد (Tanaka et al., 2002) در سه مرحله ۱- تشکیل طبق ساقه اصلی به قطر ۰/۲۵ اینچ ( $R1$ )، ۲- تکمیل شاخه‌دهی ( $R2$ )، ۳- تکمیل گلدهی ( $R3$ ) اعمال شدند. آماده‌سازی

انجام شد و نتایج نشان داد محلول پاشی سلنیوم باعث افزایش ارتفاع بوته، ارتفاع محل اولین انشعاب از خاک، قطر طبق، تعداد طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک شد (Khademi et al., 2016). در آزمایشی که Mohtashami et al. (2020) روی دو واریته کلزا (هایولا ۴۰۱ و دلگان) تحت ۴ رژیم مختلف آبیاری انجام دادند، گزارش کردند محلول پاشی سلنیوم باعث افزایش وزن هزاردانه، عملکرد دانه و محتوی روغن دانه در شرایط تنش خشکی شد. در آزمایش دیگری، پژوهش‌گران بیان کردند با محلول پاشی محرک رشد آلی و کلسیم ارتفاع بوته، قطر ساقه، عملکرد و اجزای عملکرد، هم‌چنین محتوی سلنیوم و کلسیم دانه کلزا تحت تأثیر محلول پاشی افزایش یافت و در نهایت محلول پاشی این عناصر باعث تعدیل شرایط تنش خشکی در این گیاه شد (Motakefi et al., 2019).

این آزمایش با هدف تأثیر محرک رشد آلی از جمله کلسیم بر عملکرد، درصد روغن و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گلرنگ طی تنش خشکی انجام شده است.

## ۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی چاه نیمه واقع در شهرستان زهک در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶، به صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. شهر زهک در موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۷۰ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۸۹ دقیقه شمالی با ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا و براساس طبقه‌بندی کوپن در اقلیم خشک بسیار گرم، با تابستان‌های گرم و خشک و براساس طبقه‌بندی آمبرژه نیز جزو مناطق گرم و خشک قرار می‌گیرد. میانگین درازمدت (۳۰ ساله) بارندگی در منطقه ۶۳ میلی‌متر، میزان تبخیر سالیانه به طور متوسط ۵۰۰۰-۴۵۰۰ میلی‌متر، میانگین

(Arnon, 1949)، اندازه‌گیری درصد روغن به‌روش سوکسله (Soxhlet, 1879)، اندازه‌گیری میزان پرولین به‌روش بیتز (Bates et al., 1973)، اندازه‌گیری مقدار سلنیوم دانه به‌روش (Mahaveer & Jaldappa, 2000)، اندازه‌گیری مقدار کلسیم به‌روش (Prokopov, 1973) انجام گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه (9/1) و برای انجام مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

### ۳. نتایج و بحث

#### ۳.۱. ارتفاع بوته

ارتفاع بوته تحت تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیش‌ترین میزان ارتفاع بوته از تیمار آبیاری کامل و کم‌ترین آن از تیمار آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی به قطر ۰/۲۵ اینچ مشاهده شد که به میزان ۴۴/۴۱ درصد در طی تنش کاهش داشته است (جدول ۳).

زمین شامل شخم و دیسک و تسطیح بود. با توجه به نتایج تجزیه خاک (جدول ۱) و توصیه کودی، کودهای شیمیایی موردنیاز به خاک اضافه شد. کاشت در آبان‌ماه ۱۳۹۶ به‌صورت دستی انجام شد و اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت صورت پذیرفت. وجین علف‌های هرز به‌روش دستی انجام شد و آفت مهمی در طول دوره آزمایش مشاهده نشد. تعداد ۳۶ کرت به طول و عرض دو متر فواصل بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر، فاصله بین کرت‌های اصلی ۱/۵ متر و فاصله بین کرت‌های فرعی ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد شش بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و صفات ارتفاع بوته و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین عملکرد دانه، بوته‌های موجود در مساحت دو مترمربع از هر کرت آزمایشی به‌طور جداگانه کف‌بر شدند و جهت خشک‌شدن نهایی، به‌مدت پنج روز در هوای آزاد قرار داده شدند، اندازه‌گیری میزان کلروفیل به‌روش آرنون

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر

بافت خاک	هدایت الکتریکی ( $ds.m^{-1}$ )	اسیدیته (pH)	سلنیوم (ppm)	سدیم (ppm)	پتاسیم (ppm)	کلسیم (ppm)	منیزیم (ppm)	نیتروژن (%)
لوم-رسی	۳/۳۶	۸/۴۳	<۰/۰۱۸	۶۸/۱	۲۲/۸	۱۰۲/۷۲	۵۱/۵۱	۰/۰۵۷

جدول ۲. تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و محلول‌پاشی بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ.

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	وزن هزاردانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۲۰۷/۰۳*	۳/۶۱ns	۹۷۰۸/۵۲ns
آبیاری	۲	۷۳۶۰/۸۲**	۷۷۸/۹۹**	۲۲۳۷۳۲۸/۲۵**
خطای الف	۴	۷۶/۱۱	۹/۲۸	۱۲۰۷۰/۲۹
محلول‌پاشی	۳	۳۷۲/۸۱**	۶۷/۶۲**	۱۴۹۳۶۹/۱۷**
اثرات متقابل	۶	۱۱/۷۶ns	۲/۹۳ns	۲۰۸۵۳/۸۴*
خطای ب	۱۸	۵۷/۰۴	۵/۳۲	۷۷۸۷/۵۹
ضریب تغییرات (%)	-	۹/۵۳	۵/۲۸	۷/۳۶

ns و \* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی‌دار.

تأثیر محلول پاشی محرک رشد آلی بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گلرنگ در شرایط تنش خشکی

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات ساده تنش خشکی و محلول پاشی بر میانگین صفات ارتفاع بوته، وزن هزاردانه و درصد روغن گلرنگ

تیمارهای آزمایشی	ارتفاع گیاه (cm)	وزن هزاردانه (gr)	روغن (%)
آبیاری کامل	۱۰۷/۰۱a	۵۱/۵۳a	۳۰/۸۱a
آبیاری تا مرحله تکمیل گل‌دهی	۷۱/۱۵b	۴۴/۰۶b	۲۹/۳۹a
آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی به قطر ۰/۲۵ اینچ	۵۹/۴۸c	۳۵/۴۳c	۲۵/۵۴b
محلول پاشی محرک رشد آلی (هامون گرین)			
۱ لیتر در ۱۰ لیتر + کلسیم	۸۷/۲۰a	۴۶/۸۸a	۳۰/۳۳a
۱ لیتر در ۲۰ لیتر + کلسیم	۷۹/۵۷b	۴۴/۵۲b	۲۹/۰۰ab
۱ لیتر در ۳۰ لیتر + کلسیم	۷۸/۶۱bc	۴۲/۹۳b	۲۸/۸۲ab
آب خالص	۷۱/۴۷c	۴۰/۳۶c	۲۶/۱۶b

در هر ستون و اثر تیماری میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

هم‌چنین پژوهش‌گران دیگر بیان کردند غلظت‌های مناسب سلنیوم با افزایش سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی، تثبیت کربن و هم‌چنین سنتز و هیدرولیز نشاسته و ساکارز موجب افزایش رشد گیاه می‌شود ( Han-wens *et al.*, 2001; Tailin *et al.*, 2010). در همین راستا، Yusefvand *et al.* (2011)، در آزمایشی گزارش کردند مصرف ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم موجب افزایش ۳/۹۷ درصد ارتفاع بوته آفتابگردان شد.

### ۲.۳. وزن هزاردانه

وزن هزاردانه تحت تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). بیش‌ترین وزن هزاردانه از تیمار آبیاری کامل ۵۱/۵۳ گرم به‌دست آمد و مقدار آن ۳۱/۲۴ درصد در تیمار آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی به قطر ۰/۲۵ اینچ کاهش یافت (جدول ۳). کاهش وزن هزاردانه در نتیجه تنش خشکی احتمالاً به‌دلیل کاهش جذب آب و املاح توسط گیاه و به‌دنبال آن کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی و

افزایش سطح برگ و تولید ماده خشک توسط فتوسنتز از نقش‌های اصلی سلول در رشد رویشی گیاه به‌شمار می‌رود، تنش خشکی تقسیم سلولی را کاهش می‌دهد و مانع انبساط سلول‌ها به‌وسیله فتوسنتز، تنفس، جذب و انتقال مواد و هم‌چنین کاهش فشار تورژسانس سلول می‌شود (Jaleel *et al.*, 2009). در آزمایشی که با تیمارهای مختلف تنش خشکی (آبیاری پس از ۵۰، ۸۰، ۱۳۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر کلاس A) صورت گرفت، افزایش سطح تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع گلرنگ گردید که دلیل آن را کاهش میزان فتوسنتز و کمبود مواد غذایی دانسته‌اند که در نهایت کاهش ارتفاع و عملکرد دانه را در پی داشته است (Karimi & Tadayon, 2018). براساس جدول (۳) بیش‌ترین ارتفاع بوته در تیمار محلول پاشی هامون گرین ۱ لیتر در ۱۰ لیتر + کلسیم بود که به‌میزان ۱۸/۰۳ درصد نسبت به تیمار محلول پاشی آب خالص افزایش داشته است. (Seppänen *et al.*, 2003) ، بیان کردند افزایش ارتفاع و رشد گیاه در حضور سلنیوم به افزایش محتوی نشاسته در کلروپلاست مرتبط می‌باشد،

آسیمیلات‌ها به دانه‌ها بوده است که در این شرایط گیاه حتی با انتقال مجدد ذخایر اندوخته‌شده خود نتوانسته کاهش آسیمیلات ناشی از تنش را جبران نماید و این وضعیت منجر به کاهش وزن دانه‌ها شده است. Soheili- Movahhed et al. (2019) در آزمایشی بر گلرنگ بهاره طی تنش خشکی آخر فصل گزارش کردند تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی باعث کاهش وزن دانه‌ها شد. محلول‌پاشی محرک رشد آلی باعث افزایش وزن هزاردانه شد. تیمار محلول‌پاشی ۱ لیتر در ۱۰ لیتر+ کلسیم به میزان ۱۳/۹۰ درصد نسبت به تیمار محلول‌پاشی آب خالص افزایش یافت (جدول ۳). در شرایط تنش خشکی بهبود وزن دانه می‌تواند نقش مؤثری در افزایش عملکرد دانه داشته باشد. لذا کاربرد تیمارهایی در طول دوره رشد گیاه که بتواند وضعیت آب گیاه را حفظ نماید، می‌تواند اثرات تنش خشکی را تا حدودی تعدیل نماید و از کاهش اجزای عملکرد به‌ویژه کاهش وزن دانه جلوگیری نماید، در آزمایش Yusefvand et al. (2011) گزارش کردند محلول‌پاشی سلنیوم (۱۸ گرم در هکتار) باعث افزایش ۴/۴۵ درصد وزن صد دانه آفتابگردان شد که تأییدکننده نتایج این آزمایش است.

### ۳.۳. عملکرد دانه

براساس تجزیه واریانس داده‌ها عملکرد دانه تحت تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). بالاترین میزان عملکرد دانه از تیمار آبیاری کامل هم‌زمان با محلول‌پاشی ۱ لیتر در ۱۰ لیتر+ کلسیم با میانگین ۱۸۸۲/۵۵ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین مقدار آن از تیمار آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی به قطر ۰/۲۵ اینچ هم‌زمان با محلول‌پاشی آب خاص با میانگین ۷۲۴/۲۴ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که به میزان ۶۰/۳۶ درصد طی تنش خشکی کاهش یافته است (جدول ۵). تنش خشکی

سبب تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی که باعث تأثیر منفی در رشد و عملکرد گیاهان می‌شود، همچنین باعث بروز تنش اسمزی و اختلال در تخصیص یون‌ها به سلول‌ها و اختلال در غشای سلول‌ها می‌شود (Wang, 2003). القای تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی گلرنگ در این آزمایش باعث کاهش اجزای عملکرد (تعداد طبق، تعداد دانه در طبق، وزن دانه‌ها) و در نهایت باعث کاهش عملکرد گردید و از آنجایی‌که می‌توان بیان داشت لازمه تولید عملکرد روغن مطلوب، عملکرد دانه مطلوب است، لذا کاربرد سلنیوم در سطوح تنش به‌همراه کلسیم، با اثرات مثبت خود موجب افزایش عملکرد دانه و روغن در گلرنگ می‌شود. Rahmani et al. (2019) در آزمایش خود روی پنج واریته گلرنگ در شرایط تنش خشکی گزارش کردند، تنش خشکی باعث کاهش اجزای عملکرد (تعداد طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه) و در نهایت عملکرد دانه شد که تأییدکننده نتایج حاصل از این آزمایش می‌باشد. در آزمایش‌های متعددی تأثیر مثبت محلول‌پاشی سلنیوم بر عملکرد گیاهان مختلف از جمله کلزا (Hajiboland et al., 2014)، آفتابگردان (Yusefvand et al., 2011)، گندم و جو (Sajedi & Madani, 2017)، نخود (Sajedi et al., 2014) در شرایط تنش خشکی گزارش شده است، که هم‌راستا با نتایج حاصل از این آزمایش می‌باشد. پژوهش‌گران در آزمایش محلول‌پاشی کلسیم بر گیاه ذرت در شرایط تنش خشکی گزارش کردند تیمار محلول‌پاشی کلسیم باعث بهبود تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه شده است (Naeem et al., 2018).

### ۴. درصد روغن

درصد روغن گلرنگ تحت تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴). بیش‌ترین درصد روغن از تیمار آبیاری کامل ۳۰/۸۱ درصد و کم‌ترین درصد روغن از تیمار

تأثیر محلول پاشی محرک رشد آلی بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گلرنگ در شرایط تنش خشکی

آبیاری کامل هم‌زمان با محلول پاشی ۱ لیتر در ۱۰ لیتر + کلسیم و کم‌ترین مقدار آن‌ها در تیمار آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی به قطر ۰/۲۵ اینچ هم‌زمان با محلول پاشی آب خالص به دست آمد که به ترتیب به میزان ۹۴/۵۵، ۸۳/۵۴، ۹۲/۳۴ و ۸۷/۷۸ درصد کاهش یافتند (جدول ۵). رنگدانه‌های فتوسنتزی نقش مهمی را از نظر جذب نور و تولید توان احیایی (انرژی) در گیاهان ایفا می‌کنند و شامل طیف وسیعی از رنگدانه‌های مختلف هستند که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در فتوسنتز نقش داشته و از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها اشاره کرد (Jaleel et al., 2009).

پژوهش‌گران دلیل‌های مختلفی را برای کاهش کلروفیل طی تنش خشکی ارائه کرده‌اند که از آن جمله می‌توان به افزایش فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز طی تنش خشکی (Ahmadi & Seo-se, 2005)، تخریب غشاهای سلولی و محتوای کلروفیل برگ طی تنش خشکی (Niakan & Ghorbanli, 2007)، کاهش کارایی استفاده از کربن و افزایش تولید اتانول و لاکتات طی تنش خشکی (Piekielek & Fox, 1992) و تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن و متعاقب آن پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب کلروفیل طی تنش خشکی (Xiao et al., 2008) اشاره کرد.

Chavoushi et al. (2020) در آزمایشی بر روی گلرنگ کاهش محتوای کلروفیل و کاروتنوئید را طی تنش خشکی گزارش کردند، آنها دلیل کاهش کلروفیل را این‌گونه بیان کردند که تنش خشکی باعث افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز، تغییر ساختار کلروفیل و کمپلکس لیپید-پروتئین در غشا، کاهش پروتئین رنگدانه برداشت نور در ارتباط با فتوسیستم II و در نهایت غیرفعال شدن آنزیم چرخه کالوین شد، که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد.

آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی به قطر ۰/۲۵ اینچ به دست آمد که به میزان ۱۷/۱۰ درصد طی تنش خشکی کاهش یافت (جدول ۳). پژوهش‌گران بیان داشتند با افزایش تنش خشکی محتوی روغن دانه در گلرنگ کاهش یافت و باعث تغییر درصد ترکیب اسیدهای چرب شد (Zafari et al., 2020). تنش خشکی در مرحله گل‌دهی و گرده‌افشانی، به علت اثر سوء آن بر تخریب فرایندهای متابولیک دانه، اختلال در انتقال مواد پرورده به دانه‌ها و احتمالاً تولید ترکیبات ثانویه مطلوب در تولید روغن می‌باشد (Bouchereau et al., 1996). Khalili et al. (2016) کاهش درصد روغن گلرنگ را طی تنش خشکی گزارش کردند که با نتایج این آزمایش هم‌خوانی دارد. محلول پاشی محرک رشد آلی سبب افزایش درصد روغن گردید، بیش‌ترین میزان درصد روغن از تیمار محلول پاشی ۱ لیتر در ۱۰ لیتر + کلسیم و کم‌ترین مقدار آن از تیمار آبیاری کامل حاصل شد این نتایج نشان‌دهنده افزایش ۱۳/۷۴ درصدی روغن طی محلول پاشی نسبت به تیمار محلول پاشی آب خالص بود (جدول ۳). Dadnia (2013) بیان داشت عنصر سلنیوم به دلیل داشتن ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی موجب افزایش روغن گلرنگ و افزایش ارزش غذایی آن شد که با نتایج حاصل از این آزمایش هم‌خوانی دارد. Ahmadi et al. (2013) گزارش کردند محلول پاشی کلسیم تأثیر قابل توجهی در افزایش درصد روغن و هم‌چنین عملکرد روغن کنگد در مقایسه با تیمار شاهد داشته است.

### ۳.۵. رنگدانه‌های فتوسنتزی

#### کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد محتوی کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید تحت تأثیر تنش خشکی، محلول پاشی و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴). بیش‌ترین مقدار کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید از تیمار

جدول ۴. تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و محلول پاشی بر درصد روغن، کلروفیل a, b، کل، کاروتنوئید، پرولین و محتوی سلنیوم دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد روغن	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	کلروفیل کل	پرولین	محتوی سلنیوم دانه	محتوی کلسیم دانه
تکرار	۲	۱۳/۵۴ns	۰/۰۰۹۲ns	۰/۰۰۳۵ns	۰/۰۷ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۶۷ns	۰/۰۶۲ns	۰/۱۵۲*
آبیاری	۲	۸۹/۲۵*	۱۷/۹۳**	۰/۷۲**	۸۳/۸۹**	۲۵/۸۴**	۴۲۶/۴۳**	۲۰/۶۰**	۸/۴۴**
خطای الف	۴	۹/۷۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	۰/۱	۰/۰۰۲	۰/۳۲۹	۰/۰۳۶	۰/۰۲
محلول پاشی	۳	۲۷/۴۳*	۱/۱۳**	۰/۱۲**	۴/۰۰۶**	۲/۰۲**	۴۲/۸۶**	۴/۸۶**	۰/۸۴**
اثر متقابل	۶	۱/۸۸ns	۰/۰۰۹**	۰/۰۱**	۰/۳۴**	۰/۱۳**	۴/۱۲**	۰/۱۵۷**	۰/۰۵*
خطای ب	۱۸	۷/۸۹	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۱	۰/۰۵۱	۰/۰۰۴	۰/۲۲۹	۰/۰۳۳	۰/۰۱۷
ضریب تغییرات (%)	-	۹/۸۲	۴/۱۲	۶/۵۰	۵/۸۶	۳/۲۸	۴/۵۵	۶/۴۴	۹/۰۱

ns، \* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی دار.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و محلول پاشی بر صفات وزن هزاردانه، کلروفیل a, b، کل، کاروتنوئید، پرولین و محتوی سلنیوم دانه

محتوی کلسیم دانه (%)	محتوی سلنیوم دانه (mg.kg <sup>-1</sup> fw)	پرولین (μg.g <sup>-1</sup> fw)	کاروتنوئید (mg.g <sup>-1</sup> fw)	کلروفیل کل (mg.g <sup>-1</sup> fw)	کلروفیل b (mg.g <sup>-1</sup> fw)	کلروفیل a (mg.g <sup>-1</sup> fw)	عملکرد دانه (kg.ha <sup>-1</sup> )	تیمارهای آزمایشی	
								محلول پاشی	آبیاری
۱/۸۷c	۳/۰۰e	۳/۸۱h	۵/۳۴c	۲/۷۴d	۰/۵۲۹e	۲/۲۱d	۱۳۷۲/۸۸c	آب خالص	
۲/۹۱a	۵/۱۸a	۶/۸۶f	۷/۳۷a	۴/۴۴a	۰/۹۴۲a	۳/۴۹a	۱۸۸۲/۵۵a	۱ لیتر در ۱۰ لیتر + کلسیم	آبیاری کامل
۲/۳۷b	۴/۵۵b	۵/۸۰g	۶/۹۰b	۳/۸۲b	۰/۸۶۷b	۲/۹۵b	۱۷۸۰/۲۸ab	۱ لیتر در ۲۰ لیتر + کلسیم	
۲/۱۶b	۴c	۵/۲۴g	۶/۷۷b	۳/۴۹c	۰/۷۲۹c	۲/۷۶c	۱۷۰۴/۸۸b	۱ لیتر در ۳۰ لیتر + کلسیم	
۱/۱۲e	۲/۰۷g	۷/۲۱f	۲/۸۶e	۱/۳۸h	۰/۴۰۴f	۰/۹۸h	۹۲۲/۱۹ef	آب خالص	
۱/۷۵c	۳/۴۴d	۱۱/۶۲d	۴/۱۵d	۲/۳۴e	۰/۵۹۵d	۱/۷۵e	۱۱۵۱/۰۱d	۱ لیتر در ۱۰ لیتر + کلسیم	آبیاری تا مرحله تکمیل گلدهی
۱/۵d	۲/۹۶e	۸/۹۹e	۳/۸۵d	۲/۰۹f	۰/۴۹۷e	۱/۵۹f	۱۰۹۷/۲۳d	۱ لیتر در ۲۰ لیتر + کلسیم	
۱/۴۱d	۲/۸۵ef	۸/۴۶e	۳/۰۷e	۱/۷۳g	۰/۴۳۷f	۱/۲۹g	۱۰۰۴/۶۱de	۱ لیتر در ۳۰ لیتر + کلسیم	
۰/۳۳h	۰/۷۷vi	۱۳/۸۸c	۰/۹h	۰/۳۴i	۰/۱۵۵h	۰/۱۹i	۷۶۴/۲۴f	آب خالص	
۰/۸۷f	۲/۵۵f	۲۱/۷۲a	۱/۷۹f	۱/۰۵i	۰/۳۹۰f	۰/۶۶i	۹۲۶/۰۵ef	۱ لیتر در ۱۰ لیتر + کلسیم	آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی به قطر ۰/۲۵ اینچ
۰/۷۹fg	۱/۵۵h	۱۶/۹۹b	۱/۵۵g	۰/۸۱j	۰/۳۰۳g	۰/۵۱j	۸۸۵/۳۵ef	۱ لیتر در ۲۰ لیتر + کلسیم	
۰/۶۲g	۱/۳۷h	۱۶/۲۳b	۱/۳۸g	۰/۶۱k	۰/۲۶۷g	۰/۳۴k	۸۷۸/۹۷ef	۱ لیتر در ۳۰ لیتر + کلسیم	

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



تأثیر محلول پاشی محرک رشد آلی بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گلرنگ در شرایط تنش خشکی

به‌ویژه واکنش و پلاسمید انتقال می‌یابد و در صورتی که گیاه تحت شرایط تنش خشکی قرار گیرد پرولین از واکنش به‌سیتوزول انتقال می‌یابد (Lehmann et al., 2010). تجمع پرولین طی تنش خشکی در آزمایش‌های متعددی بر روی گلرنگ (Taheri et al., 2018)، کلزا (Jabbari et al., 2014) و آفتابگردان (Ünyayar et al., 2004) گزارش شده است. در آزمایشی که Amini et al. (2014) بر روی ۶۴ واریته گلرنگ طی تنش خشکی انجام دادند، گزارش کردند تنش خشکی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش محتوای پرولین برگ ۶۴ واریته گلرنگ شد که با نتایج آزمایش حاضر هم‌خوانی دارد. همچنین Yao et al. (2009) گزارش کردند سلنیوم موجب افزایش تجمع پرولین گندم در شرایط تنش خشکی شد، که نتایج این پژوهش‌ها تأییدکننده نتایج آزمایش حاضر می‌باشد.

### ۷.۳. محتوای سلنیوم دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد محتوای سلنیوم دانه تحت تأثیر تنش خشکی، محلول‌پاشی و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴). بالاترین میزان سلنیوم دانه از تیمار آبیاری کامل هم‌زمان با محلول‌پاشی ۱ لیتر در ۱۰ لیتر + کلسیم حاصل شد همچنین در هر سطح تنش در تیمار محلول‌پاشی ۱ لیتر در ۱۰+ کلسیم بیش‌ترین میزان سلنیوم دانه حاصل شد (جدول ۵). پژوهش‌گران بیان داشتند توانایی گیاهان برای جذب آب از اعماق زمین و بی‌نیازبودن از آب باران در نواحی خشک یک مزیت به‌شمار می‌رود و عنصر سلنیوم می‌تواند این مزیت را به‌حداکثر برساند (Pezzarossa et al., 2014). غنی‌سازی زراعی محصولات با استفاده از کودهای حاوی سلنیوم یک تکنیک مناسب برای افزایش تحمل به‌خشکی در گیاهان است، سلنیوم با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه موجب افزایش تحمل تنش

Habibi et al. (2016) در آزمایشی روی گیاه دارویی بادرنجبویه گزارش کردند با افزایش غلظت سلنیوم به‌کاررفته، غلظت کلروفیل a، b و کلروفیل کل افزایش معنی‌دار نشان داد. Yao et al. (2011)، گزارش نمودند که در گیاهچه‌های گندم تیمار شده با سلنیوم محتوی کلروفیل a و مجموع کلروفیل a و b به‌ترتیب ۱۳ و ۱۲ درصد افزایش یافتند.

### ۶.۳. پرولین برگ

پرولین برگ تحت تأثیر تنش خشکی، محلول‌پاشی و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). در آزمایش حاضر سطوح تنش مقادیر مختلفی از پرولین در برگ گیاه تجمع یافت که نشان می‌دهد افزایش پرولین طی تنش به‌میزان شدت تنش خشکی در مراحل مختلف بستگی دارد، همچنین تیمار محلول‌پاشی ۱ لیتر در ۱۰ لیتر + کلسیم در هر سطح تنش باعث افزایش میزان پرولین شد و بالاترین میزان آن در تیمار آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی به قطر ۰/۲۵ اینچ هم‌زمان با محلول‌پاشی یک لیتر در ۱۰ لیتر + کلسیم حاصل شد (جدول ۵). یکی از مکانیسم‌های مقاومت گیاهان در شرایط تنش خشکی تجمع پرولین و سایر اسمولیت‌ها برای حفظ تورژسانس سلول‌ها می‌باشد (Hayat et al., 2012). پژوهش‌گران افزایش پرولین گیاه را در شرایط کم‌آبی و تنش خشکی به‌تنظیم اسمزی گیاه مربوط دانسته‌اند و بیان کردند تجمع پرولین در شرایط تنش‌زای محیطی در افزایش توانایی بقای گیاه نقش مهمی دارد (Sankar et al., 2007). در شرایط کمبود آب اغلب بیوسنتز پرولین از گلوتامیک اسید در سیتوزول و کلروپلاست سلول‌های گیاهی اتفاق می‌افتد، بنابراین پرولین در سیتوزول تجمع یافته تا توزیع آب به‌درون سلول انجام شود. در شرایط نرمال پرولین به‌اندامک‌ها

یکی از روش‌های مؤثر برای برطرف کردن کمبود و اصلاح عوارض ناشی از آن است (Roger, 2006). کلسیم برای تقسیم سلولی، تشکیل و استحکام دیواره‌های جدید سلولی، ایفای نقش غشا و جلوگیری از آسیب آن و عدم تراوش مواد به بیرون از سلول و به تأخیر انداختن پیری ضروری است (MoezArdalan & SavaghebiFiroozabadi, 2014). در زمان تقسیم سلولی کلسیم در دوک تقسیم حضور داشته و نیز در مسیر انتقال سیگنال توسط بانده شدن با کالمدولین که یک پروتئین سیتولوزیک است، نقش مهمی دارد (Paliyath & Thompson, 1987). Gaonkar & Chakraborty (2016) در آزمایشی که به منظور استفاده از پودر پوست تخم مرغ به عنوان کود و قرص‌های مکمل کلسیم انجام دادند، بیان کردند با کاربرد ۱۰ درصد و ۱۵ درصد پودر پوست تخم مرغ در خاک میزان کلسیم خاک به ترتیب ۲۷/۱۳ و ۱۹/۱۵ درصد نسبت به خاک بدون کاربرد افزایش یافته است. در آزمایشی به منظور بررسی تأثیر محلول پاشی کلسیم و منیزیم بر شاخص‌های رشدی گیاه (*Origanum vulgare* ssp. *Hirtum*)، پژوهش‌گران گزارش کردند، با محلول پاشی کلسیم ( $Ca^{2+}$ ) به میزان (۰/۵ و ۱ درصد) محتوای کلسیم برگ به میزان دو برابر افزایش پیدا کرد. به طوری که از تیمار شاهد به میزان ۱۵/۳۲ میلی گرم بر گرم وزن خشک به میزان ۳۲/۶ در تیمار ۵ درصد و ۳۸/۲ میلی گرم بر گرم وزن خشک در تیمار ۱ درصد رسید (Dordas, 2009).

#### ۴. نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده محلول پاشی سلنیوم و نقش حفاظتی این عنصر در شرایط بروز تنش خشکی با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و کاهش فعالیت رادیکال‌های آزاد تا حدودی اثرات منفی تنش خشکی را تعدیل کرد. تیمار محلول پاشی هامون گرین ۱ لیتر در ۱۰

می‌شود (Broadley et al., 2015). آثار مفید محلول پاشی سلنیوم بر رشد و تحمل به خشکی برنج (Boldrin et al., 2013)، کلزا (Hasanuzzaman et al., 2017; Seppänen et al., 2019) و سویا (Djanaguiraman et al., 2005) گزارش شده است. Habibi et al. (2016) گزارش کردند کاربرد برگی سلنیوم در غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر باعث انباشت معنی دار عنصر سلنیوم در ساقه گیاه بادرنجبویه شد، برداشت‌هایی که ۱۰ و ۲۰ روز پس از محلول پاشی انجام شد نشان داد که سلنیوم به سرعت توسط برگ‌ها جذب و در آن‌ها انباشته شده است. همچنین این پژوهش‌گران بیان کردند، سنجش مقدار سلنیوم دانه نشان داد که سلنیوم توسط دانه‌ها جذب و در آن‌ها انباشته شده است، به طوری که افزایش مقدار انباشت عنصر در تیمار سلنیوم بیش از سه برابر شاهد بود. در بررسی محلول پاشی سلنیوم بر روی ذرت تحت تنش خشکی پژوهش‌گران گزارش کردند کاربرد سلنیوم باعث افزایش ۳۶ درصدی محتوای سلنیوم اندام هوایی شد (Nawaz et al., 2016)، که نتایج این پژوهش‌گران با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد.

#### ۳.۸. محتوای کلسیم دانه

محتوای کلسیم دانه تحت تأثیر تیمار تنش خشکی و محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد، همچنین در نتیجه برهم کنش تنش خشکی و محلول پاشی در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین مقدار کلسیم دانه از تیمار آبیاری کامل هم‌زمان با محلول پاشی ۱ لیتر در ۱۰ لیتر + کلسیم حاصل شد و کمترین میزان آن از تیمار آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی به قطر ۰/۲۵ اینچ با محلول پاشی آب خالص حاصل شد که به میزان ۸۸/۶۸ درصد کاهش یافت (جدول ۵). محلول پاشی برگی کلسیم

تأثیر محلول پاشی محرک رشد آلی بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گلرنگ در شرایط تنش خشکی

- soils and irrigation. II Crop response to salinity. *Agricultural Water Management*, 54(1), 81-92.
- Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39(1), 205-207.
- Boldrin, P.F., Faquin, V., Ramos, S.J., Boldrin, K.V.F., Ávila, F.W., & Guilherme, L.R.G. (2013). Soil and foliar application of selenium in rice biofortification. *Journal of Food Composition and Analysis*, 31(2), 238-244.
- Bouchereau, A., Clossais-Besnard, N., Bensaoud, A., Leport, L., & Renard, M. (1996). Water stress effects on rapeseed quality. *European Journal of Agronomy*, 5, 19-30.
- Broadley, M., Brown, P., Cakmak, I., Ma, J.F., Rengel, Z., & Zhao, F. (2015). Beneficial elements. In: P. Marschner (Ed.) *Marschner's mineral nutrition of higher plants*, (5<sup>th</sup> Edition). Academic Press Inc. pp, 488-504.
- Chavoushi, M., Najafi, F., Salimi, A., & Angaji, S. A. (2020). Effect of salicylic acid and sodium nitroprusside on growth parameters, photosynthetic pigments and secondary metabolites of safflower under drought stress. *Scientia Horticulturae*, 259, 108823.
- Dadnia, M.R. (2013). The effect of water deficiency and selenium foliar application on the activity of some antioxidant enzymes in oilseed sunflower cultivars. *Journal of Crop Physiology*. Islamic Azad University of Ahvaz Branch, 14(14), 71-81. (In Persian).
- Djanaguiraman, M., Devi, D. D., Shanker, A. K., Sheeba, J. A., & Bangarusamy, U. (2004). Impact of selenium spray on monocarpic senescence of soybean (*Glycine max* L.). *Journal of Food Agriculture and Environment*, 2, 44-47.
- Djanaguiraman, M., Devi, D.D., Shanker, A.K., Sheeba, J.A., & Bangarusamy, U. (2005). Selenium—an antioxidative protectant in soybean during senescence. *Plant and Soil*, 272(1), 77-86.
- Dordas, C. (2009). Foliar application of calcium and magnesium improves growth, yield, and essential oil yield of oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*). *Industrial Crops and Products*. 29, 599-608.
- Frachisse, J.M., Thomine, S., & Allain, J.M. (2020). Calcium and plasma membrane force-gated ion channels behind development. *Current Opinion in Plant Biology*, 53, 57-64.
- Gaonkar, M., & Chakraborty, A.P. (2016). Application of Eggshell as Fertilizer and Calcium Supplement Tablet. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5(3), 3520-3525.

لیتر+ کلسیم باعث بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه شد. در مجموع بین تیمارهای استفاده شده در این آزمایش محلول پاشی محرک رشد آلی هامون گرین به میزان ۱ لیتر در ۱۰ لیتر+ کلسیم نسبت به سایر سطوح مناسب به نظر می‌رسد.

## ۵. تشکر و قدردانی

بخشی از هزینه اجرای این آزمایش از محل اعتبار پژوهانه UOZ-GR-9618-25 دانشگاه زابل تأمین شده است.

## ۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

## ۷. منابع

- Ahmadi, A., & Siosemardeh, A. (2005). Effect of Drought Stress on Soluble Carbohydrates, Chlorophyll and Proline in four Wheat Cultivars Adapted to Different Climatic Condition of Iran. *Iranian Journal of Agriculture Sciences*, 35(3), 753-763. (In Persian).
- Ahmadi, J., Seyfi, M.M., & Aminidehghi, M. (2013). Effect of spraying micronutrients Fe, Zn and Ca on grain and oil yield of sesame (*Sesamus indicum* L.) varieties. *Journal of Crop Production*, 5(3), 115-130.
- Amini, H., Arzani, A., & Karami, M. (2014). Effect of water deficiency on seed quality and physiological traits of different safflower genotypes. *Turkish Journal of Biology*, 38(2), 271-282.
- Antunes, M. D., Panagopoulos, C., Rodrigues, T. S., Neves, N., & Curado, F. (2005) The effect of pre and postharvest calcium applications on Hayward kiwifruit storage ability. *Acta Horticulturae*, 682, 909-916.
- Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1), 1.
- Attarzadeh, M., Rahimi, A., Torabi, B., & Dashti, H. (2014). Effect of Ca, K, and Mn Foliar Spray on Vegetative Traits of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Salt Stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(3), 445-453.
- Bassil, B.S., & Kaffka, S.R. (2002). Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline

- Habibi, G. (2013). Effect of drought stress and selenium spraying on photosynthesis and antioxidant activity of spring barley/Ucinek susnega stresa in skropljenja s selenom na fotosintezo in antioksidativno aktivnost jarega jecmena. *Acta Agriculturae Slovenica*, 101(1), 31-39.
- Habibi, G.H., Ghorbanzadeh, P., & Abedini, M. (2016). Effect of Selenium on some physiological properties of medicinal plant (*Melissa officinalis* L.). *Journal of Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research*, 32(4), 698-715. (In Persian).
- Hajiboland, R., Keyvanfar, N., Joudmand, A., Rezaee, H., & Yusefnezhad, M. (2014). The effect of Selenium treatment on drought tolerance in Canola. *Iranian Journal of Biology*, 27(4), 557-568. (In Persian).
- Han-Wens, S., Jing, H., Shu-Xuan, L., & Wei-Jun, K. (2010). Protective role of selenium on garlic growth under cadmium stress. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41, 1195-1204.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Gill, S.S., Alharby, H.F., Razafindrabe, B.H., & Fujita, M. (2017). Hydrogen peroxide pretreatment mitigates cadmium-induced oxidative stress in *Brassica napus* L.: an intrinsic study on antioxidant defense and glyoxalase systems. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1-19.
- Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M. N., Wani, A. S., Pichtel, J., & Ahmad, A. (2012). Role of proline under changing environments: a review. *Plant Signaling & Behavior*, 7(11), 1456-1466.
- Ibrahim, M. F. M., Faisal, A., & Shehata, S. A. (2016). Calcium chloride alleviates water stress in sunflower plants through modifying some physio-biochemical parameters. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 16, 677-693.
- Jabbari, H., Akbari, A., Khosh Kholgh Sima, N.A., & Alahdadi, I. (2014). Comparison of the Role of Antioxidant and Proline Enzymes in Drought tolerance in (*Brassica napus* L.). *Journal of Oil Plant Production*, 1(1), 15-31. (In Persian).
- Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasundaram, R., & Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11, 100-105.
- Karimi, A., & Tadayon, A. (2018). The effect of humic acid foliar application on yield and some morphological properties of safflower under drought stress conditions. *Applied Research in Field Crops*, 31(1), 19-38. (In Persian).
- Khademi, B., Sheybani, H., & Borzu, A. (2016). Effect of selenium foliar application on quality traits and enzymatic activity of safflower under different soil moisture regimes in Varamin region. *Agronomic Research in semi Desert Regions*, 12(3), 183-196. (In Persian).
- Khalili, M., Naghavi, M.R., & Pour Aboughadareh, A.R. (2016). Evaluation of seed Yield and some Agronomic and morphological traits in spring safflower genotypes under irrigation and dryland condition. *Journal of Crop Breeding*, 7(16), 139-148. (In Persian).
- Kuznetsov, V.V., Kholodova, V.P., Kuznetsov, V.V., & Yagodin, B.A. (2003). Selenium regulates the water status of plants exposed to drought. *Doklady Biological Sciences*, 390, 266-268.
- Lehmann, S., Funck, D., Szabados, L., & Rentsch, D. (2010). Proline metabolism and transport in plant development. *Amino Acids*, 39, 949-962.
- Mahaveer, B.M., & Jaldappa, S. (2000). Spectrophotometric Determination of Selenium (IV) Using Methdilazine Hydrochloride. *Turkish Journal of Chemistry*, 24, 287-290.
- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plant*. Academic Press, London.
- Ministry of Agriculture-jahad. <https://zeraat.maj.ir/Dorsapax/userfiles/Sub56/A/marnamehj1-95-96-site.pdf>
- Misra, A., & Srivastava, N.K. (2000). Influence of water stress on Japanese Mint. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plant*, 7(1), 51-58.
- Moez-Ardalan, M., & Savaghebi-Firoozabadi, G. (2014). *Nutrition of fruit trees*. Tehran, Iran: Jahad Publication.
- Mohtashami, R., Dehnavi, M.M., Balouchi, H., & Faraji, H. (2020). Improving yield, oil content and water productivity of dryland canola by supplementary irrigation and selenium spraying. *Agricultural Water Management*, 232, 106046.
- Motakefi, M., Ghanbari, A., Moussavi Nik, S., & Sirousmehr, A. (2019). Effect of organic growth stimulator on yield, yield components, oil percentage and some physiological indices of canola under drought stress conditions. *Journal of Crop Improvement*, 21(4), 367-377. (In Persian)
- Mousavifar, B.A., Behdani, M.A., Jam Alahmadi, M.J., & Hosseini Bajd, M.S. (2010). Effects of limited irrigation on growth and yield of spring genotypes of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Birjand. *Journal of Agricultural Ecology*, 2(4), 639- 627. (In Persian).
- Naeem, M., Naeem, M. S., Ahmad, R., Ihsan, M. Z., Ashraf, M. Y., Hussain, Y., & Fahad, S. (2018). Foliar calcium spray confers drought stress tolerance in maize via modulation of plant growth, water relations, proline content and hydrogen peroxide activity. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(1), 116-131.

تأثیر محلول پاشی محرک رشد آلی بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گلرنگ در شرایط تنش خشکی

- Nawaz, F., Naeem, M., Ashraf, M.Y., Tahir, M.N., Zulfiqar, B., Salahuddin, M., Shabbir, R.N., & Aslam, M. (2016). Selenium supplementation affects physiological and biochemical processes to improve fodder yield and quality of maize (*Zea mays* L.) under water deficit conditions. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1438.
- Niakan, M., & Ghorbanli, M.L. (2007). Effect of drought stress on growth indices of photosynthetic factors and ionic content in aerial and underground of two soybean cultivars. *Vegetables*, 8(1), 17-30. (In Persian).
- Paliyath, G., & Thompson, J. E. (1987). Calcium and calmodulin regulated breakdown of phospholipid by microsomal from bean cotyledons. *Plant. Physiol.* 83, 63-68.
- Pezzarossa, B., Gorini, F., & Petruzzelli, G. (2014). Selenium distribution and bioavailability in contaminated sites: dynamics and bioavailability of malondialdehyde in the leaf zone. Taylor and Francis Group. UK. 93-128.
- Piekielek, W.P. & Fox, R.H. (1992). Use of a chlorophyll meter to predict side dress nitrogen requirements for maize. *Agronomy Journal*, 84(1), 59-65.
- Pirzad, A., Alyari, H., Shakiba, M. R., Zehtab-Salmasi, S., & Mohammadi, A. (2006). Essential oil content and composition of german chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) at different irrigation regimes. *Journal of Agronomy*, 5(3), 451-455. (In Persian).
- Prokopov, T.S. (1973). Spectrophotometric determination of calcium. *Microchimica Acta*. 61(3), 429-434.
- Rahmani, F., Sayfzadeh, S., Jabbari, H., Valadabadi, S. A., & Masouleh, E. H. (2019). Alleviation of drought stress effects on safflower yield by foliar application of zinc. *International Journal of Plant Production*, 13(4), 297-308.
- Roger, G. S. (2006). Development of a crop management program to improve the sugar-content and quality of rockmelons. Horticulture Australia Project Number: Vx00019.
- Sajedi, N.A., & Madani, H. (2017). Improvement of some physiological traits of yield and yield components of wheat and barley by using sodium selenite and sodium selenite in dryland conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, 11(1), 17-30. (In Persian).
- Sajedi, N., Cheraghi, A., Gomarian, M. (2014). Response of agronomic, physiological and quality characteristics of Rainfed chickpea to Salicylic Acid and Selenium. *Iranian Journal Pulses Research*, 5(2), 31-42.
- Sankar, B., Jaleel, C. A., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., & Panneerselvam, R. (2007). Drought-induced biochemical modifications and proline metabolism in *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. *Acta Botanica Croatica*, 66(1), 43-56.
- Sattar, A., Cheema, M. A., Abbas, T., Sher, A., Ijaz, M., & Hussain, M. (2017). Separate and combined effects of silicon and selenium on salt tolerance of wheat plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, 64(3), 341-348.
- Seppänen, M., Turakainen, M., & Hartikainen, H. (2003). Selenium effects on oxidative stress in potato. *Plant Science*, 165(2), 311-319.
- Seppänen, M.M., Ebrahimi, N., Kontturi, J., Hartikainen, H., Heras, I.L., Cámara, C., & Madrid, Y. (2018). Dynamics of selenium uptake and metabolism of organic selenium species in the leaves and seeds of *Brassica napus* L. *Agricultural and Food Science*, 27, 38-49.
- Soheili-Movahhed, S., Khomari, S., Sheikhzadeh, P., & 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.
- Soxhlet, F. (1879). Die gewichtsanalytische bestimmung des milchfettes. *Polytechnisches J*, 232, 461-465.
- Taheri, SH., Gholami, A., Abbasdokht, H., & Makarian, H. (2018). Alleviation of water deficit stress effects on safflower cultivars by seed priming. *Journal of Crop Improvement*, 20(2), 487-502. (In Persian).
- Tailin, X., Hartikainen, H., & Piironen, V. (2001). Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing Lettuce. *Plant and Soil*, 237, 55-61.
- Tanaka, D.L., Rivaland, N.B., Bergman, J.W., & Johnson, B.L. (2002). A description of safflower plant development stages. *United States Department of Agriculture*. Report 2.
- Ulhassan, Z., Gill, R.A., Ali, S., Mwamba, T.M., Ali, B., Wang, J., Huang, Q., Aziz, R., & Zhou, W. (2019). Dual behavior of selenium: insights into physio-biochemical, anatomical and molecular analyses of four *Brassica napus* cultivars. *Chemosphere*, 225, 329-341.
- Ünyayar, S., Keleş, Y., & Ünal, E. (2004). Proline and ABA levels in two sunflower genotypes subjected to water stress. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 30(3-4), 34-47.
- Van Oosterom, E. J., Weltzien, E., Yadav, O. P., & Bidinger, F. R. (2006). Grain yield components of pearl millet under optimum conditions can be used to identify germplasm with adaptation to arid zones. *Field Crops Research*, 96(2-3), 407-421.

- Wang, W., Vinocur, B., & Altman, A. (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218, 1-14.
- Xiao, X., Xu, X., & Yang, F. (2008). Adaptive responses to progressive drought stress in two *Populus cothayana* populations. *Silva Fennica*, 42, 705-719.
- Xue, T., Hartikainen, H., & Piironen, V. (2001). Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing lettuce. *Plant and Soil*, 237(1), 55-61.
- Yao, X., Chu, J., & Wang, G. (2009). Effects of selenium on wheat seedlings under drought stress. *Biological Trace Element Research*, 130(3), 283-290.
- Yao, X., Chu, J., He, X., & Ba, C. (2011). Protective Role of selenium in Wheat seedlings Subjected to Enhanced UVB Radiation. *Russian Journal of Plant Physiology*, 58, 283-289.
- Yonesi, A., SAarifzade, F., & Ahmadi, A. (2010). Effect of irrigation on grain yield, yield components and some germination characteristics grain sorghum (*Sorghum bicolor*) cultivars of kimia. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 41(1), 187-195. (In Persian).
- Yusefvand, P., Sajedi, N.A., & Mirzakhani, M. (2011). Effect of drought stress, zeolite and selenium on yield and yield components on sunflower. *New Findings in Agriculture*, 5(3), 325-339. (In Persian).
- Zafari, M., Ebadi, A., Sedghi, M., Jahanbakhsh, S., & Miransari, M. (2020). Alleviating effect of 24-epibrassinolide on seed oil content and fatty acid composition under drought stress in safflower. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10, 35-44.