# مطالعه پاسخ های فیزیولوژیکی و شاخص های رشد گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) با استفاده از پیش تیمار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم آبی

**عادل اسدزاده [۱]، محسن اخوت [*۲]**

۱-پژوهشگر دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲-دانش آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

[*] ایمیل نویسنده مسئول: mohsen.okhovat@modares.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۳/۲۰- تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۷/۳۰)

## چکیده

به منظور بررسی اثر پیش تیمار بذر گلرنگ رقم امید با اسید سالیسیلیک بر رشد گیاهچه، درصد و سرعت جوانه زنی، طول و وزن خشک گیاهچه مقدار پرولین و تغییر فعالیت آنزیم کاتالاز تحت شرایط تنش کم آبی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه علوم تکنولوژی بذر دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان دانشگاه تهران در سال ۱٤۰۲ به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل اسید سالیسیلیک در چهار مقدار (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی مولار) و تنش کم آبی در چهار مقدار (عدم تنش، منفی ۲ ، ٤، ٦ بار) بود. نتایج نشان داد که اثر اسید سالیسیلیک و تنش کم آبی بر درصد و سرعت جوانه زنی، طول و وزن خشک گیاهچه، میزان پرولین و فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار بود. تنش کم آبی تا سطح منفی ٤ بار سبب افزایش درصد و سرعت جوانه زنی، طول و وزن خشک گیاهچه و میزان پرولین و فعالیت آنزیم کاتالاز شد. هورمون اسید سالیسیلیک در غلظت یک میلی مولار بر افزایش صفات اندازه گیری شده (درصد و سرعت جوانه زنی، طول و وزن خشک گیاهچه، میزان پرولین و فعالیت آنزیم کاتالاز) تأثیرگذار بود. نتایج نشان داد که بهترین غلظت اسید سالیسیلیک برای مقابله با اثرات تنش کم آبی، غلظت یک میلی مولار در شرایط سطوح پایین تنش کم آبی (تا مقدار منفی٤ بار) بود. همچنین با افزایش سطوح تنش کم آبی تیمار کردن بذرها با هورمون اسید سالیسیلیک موثر نبود.

**کلمات کلیدی:** اسید سالیسیلیک، پرولین، تنش کم آبی، کاتالاز، گلرنگ

**مقدمه**

گلرنگ گیاهی علفی که به تیره کاسنی تعلق دارد. گلرنگ حاوی سطوح بالایی از ترکیبات آنتی اکسیدانی است، همچنین منبع غنی از ویتامین های ب کمپلکس، ویتامین ث و ویتامین ای است. محصولات تهیه شده از گل های آن به ویژه در درمان دردهای شدید قاعدگی زنان و تورم و دردهای ناشی از ضربه استفاده می شود (Paravr *et al.*, 2015). همچنین دانه های این گیاه به دلیل داشتن اسید های چرب اشباع و غیر اشباعی همچون لینولئیک اسید و اولئیک اسید و همچنین قابلیت کشت در مناطق خشک و نیمه خشک و تحمل انواع آب و هوا دارای جایگاه ویژه ای در صنعت کشاورزی میباشد به طوری که بیش از ۱۰۰۰۰۰۰ هکتار در جهان در حال کشت این محصول میاشد(Mosupiemang *et al.*, 2022).این گیاه عمدتاً به دلیل محتوای گل و روغن دانه آن کشت می شود. گلرنگ همچنین به عنوان روغن خوراکی، رنگ خوراکی، رنگ پارچه، خوراک حیوانات و پرندگان، داروها و تولید سوخت زیستی استفاده می شود، در میان تمامی این کشورها، قزاقستان، ایالات متحده آمریکا، مکزیک، هند، ترکیه و چین بالاترین تولیدکنندگان گلرنگ هستند. همچنین به دلیل تقاضای زیاد برای روغن آن، کشت گلرنگ برای جبران کمبود روغن غذایی افزایش یافته است (Mani *et al.*, 2020). تنش خشکی در صنعت کشاورزی به طور ویژه در مناطق گرم و خشک یکی از مهمترین علت های کاهش میزان محصولات کشاورزی در این مناطق میباشد که این موضوع با افزایش گرمایش جهانی به مشکلی جهانی تبدیل شده است که همین موضوع پژوهشگران این حوزه را به منظور ارائه راهکاری مفید به تکاپو وا داشته است (Bahrami *et al.*, 2014; Lobell *et al.*, 2008). جوانه زنی و استقرار گیاهچه اهمیت ویژه ای در تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح دارد. بنابراین بذرهایی که بتوانند در مرحله جوانه زنی واکنش مناسبی نسبت به تنش خشکی نشان دهند در مرحله گیاهچه ای رشد بهتری داشته و سیستم ریشه ای توسعه یافته تری را تولید می کنند. کاهش پتانسیل آب خاک موجب تاخیر و کاهش جوانه زنی و استقرار گیاهان می گردد(Khaeim *et al.*, 2022). تحقیقات اخیر نشان داده است که علاوه بر تغییرات فیزیولوژیک که در اثر کمبود آب در گیاه ایجاد می شود صدمات ناشی از اکسیداتیو نیز از عوامل مهم محدود کننده رشد و تولیدات گیاهی است که در اثر نبود شرایط مناسب ایجاد می شود. در شرایط تنش در سطح سلول، بیشترین صدمه به گیاه ناشی از صدمات اکسیداتیو است(Mishra *et al.*, 2023) . از اینرو ارتباط قوی بین تحمل به تنش های اکسیداتیو که به دلیل تنش‌های محیطی ایجاد می شود و افزایش غلظت آنزیم های آنتی اکسیدانت در گیاهان فتوسنتز کننده وجود دارد(Syman *et al.*, 2024). اسید سالیسیلیک یکی از ترکیبات فنلی است که در گیاهان تولید می‌شود. ترکیبات این گروه می‌توانند به عنوان تنظیم کننده‌های رشد عمل کنند همچنین به عنوان یکی از اجزای مهم مکانیسم های دفاعی گیاه در برابر محرک های محیطی شناخته شده است. در گیاهان تحت تنش، مستند شده است که می تواند به طور موثری تعداد زیادی از فرآیندهای متابولیک از جمله تقویت سیستم دفاعی اکسیداتیو را با محدود کردن مستقیم یا غیرمستقیم تجمع رادیکال های فعال

نیتروژن و اکسیژن تعدیل کند (Kaya *et al*., 2023). اخیراً تحقیقات زیادی بر نقش سالیسیلیک اسید به عنوان یک ملکول پیام رسان مهم در واکنش گیاه به عوامل بیماری‌زا انجام شده است (Arif *et al*., 2020; Ding & Ding, 2020; Peng *et al*., 2021; Sharma *et al*., 2020). مطالعات نشان داده است که سالیسیلیک اسید یک ترکیب آنتی اکسیدانت و از جمله یکی از هورمون¬های گیاهی قابل حل در آب است. همچنین به نظر میرسد سالیسیلیک اسید نقش عمده ای در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در طی حیات گیاه تحت تنش های زنده و غیر زنده داشته است (Kaya *et al*., 2023). پرولین یکی از اسید آمینه های فعال در پدیده تنظیم اسمزی است که در ایجاد و حفظ فشار اسمزی درون گیاه نقش بسزایی دارد و گیاه با تجمع پرولین، پلی آمین، ترهالوز و با افزایش فعالیت آنزیمی نیترات ردوکتاز، افزایش ذخیره سازی کربوهیدرات ها و پروتئین سازی، می تواند در برابر تنش کم آبی ایجاد شده، مقاومت کند (Zia *et al*., 2021). با توجه به این که تنش کم آبی از عوامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی محسوب می شود. تحقیق درباره ساز و کار مقاومت گیاهان به کم آبی حائز اهمیت است. در این میان استفاده از پیش تیمارهای بذر با استفاده از تنظیم کننده های رشد گیاهی در بهبود و رفع آثار کم آبی در گیاهان سودمند است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر تیمار بذر گلرنگ رقم امید با غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک بر سبز شدن رشد گیاهچه گلرنگ تغییرات آنزیمی و محتوای پرولین تحت شرایط تنش کم آبی است.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱٤۰۲ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان دانشگاه تهران واقع در کیلومتر ۲٤ بزرگراه امام رضا (ع)، پاکدشت، به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل اسید سالیسیلیک با جرم مولکولی ۱۳۸ g.mol$^{-1}$ در چهار مقدار (صفر، ۰/۵ و ۲ میلی مولار و پتانسیل آب در چهار مقدار (صفر، ۲- ، ٤- و ٦- بار بودند. برای انجام آزمایش، کلیه ظروف و سپس بذرها به طور کامل ضد عفونی شدند. برای این منظور بذرهای گلرنگ رقم امید ( Carthamus tinctorius) از مرکز تحقیقات کشاورزی استان تهران تهیه شد. به منظور اجرای آزمایش بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم سه درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و پس از آن چند بار با آب مقطر شستشو گردیدند. برای پیش تیمار بذر با محلول اسید سالیسیلیک خلوص ۹۹ درصد بذرها به مدت ٦ ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتگراد، درون محلول اسید سالیسیلیک با غلظت (صفر، ۰/۵ ، ۱ و ۲ میلی مولار قرار گرفتند(Paravar *et al*., 2019). پس از آن بذرها تا قبل از آزمون جوانه زنی به مدت ۳٦ ساعت در دمای اتاق خشک شدند. برای ایجاد تنش اسمزی محلول پلی اتیلن گلیکول ٦۰۰۰ نیز با استفاده از روش میشل کافمن از رابطه (۱) به دست آمد. که در آن Φ پتانسیل اسمزی ، C غلظت پلی اتیلن گلیکول ٦۰۰۰ بر حسب گرم در لیتر و T دما بر حسب سانتی گراد می باشد :

(۱)

$$\Phi = -(1.8\times10^{-2})C - (1.8\times10^{-4})c^2+(2.67\times10^{-4})ct+(8.39\times10^{-7})c2T$$

برای ایجاد پتانسیل صفر از آب مقطر استفاده گردید. به منظور انجام آزمون جوانه زنی ۵۰ عدد بذر روی کاغذ صافی واتمن شماره دو قرار گرفت و سپس به هر پتری دیش ده میلی لیتر از محلول پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ با پتانسیل مربوطه افزوده شد به طوری که بذرها در تماس با محلول باشند(Paravar *et al.*, 2019). سپس پتری¬ها در دمای ۲۵ درجه سانتگراد و در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی قرار گرفتند. بذرهای جوانه زده هر روز با معیار جوانه زنی خروج ریشه چه به اندازه دو میلیمتر شمارش و ثبت شدند، بود. بذرها جهت جوانه زنی در داخل ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سانتگراد، رطوبت نسبی ۴۵ درصد و سیکل نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی قرار گرفتند (Paravar and Farahani, 2017). به منظور اجتناب از اثرات منفی تبخیر آب، میزان آب تبخیر شده با استفاده از ترازو تعیین و از طریق افزودن آب مقطر جبران گردید(Bukhtiar et al., 1990). شمارش بذرهای جوانه زده از روز دوم به صورت روزانه در ساعتی معین و به مدت ۱۴ روز انجام گردید(Paravar & Farahani, 2017). طول گیاهچه با استفاده از خط کش اندازه گیری شد و جهت اندازه گیری وزن خشک گیاهچه گیاه به طور کامل برداشت شد. و سپس در آون با دمای ۷۰ درجه سانتگراد و به مدت ۷۲ ساعت خشک و سپس وزن شدند. به منظور تعیین فعالیت آنزیم¬های آنتی اکسیدانت گیاهچه ها در شرایط مختلف و تیمارهای مختلف در نیتروژن مایع منجمد شده و تا زمان اندازه گیری در دمای ۸۰ سانتگراد نگهداری شدند (Tabatabaei, 2014). درصد جوانه زنی از رابطه (۲) محاسبه شد که در آن GP درصد جوانه زنی، که تعداد بذر جوانه زده بر تعداد کل بذور می باشد(Saleem *et al.*, 2023).

$$GP=100\frac{s}{t} \qquad (۲)$$

سرعت جوانه زنی نیز از رابطه (۳) محاسبه شد. که در این رابطه GR سرعت جوانه زنی ni تعداد بذور جوانه زده در روز di زمان پس از کاشت مرتبط با ni بر حسب روز است .

$$GR=\sum_{di}^{ni}\frac{ni}{di} \qquad (۳)$$

برای اندازه گیری میزان پرولین ۰/۵ گرم از بافت تازه گیاهچه خرد شده و در ده میلی لیتر سولفات اسید سالیسیلیک ده درصد حل و سپس فیلتر شد. دو میلی لیتر از مایع فیلتر شده با دو میلی لیتر اسید ناین هیدرین و دو میلی لیتر استیک اسید مخلوط شد و به مدت یک ساعت در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه سانتگراد قرار داده شد. غلظت پرولین نمونه ها توسط دستگاه اسپکتوفتومتر بر اساس طول موج ۵۲۰ نانومتر محاسبه گردید (Nogues and Baker, 2000). فعالیت کاتالاز با روش اسپکتوفتومتری و بر کاهش جذب پراکسید هیدروژن در مدت ۳۰ ثانیه در طول موج ۲۴۰ نانومتر اندازه گیری شد. مخلوط واکنش حاوی بافر فسفات پتاسیم پنج میلی مولار با اسیدیته ۷ آب اکسیژنه ۱۵ میلی مولار و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود واکنش با اضافه کردن $H_2O_2$ آغاز شد و کاهش جذب ثانیه اندازه گیری گردید. مقدار در مدت ۳۰ دقیقه پراکسید هیدروژن تجزیه شده با مقایسه منحنی استاندارد محاسبه شد(Dhindsa *et al.*, 1981). داده ها به وسیله نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین¬ها با آزمون چند دامنه ای دانکن

در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات تنش کم آبی و پیش تیمار بذر برای کلیه صفات اندازه گیری شده از قبیل درصد و سرعت جوانه زنی طول و وزن خشک گیاهچه، پراکسیداسیون لیپید آنزیم کاتالاز و پرولین در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود و همچنین اثر متقابل تنش کم آبی و پیش تیمار بذر برای کلیه شاخص های اندازه گیری شده در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱).

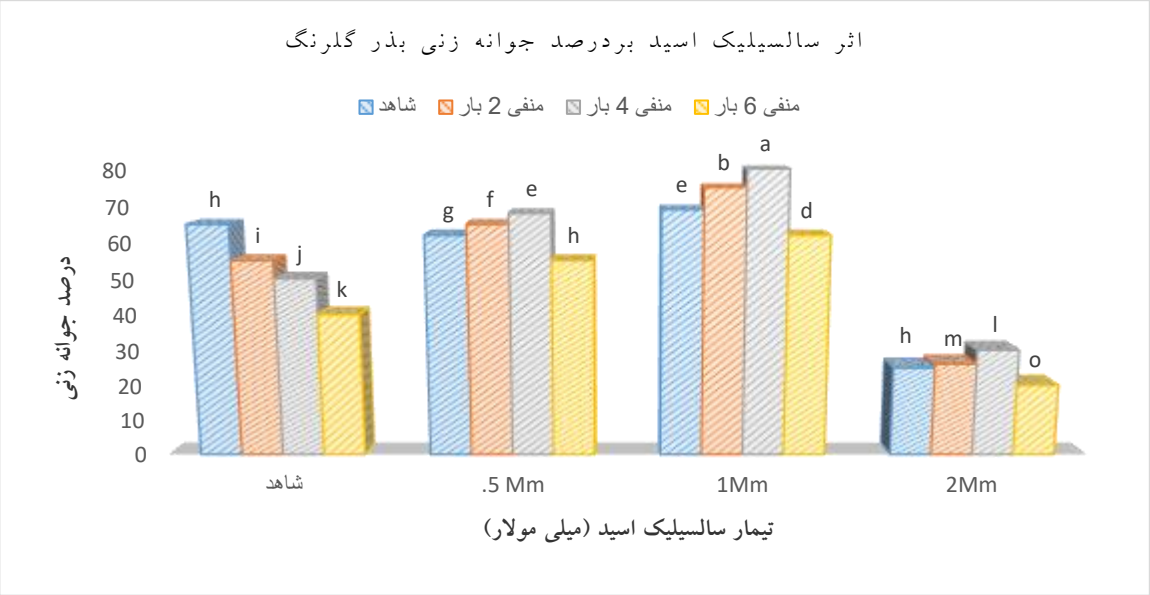
### درصد جوانه زنی

در تنش کم آبی ٤- بار بیشترین و تنش کم آبی ٦- بار کمترین جوانه را دارا بودند. به طور کلی با افزایش تنش کم آبی تا ٦- بار روند کاهشی در درصد جوانه زنی مشاهده گردید شکل (۱) چنین به نظر می‌رسد که کاهش میزان جوانه زنی را می¬توان به کاهش سرعت جذب اولیه آب نسبت داد. تنش کم آبی با محدود کردن جذب آب توسط بذر تأثیر بر حرکت انتقال ذخایر بذر و با تأثیر مستقیم بر ساختمان آن بیشتر پروتئین در جنین، جوانه زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Fernandez, 1993). بنابراین کاهش جذب آب توسط بذر در اثر تنش کم آبی می تواند منجر به کاهش فرایندهای متابولیک و فیزیولوژیک بذر شده و در نتیجه مواد مورد نیاز رشد بذر را با مشکل روبرو سازد (Parvar *et al*., 2019). بیشترین و کمترین درصد جوانه زنی در تیمار یک میلی مولار و دو میلی مولار اسید سالیسیلیک مشاهده گردید. کاهش درصد جوانه زنی در بذرهای تیمار نشده با بیشتر شدن تنش کم آبی مشاهده شد. در حالی که پیش تیمار بذرها با اسید سالیسیلیک موجب افزایش درصد جوانه زنی در شرایط تنش کم آبی تا منفی ٤ بار شد و در شرایط تنش کم آبی ٦- بار درصد جوانه زنی کاهش یافت. هم چنین بذرهای تیمار شده در غلظت دو میلی مولار اسید سالیسیلیک درصد جوانه زنی کمتری را در شرایط تنش نسبت به بذرهای پیش تیمار نشده داشت. بیشترین درصد جوانه زنی در بذرهای تیمار شده گلرنگ در شرایط ۱ میلی مولار در تنش کم آبی منفی ٤ بار ۹۳ درصد مشاهده شد. در حالی که شرایط تنش کم آبی منفی ٦ بار در غلظت دو میلی مولار اسید سالیسیلیک کمترین میزان درصد جوانه زنی ۳۳ درصد را داشت (شکل ۱) بنابراین می¬توان بیان کرد که در تنش شدید تیمار بذر با اسید سالیسیلیک موثر نیست. مطالعات نشان داده است که بیشترین و کمترین میزان جوانه زنی بذرهای جو به ترتیب در سطح یک و صفر میلی مولار مشاهده شد و با بیشتر شدن غلظت اسید سالیسیلیک، درصد جوانه زنی کاهش یافت (El-Tayeb, 2005) . مطالعات نشان داده است که استفاده از اسید سالیسیلیک بیش از یک میلی مولار اثر کاهنده بر درصد جوانه زنی گیاه کلزا داشت و میزان کمتر از آن باعث افزایش درصد جوانه زنی شد (Tahmasebi *et al*., 2017).

جدول۱- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در گیاه گلرنگ

| منابع تغییر | درجه آزادی | درصد جوانه زنی | سرعت جوانه زنی | طول گیاهچه | وزن خشک | پرولین | آنزیم کاتالاز |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تنش کم آبی | ۳ | ٤٠٤٦/٥** | ۲/۳٤** | ۲/٥۷** | ۰/۰۰۱** | ۰/۰۰۱** | ۸٥٥/٦۸** |
| سالسیلیک اسید | ۳ | ۱٤۱/۲** | ۰/٥۷** | ۱/۱۲** | ۰/۰۰۹** | ۰/۰۰۰۱** | ۷۷/٦۸** |
| سالیسیلیک×تنش کم آبی | ۹ | ۸۰/٦** | ۰/۰٥۹** | ۰/٦٥** | ۰/۰۰۱** | ۰/۰۰۰۱** | ۰/۰۰۰۱ |
| خطای آزمایش | ۳۲ | ۱/۱٤ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۲ | ۰/۰۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۰۱ | ۱/۰۱ |
| ضریب تغییرات (درصد) | - | ۱/٥۷ | ۲/۲ | ۳/۷۳ | ۲/۸٤ | ٤/۰٦ | ٥/۰٤ |

**: معنی داری در سطح یک درصد




**شکل ۱- اثر متقابل مصرف اسید سالیسیلیک و خشکی بر درصد جوانه زنی بذر گلرنگ در شرایط تنش کم آبی (متغییر هایی که با حروف مشابه نشان داده شده اند معنی‌دار نیستند)**

**سرعت جوانه زنی**

در تنش تنش کم آبی منفی ٤ بار بیشترین و تنش تنش کم آبی منفی ٦ بار کمترین سرعت جوانه زنی مشاهده شد. بیشترین سرعت جوانه زنی برای شرایط تنش منفی ٤ بار و کمترین آن برای تنش کم آبی منفی ٦ بار مشاهده شد( شکل ۲). بسیاری از آزمایش¬ها نیز کاهش سرعت جوانه زنی را در اثر اعمال تنش کم آبی گزارش کردند (Paravar *et al.*, 2019).

کاهش سرعت جوانه زنی به دلیل آن است که تنش باعث افزایش فشار اسمزی در محیط اطراف بذر یا ریشه چه گیاه می¬شود که در این صورت جذب

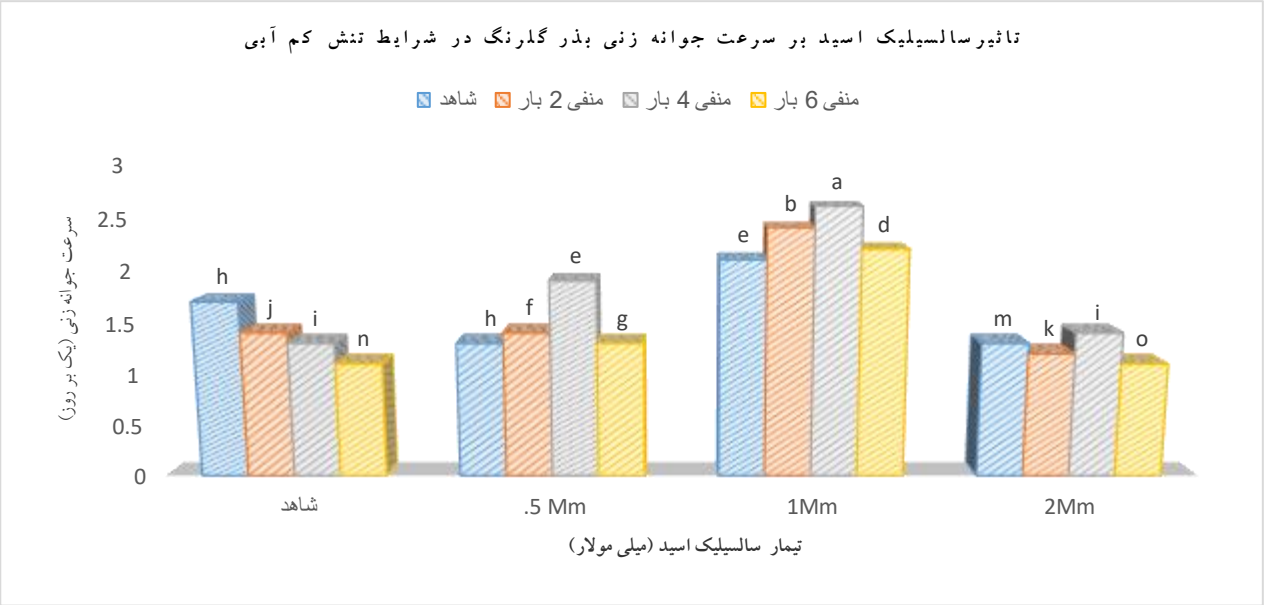
آب توسط بذر یا ریشه با مشکل مواجه می‌گردد (Saeidi *et al*., 2007).

در پیش تیمار یک میلی مولار و دو میلی مولار الیسیلیک اسید به ترتیب بیشترین و کم ترین سرعت جوانه زنی مشاهده شد. بذرهای تیمار نشده در شرایط کنترل شده نسبت به شرایط تنش کم آبی سرعت جوانه زنی بیشتری داشتند. افزایش سرعت جوانه زنی در بذرهای تیمار شده نسبت به بذرهای تیمار نشده مشاهده شد. اما میزان سرعت جوانه زنی بذرهای تیمار شده با غلظت دو میلی مولار اسید سالیسیلیک کمتر از بذرهای پرایم نشده در شرایط تنش کم آبی بود. البته بیشترین سرعت جوانه زنی در پیش تیمار یک میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط منفی ٤ بار ٦/٢) بذر جوانه زده در روز) و کم ترین آن در شرایط تنش منفی ٦ بار در پیش تیمار دو میلی- مولار اسید سالیسیلیک (۳/۱) بذر جوانه زده در روز) مشاهده شد( شکل۲). بنابراین می¬توان بیان کرد که در تنش شدید تیمار بذر با اسید سالیسیلیک موثر نیست. چنین به نظر می‌رسد که اختلال در جذب آب به دلیل اعمال تنش خشکی باعث کاهش جذب آب و انتقال مواد غذایی از لپه ها شده که در نهایت منجر به کاهش سرعت جوانه زنی می‌گردد (Paravar *et al*., 2019).

**طول گیاهچه**

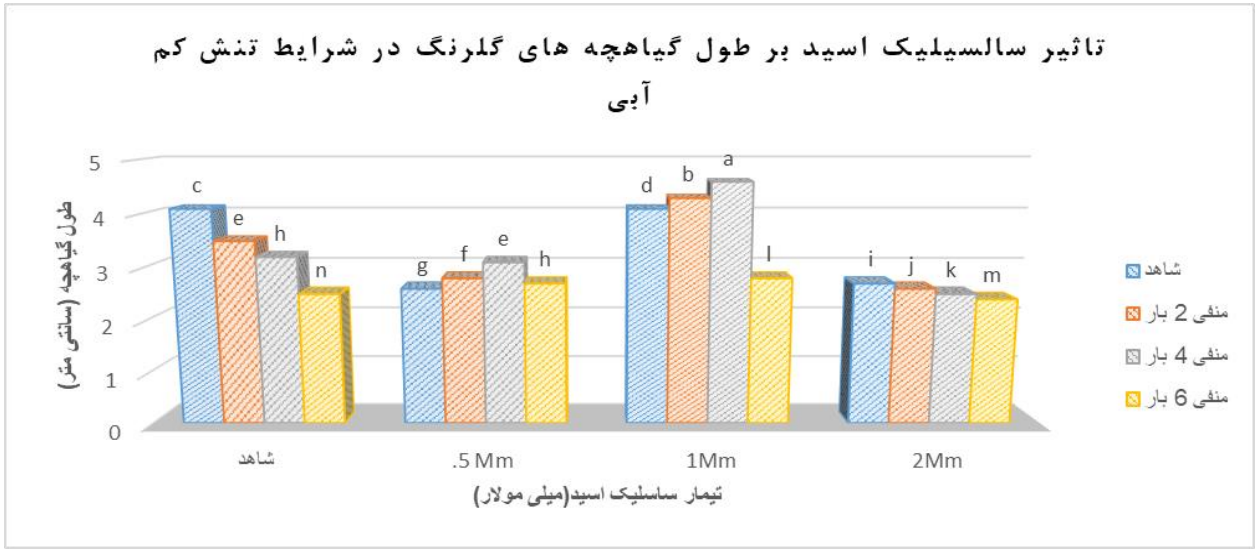
طول گیاهچه در تنش کم آبی منفی ٦- بار کمترین طول گیاهچه مشاهده شد (شکل ۳) توسعه رشد طولی گیاهچه از مکانیزم های مهم و اولیه در مواجه با تنش کم آبی است. که ژنوتیپ¬هایی که رشد گیاهچه بیشتری داشته باشند میتواند بر روی قابلیت تأمین آب برای فعالیت گیاهی تحت شرایط تنش کم آبی تأثیر گذاشته و گیاه را از اثرات مخرب تنش مصون دارد (Balouchi, 2010).

اعمال پتانسیل آب و در نتیجه بروز تنش کم آبی باعث کاهش جذب آب به وسیله بذر شده که این امر باعث اختلال در ترشح هورمون¬ها و فعالیت آنزیم¬های موثر در جوانه زنی و رشد بذر شده که در نهایت منجر به کاهش طول گیاهچه می¬گردد. بیشترین و کمترین طول گیاهچه به ترتیب در غلظت یک میلی مولار و دو میلی مولار اسید سالیسیلیک مشاهده شد. مقدار طول گیاهچه بذرهای تیمار نشده با افزایش تنش کم آبی کاهش یافت در حالی که مقدار طول گیاهچه بذرهای تیمار شده با اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم آبی تا منفی ٤ بار افزایش یافت. بذرهای تیمار شده در غلظت دو میلی مولار اسید سالیسیلیک مقدار طول گیاهچه کمتری را نسبت به غلظت بذرهای تیمار نشده داشتند. بذرهای گلرنگ رقم امید در یک میلی مولار اسید سالیسیلیک در تنش خشکی ٤ بار بیشترین طول گیاهچه ۵/۷ سانتی متر و کمترین طول گیاهچه را در غلظت ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک ۳/٤۷ سانتی متر در شرایط تنش منفی ٦ بار داشت (شکل ۳). نتایج نشان می¬دهد که با افزایش سطوح تنش کم آبی تیمار کردن بذرها با اسید سالیسیلیک موثر نیست.




**شکل ۲- اثر متقابل مصرف اسید سالیسیلیک و خشکی بر سرعت جوانه زنی بذر گلرنگ در شرایط تنش کم آبی**

**(متغییر هایی که با حروف مشابه نشان داده شده اند معنی‌دار نیستند)**




**شکل ۳- اثر متقابل مصرف اسید سالیسیلیک و خشکی بر طول گیاهچه گلرنگ در شرایط تنش کم آبی**

**وزن خشک گیاهچه**

وزن خشک گیاهچه در تنش کم آبی منفی ٤ بار بیشترین و منفی ٦ بار کمترین مقدار وزن خشک گیاهچه مشاهده شد (شکل ٤) . مطالعات نشان داده است که کاهش وزن خشک گیاهچه در اثر افزایش تنش کم آبی امری طبیعی است (Paravar *et al.*, 2019). مقدار وزن خشک گیاهچه در غلظت یک میلی مولار و دو میلی مولار اسید سالیسیلیک به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار طول گیاهچه را داشت. مقدار وزن خشک گیاهچه بذرهای تیمار نشده با بیش تر شدن تنش کم آبی کاهش یافت در حالی که بذرهای تیمار شده با اسید سالیسیلیک بیش ترین مقدار وزن خشک گیاهچه را تا سطح تنش خشکی منفی ٤ بار داشتند. بذرهای تیمار شده در غلظت ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک مقدار وزن خشک گیاهچه کمتری را نسبت به بذرهای تیمار نشده در شرایط تنش کم آبی داشتند. بیشترین مقدار وزن خشک گیاهچه در یک میلی مولار اسید سالیسیلیک تحت تنش منفی ٤ بار (۰/۰۱۷ گرم) و کمترین در غلظت دو میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش ٦ بار (۰/۰۲٤ گرم) مشاهده شد (شکل ٤). نتایج بدست آمده در این شاخص همانند نتایج فوق می¬باشد که در شرایط تنش شدید پیش تیمار کردن بذرها با اسید سالیسیلیک موثر نیست. مشابه این نتایج پژوهشی نیز افزایش وزن خشک گیاهچه را در شرایط پیش تیمار با اسید سالیسیلیک اثبات کرده است (Tabatabaei, 2014).

**فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاهچه**

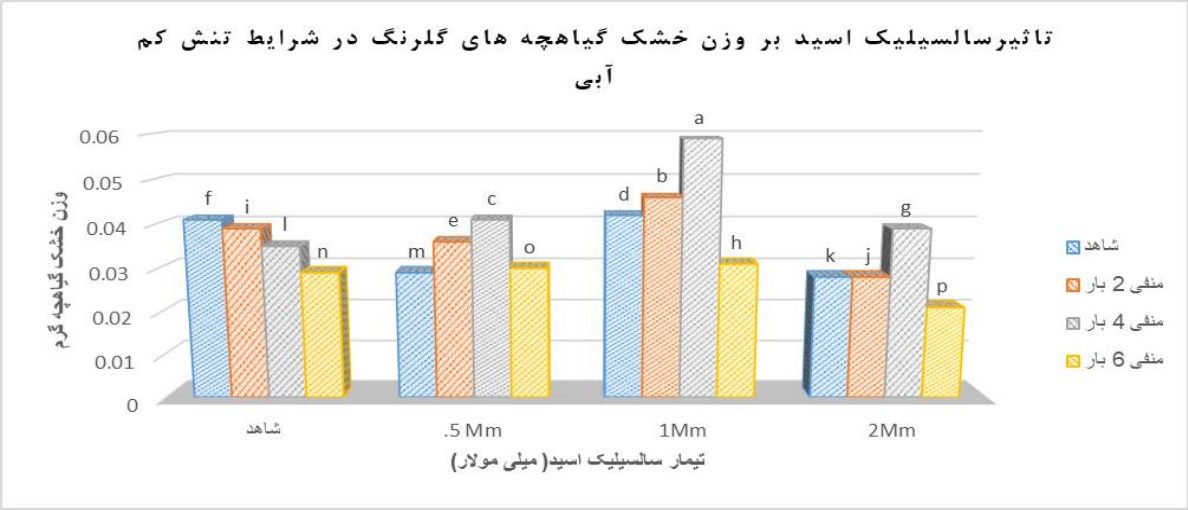
فعالیت آنزیم کاتالاز در بذرهای تیمار شده در شرایط تنش کم آبی تا سطح منفی ٤ بار افزایش یافت در حالی که در بذرهای تیمار نشده با افزایش تنش کم آبی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز کاهش یافت. بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز در غلظت ۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک در تنش کم آبی منفی ٤ بار و کمترین آن در بذرهای تیمار نشده در شرایط تنش منفی ٦ بار مشاهده شد. (شکل ٦) نتایج بازگوکننده این است که با افزایش سطوح تنش کم آبی تیمار کردن بذرها لازم نیست چون حتی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در این شرایط پایین است. تنش از مهمترین عواملی است که سبب تولید رادیکال های آزاد اکسیژن و پراکسید هیدروژن می¬شود. در واقع آنزیم کاتالاز این مولکول را تبدیل به آب میکند. همچنین افزایش فعالیت آنزیم¬های آنتی اکسیدان در شرایط تنش می¬تواند شاخصی برای افزایش تولید رادیکال¬های آزاد اکسیژن در نظر گرفته شود، به طوری که افزایش فعالیت آنزیم های مذکور در شرایط تنش خشکی و شوری گزارش شده است (Tabatabaei, 2014).

**میزان پرولین گیاهچه**

پرولین در تنش کم آبی منفی ٤ بار بیشترین و تنش کم آبی منفی ٦ بار کمترین مقدار پرولین مشاهده شد (شکل ۵) پرولین به عنوان یک ماده محافظت کننده غیر سمی برای تنظیم اسمزی در شرایط تنش کم آبی و سایر تنشهای محیطی مطرح است. از سوی دیگر پرولین تجمع یافته در گیاهان باعث افزایش ظرفیت پاد اکسایشی و خنثی سازی رادیکال¬های آزاد هیدروکسیل می¬شود، بنابراین به نظر میرسد. تجمع آمینو اسید پرولین به عنوان ساز و کاری مؤثر جهت کاهش فعالیت رادیکالهای آزاد اکسیژن و حفظ محتوای آب گیاه تحت شرایط خشکی مطرح باشد. بنابراین بیشترین مقدار پرولین را بذرهای تیمار شده با اسید سالیسیلیک نسبت به بذرهای تیمار نشده داشتند. این ماده پرولین یک ترکیب مهم در طیف واکنشهای میانجی گیری و القاء شده با اسید سالیسیلیک در گیاهان در پاسخ به تنش کم آبی است. که هم در القاء اثرات مخرب عوامل تنش و هم در تسریع ترمیم و انجام

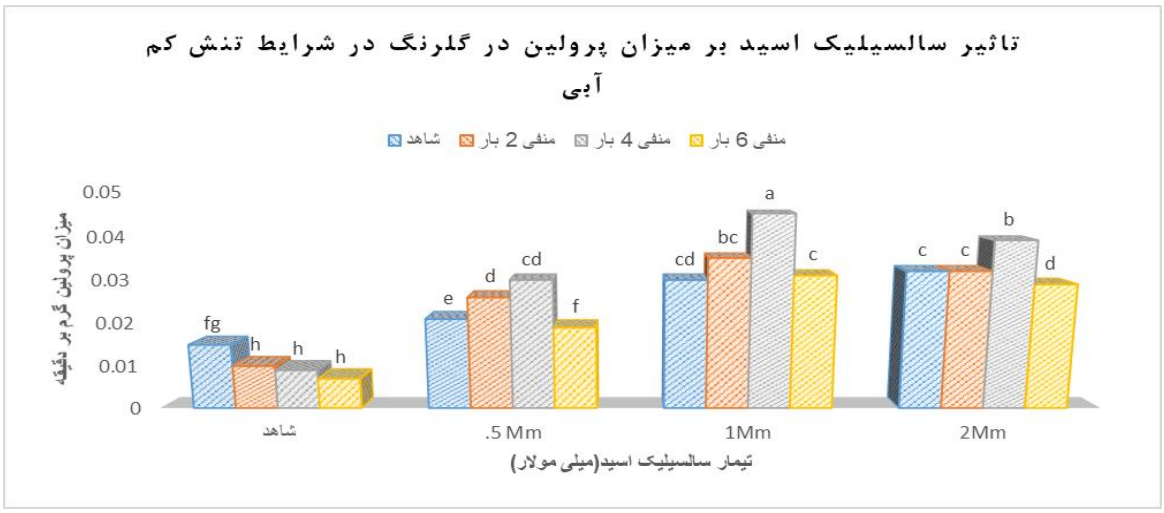
متابولیسم¬ها در گیاهان همکاری می‌کند. (Rahimi-Tashi & Niknam, 2015)

بذرهای تیمار شده با اسید سالیسیلیک بیشترین مقدار پرولین را در شرایط تنش نسبت به بذرهای تیمار نشده داشت. به طوری که در بذرهای تیمار نشده با افزایش تنش کم آبی مقدار پرولین کاهش یافت. اما در بذرهای تیمار نشده تا سطح تنش کم آبی منفی ٤ بار افزایش مقدار پرولین مشاهده شد. بیش ترین مقدار پرولین در بذرهای تیمار شده در غلظت ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک در تنش خشکی ٤- بار ۰/۰۵ میلی گرم بر دقیقه و کمترین آن در بذرهای تیمار نشده گلرنگ رقم امید در تنش خشکی ٦- بار (۰/۰۰۸ میلی گرم بر دقیقه) مشاهده شد (شکل ۵). نتایج مشابه با این پژوهش گزارش کرد که استفاده از اسید سالیسیلیک در بذرهای سیاهدانه منجر به افزایش مقدار پرولین در شرایط تنش گردید (Tabatabaei, 2014).



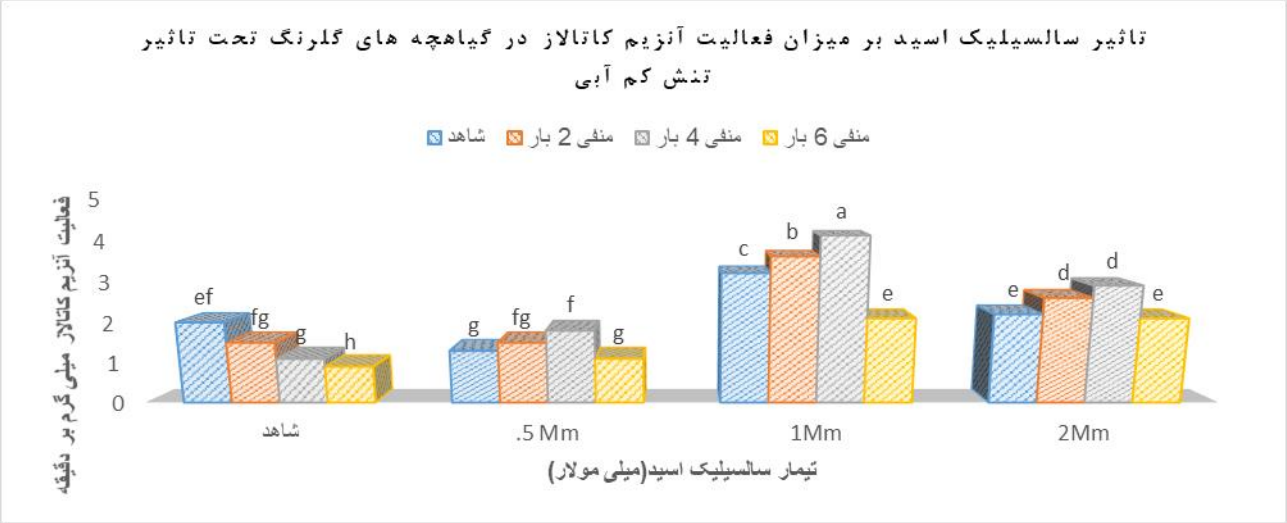

**شکل ٤- اثر متقابل مصرف اسید سالیسیلیک و خشکی وزن خشک گیاهچه گلرنگ در شرایط تنش کم آبی**

**(متغییر هایی که با حروف مشابه نشان داده شده اند معنی‌دار نیستند)**




**شکل ۵- اثر متقابل مصرف اسید سالیسیلیک و خشکی بر میزان پرولین گیاهچه گلرنگ در شرایط تنش کم آبی**

**(متغییرهایی که با حروف مشابه نشان داده شده اند معنی‌دار نیستند)**




**شکل ٦- اثر متقابل مصرف اسید سالیسیلیک و خشکی بر میزان آنزیم گیاهچه گلرنگ در شرایط تنش کم آبی**

**(متغییرهایی که با حروف مشابه نشان داده شده اند معنی‌دار نیستند)**

## نتیجه‌گیری

تنش آبی تا سطح منفی ٤ بار سبب افزایش درصد و سرعت جوانه زنی طول و وزن خشک گیاهچه، پرولین و فعالیت آنزیم کاتالاز شد. استفاده از اسید سالیسیلیک سبب بهبود شاخص¬های جوانه زنی شد. اسید سالیسیلیک با افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و پرولین در شرایط تنش کم آبی می¬تواند تأثیرات مضر تنش کم آبی را کاهش دهد و سبب بهبود رشد گیاه در شرایط تنش شود. در این آزمایش، بهترین غلظت اسید سالیسیلیک برای مقابله با تأثیرات تنش کم آبی غلظت یک میلی مولار در شرایط تنش و نبود تنش بود و غلظت¬های کمتر و بیشتر از آن تأثیرات مثبت کمتری بر مقابله با تنش کم آبی ایجاد کردند.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از مسئولین دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان دانشگاه تهران جهت همکاری ابراز می دارند.

## REFERENCES

Arif, Y., Sami, F., Siddiqui, H., Bajguz, A., Hayat, S., 2020. Salicylic acid in relation to other phytohormones in plant: A study towards physiology and signal transduction under challenging environment. *Environ. Exp. Bot*. 175, 104040.

Bahrami, F., Arzani, A., Karimi, V., 2014. Evaluation of yield-based drought tolerance indices for screening safflower genotypes. *Agron. J*. 106, 1219–1224.

Balouchi, H.R., 2010. Screening wheat parents of mapping population for heat and drought tolerance, detection of wheat genetic variation. *Int. J. Nucl. Quantum Eng*. 4, 431–441.

Bukhtiar, B.A., Abdu-Shakra, S., Kausar, A.G., 1990. Drought tolerance in lentil. II. *Differential genotypic response to drought*.

Dhindsa, R.S., Plumb-Dhindsa, P., Thorpe, T.A., 1981. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *J. Exp. Bot*. 32, 93–101.

Ding, P., Ding, Y., 2020. Stories of salicylic acid: a plant defense hormone. *Trends Plant Sci*. 25, 549–565.

El-Tayeb, M.A., 2005. Response of barley grains to the interactive e. ect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regul*. 45, 215–224.

Fernandez, G.C.J., 1993. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance.

Kaya, C., Ugurlar, F., Ashraf, M., Ahmad, P., 2023. Salicylic acid interacts with other plant growth regulators and signal molecules in response to stressful environments in plants. *Plant Physiol. Biochem*. 196, 431–443.

Khaeim, H., Kende, Z., Jolánkai, M., Kovács, G.P., Gyuricza, C., Tarnawa, Á., 2022. Impact of temperature and water on seed germination and seedling growth of maize (Zea mays L.). *Agronomy* 12, 397.

Lobell, D.B., Burke, M.B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M.D., Falcon, W.P., Naylor, R.L., 2008. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science* (80-. ). 319, 607–610.

Mani, V., Lee, S.-K., Yeo, Y., Hahn, B.-S., 2020. A metabolic perspective and opportunities in pharmacologically important safflower. *Metabolites* 10, 253.

Michel, B.E., Kaufmann, M.R., 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiol*. 51, 914–916.

Mishra, N., Jiang, C., Chen, L., Paul, A., Chatterjee, A., Shen, G., 2023. Achieving abiotic

stress tolerance in plants through antioxidative defense mechanisms. *Front. Plant Sci*. 14, 1110622.

Mosupiemang, M., Emongor, V.E., Malambane, G., 2022. A review of drought tolerance in safflower. Int. *J. Plant Soil Sci* 34, 140–149.

Nogues, S., Baker, N.R., 2000. Effects of drought on photosynthesis in Mediterranean plants grown under enhanced UV-B radiation. *J. Exp. Bot*. 51, 1309–1317.

Noorafkan, Shahmoradi, 2014. The effect of pretreatment with nano iron chelate and salicylic acid on germination and growth of lentils under salt stress. *Crop Ecology* 10, 65–

Parvar, Arezo, Farahani, M., Nejad, A., Sadat, N., Sadeghi, 2019. The effect of salicylic acid pretreatment and drought stress on seed germination and some germination and physiological characteristics of Echinacea purpurea (local mass of chelate). *Iranian Seed Science and Research* 6, 177–187.

Paravar, A., Farahani, S.M., 2017. Effect of time and priming temperature on germination of coneflower (Echinacea cprupurea) under salinity stress.

Paravar, A., Farehani, S.M., Esanezhad, N.S., Sadeghi, R., 2019. Effect of priming by salicylic acid and drought stress on seed germination and some physiological characteristics of (Echinacea angustifolia) seedling (Kalat Landrace).

Paravr, A., Omidi, H., Esanejad, N., Amirzadeh, M., 2015. Effect hydropriming seed germination and seedling growth coneflower (Echinaceac prupurea) under salt stress. *J. Seed Ecophysiol*. 1, 57–69.

Peng, Y., Yang, J., Li, X., Zhang, Y., 2021. Salicylic acid: biosynthesis and signaling. Annu. *Rev. Plant Biol*. 72, 761–791.

Rahimi-Tashi, T., Niknam, V., 2015. Evaluation of salicylic acid pretreatment and salinity stress on some physiological and biochemical parameters in Triticum aestivum L. Iran. *J. Plant Biol.* 28, 297–306.

Saeidi, M., Ahmadi, A., Poustini, K., Jhansoz, M.R., 2007. Evaluation of germination traits of different genotypes of wheat in osmotic stress situation and their correlations with speed of emergence and drought tolerance in Farm situation.

Saleem, R., Campbell, S., Fletcher, M.T., Kalaipandian, S., Adkins, S., 2023. Factors affecting the germination ecology of Pimelea trichostachya and its relationship to field emergence. *Plants* 12, 2112.

Sharma, A., Sidhu, G.P.S., Araniti, F., Bali, A.S., Shahzad, B., Tripathi, D.K., Brestic, M., Skalicky, M., Landi, M., 2020. The role of salicylic acid in plants exposed to heavy metals. *Molecules* 25, 540.

Syman, K., Turpanova, R., Nazarova, G.A., Berdenkulova, A.Z., Tulindinova, G.K., Korogod, N.P., Izbassarova, Z.Z., Aliyeva, Z.G., Utegaliyeva, R., 2024. Role of oxidative stress enzymes in abiotic and biotic stress. Casp. *J. Environ*. Sci. 22, 521–528.

Tabatabaei, S.A., 2014. Effect of salicylic acid pretreatment of barley seed on seedling growth, proline content and antioxidant enzymes activity under drought stress. *J. Crop. Improv*. 16, 475–486.

Tahmasebi, Sajedi, Ali, N., Shoaei, 2017. Study of the effect of different solutions and seed priming treatments on germination, agronomic and quality characteristics of red bean genotypes. *Iranian Legume Research* 8, 60–72.

Zia, R., Nawaz, M.S., Siddique, M.J., Hakim, S., Imran, A., 2021. Plant survival under drought stress: Implications, adaptive responses, and integrated rhizosphere management strategy for stress mitigation. *Microbiol. Res*. 242, 126626.

.

**Sustainable Agricultural Science Research /Vol. 4/No. 3/Fall 2024/P: 22 -35**

**https://www.sarj.iauk.ac.ir**

# Studying The Physiological Responses and Growth Index of Safflower *(Carthamus tinctorius)* Using Salicylic Acid Priming On The Water Shortage Stress Condition.

**Adel Asadzadeh [1], Mohsen okhovat[2*]**

[1] Researcher at Aburihan Faculty of Agricultural Technology, University of Tehran, Tehran, Iran

[2] Master of Biosystem Mechanical Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

* Corresponding Author's Email: mohsen.okhovat@modares.ac.ir

(Received: June. 9, 2024 – Accepted: October. 21, 2024)

## ABSTRACT

In order to investigate the effect of priming seeds of safflower (Carthamus tinctorius) var. Omid with salicylic acid on seedling growth, germination percentage and speed seedling, length and dry weight, proline content and change in catalase enzyme activity under water stress conditions. A factorial experiment was conducted in a completely randomized design with Three treatment were carried out in the Seed Technology Science Laboratory of Aburihan Faculty of Agricultural Technology, University of Tehran in 2024. The test treatments included salicylic acid in four values (zero, 0.5, 1 and 2 mM) and water shortage stress in four values (no stress, minus 2, 4, 6 bar). The results showed that the effect of salicylic acid and water shortage stress had a significant effect on germination percentage and speed, seedling length and dry weight, proline content and catalase enzyme activity. water shortage stress up to negative level 4 times increased germination percentage and speed, length and dry weight, seedling and proline content and catalase enzyme activity. Salicylic acid hormone at a concentration of 1 mM had an effect on increasing the measured traits (germination percentage and speed seedling length and dry weight, proline content and catalase enzyme activity). The results showed that the best concentration of salicylic acid to deal with the effects of water shortage stress was one millimolar concentration in the conditions of low levels of water shortage stress (up to negative 4 times). And with increasing levels of water shortage stress, priming seeds with salicylic acid hormone was not effective

**Keywords:** Salicylic acid, Proline, Water shortage stress, Catalase, Safflower