

## مطالعه پاسخ‌های فیزیولوژیکی و شاخص‌های رشد گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) با استفاده از پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم آبی

عادل اسدزاده<sup>۱</sup>، محسن اخوت<sup>۲\*</sup>

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](mailto:mohsen.okhovat@modares.ac.ir)

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۳/۲۰ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۳۰)

### چکیده

به منظور بررسی اثر پیش‌تیمار 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 ۱۴۰۲ به اجرا درآمد. 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، ۴، ۶ 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 ۴ 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 اندازه‌گیری 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 منفی ۴ 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

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 فیزیولوژیکی 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 تنش های 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 می شود. ترکیبات این گروه می توانند به عنوان تنظیم کننده های 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

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 میباشد (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

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۴۰۲ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان دانشگاه تهران واقع در کیلومتر ۲۴ 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 ۱-۱۱۷.۰۹۷ g.mol در چهار مقدار (صفر، ۰/۵ و ۲ میلی مولار و پتانسیل آب در چهار مقدار (صفر، -۲، -۴ و -۶ 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 بذر 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 ۶ ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد، 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 ۳۶ ساعت در دمای اتاق خشک شدند. برای ایجاد تنش اسمزی محلول پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ نیز با استفاده از روش میشل کافمن از رابطه (۱) به دست آمد. که در آن  $\Phi$  پتانسیل اسمزی، C غلظت پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ بر حسب گرم در لیتر و T دما بر حسب سانتی گراد می باشد:

(۱)

$$\Phi = -(1.8 \times 10^{-2})C - (1.8 \times 10^{-4})C^2 + (2.67 \times 10^{-4})Ct + (8.39 \times 10^{-7})C^2T$$

نیترژن 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 هورمون‌های گیاهی قابل حل در آب است. همچنین به نظر میرسد سالیسیلیک اسید نقش عمده‌ای در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در طی حیات گیاه تحت تنش‌های زنده و غیر زنده داشته است (Kaya et al., 2023). پرولین یکی از اسید آمینه‌های 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 کربوهیدرات‌ها 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.

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).

$$GP=100\frac{S}{T} \quad (2)$$

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.

$$GR=\sum \frac{ni}{di} \quad (3)$$

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 سانتیگراد 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<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 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

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 سانتیگراد و در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی قرار گرفتند. بذره های 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 سانتیگراد، 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 بذره های 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 سانتیگراد 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 سانتیگراد نگهداری

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

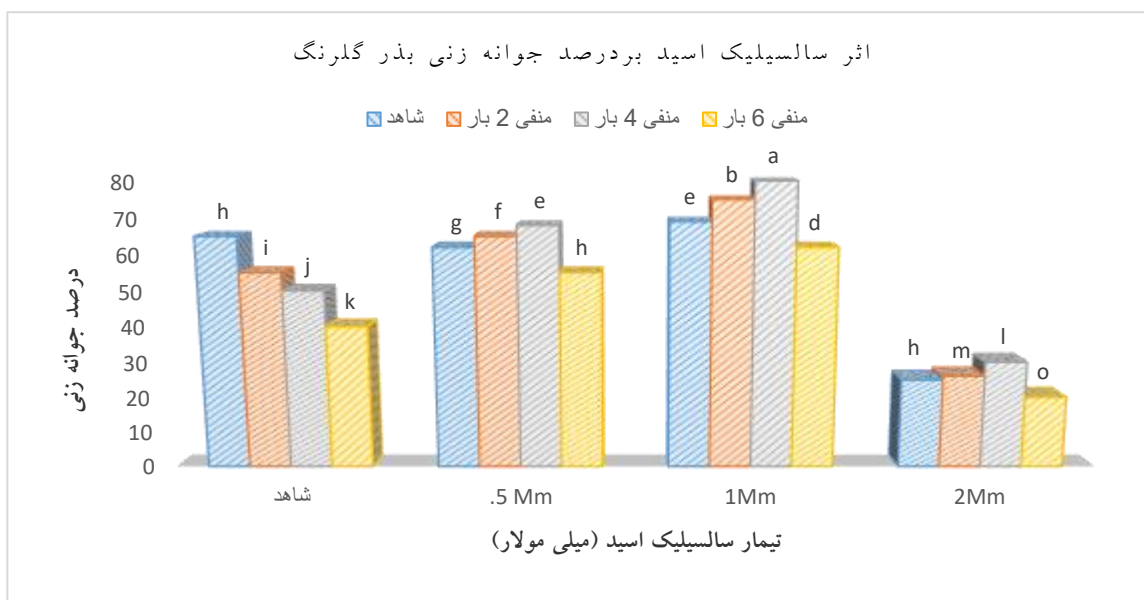
در تنش کم آبی ۴- بار بیشترین و تنش کم آبی ۶- بار کمترین جوانه را دارا بودند. به طور کلی با افزایش تنش کم آبی تا ۶- بار روند کاهشی در درصد جوانه زنی مشاهده گردید (شکل ۱) چنین به نظر می‌رسد که کاهش میزان جوانه زنی را می‌توان به کاهش سرعت جذب اولیه آب نسبت داد. تنش کم آبی با محدود کردن جذب آب توسط بذر تأثیر 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 می‌تواند 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 ۴ بار شد و در شرایط تنش کم آبی ۶- 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 ۴ بار ۹۳ درصد مشاهده شد. در حالی که شرایط تنش کم آبی منفی ۶ بار در غلظت دو میلی مولار اسید سالیسیلیک کمترین میزان درصد جوانه زنی ۳۳ درصد را داشت (شکل ۱) بنابراین می‌توان 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).

جدول ۱- 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	۴۰۴۶/۵**	۲/۳۴**	۲/۵۷**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۸۵۵/۶۸**
سالسیلیک اسید	۳	۱۴۱/۲**	۰/۵۷**	۱/۱۲**	۰/۰۰۹**	۰/۰۰۰۱**	۷۷/۶۸**
سالسیلیک × تنش کم آبی	۹	۸۰/۶**	۰/۰۵۹**	۰/۶۵**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱
خطای آزمایش	۳۲	۱/۱۴	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۱/۰۱
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱/۵۷	۲/۲	۳/۷۳	۲/۸۴	۴/۰۶	۵/۰۴

\*\* معنی داری در سطح یک درصد



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

#### سرعت جوانه زنی

آزمایش‌ها 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 می‌شود که در این صورت جذب

در تنش کم آبی منفی ۴ بار بیشترین و تنش کم آبی منفی ۶ بار کمترین سرعت جوانه زنی مشاهده شد. بیشترین سرعت جوانه زنی برای شرایط تنش کم آبی ۴ بار و کمترین آن برای تنش کم آبی منفی ۶ بار مشاهده شد (شکل ۲). بسیاری از

با تنش کم آبی است. که ژنوتیپ‌هایی 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).

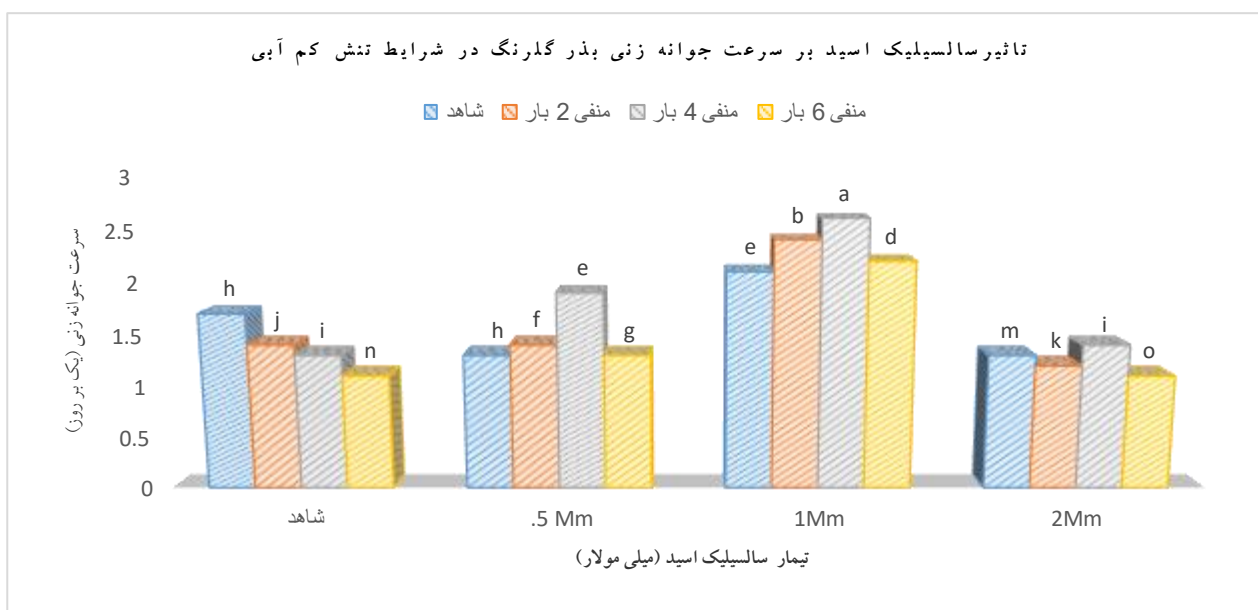
اعمال پتانسیل آب و در نتیجه بروز تنش کم آبی باعث کاهش جذب آب به وسیله بذر شده که این امر باعث اختلال در ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌های موثر در جوانه زنی و رشد بذر شده که در نهایت منجر به کاهش طول گیاهچه می‌گردد. بیشترین و کمترین طول گیاهچه به ترتیب در غلظت یک میلی مولار و دو میلی مولار اسید سالیسیلیک 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 ۴ 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 ۴ بار بیشترین طول گیاهچه ۵/۷ سانتی متر و کمترین طول گیاهچه را در غلظت ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک ۳/۴۷ سانتی متر در شرایط تنش منفی ۶ بار داشت (شکل ۳). نتایج نشان می‌دهد که با افزایش سطوح تنش کم آبی تیمار کردن بذرها با اسید سالیسیلیک موثر نیست.

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

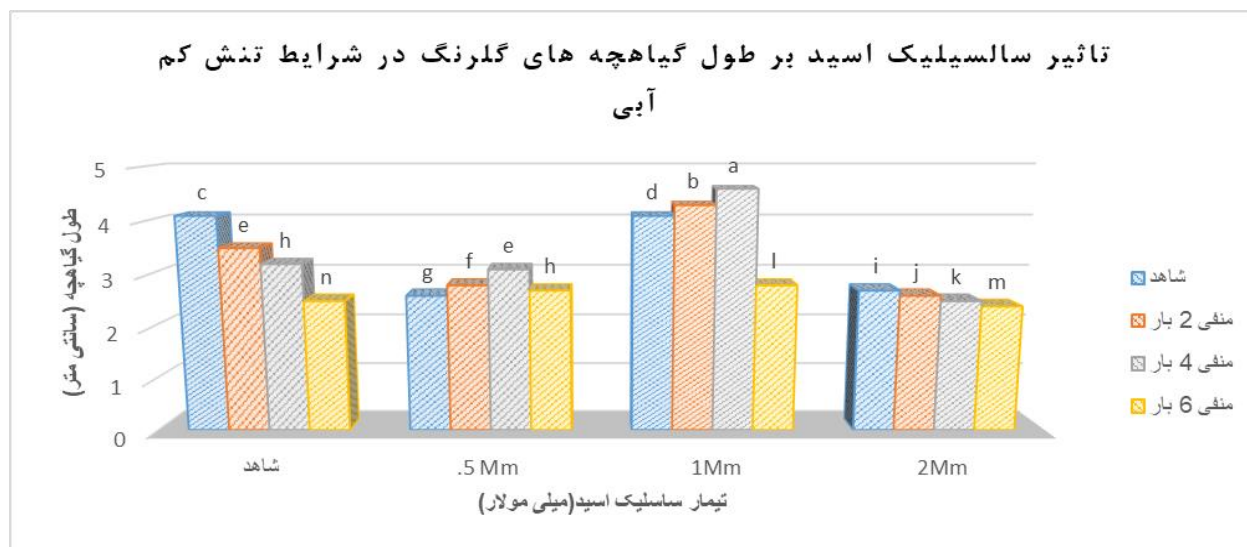
در پیش تیمار یک میلی مولار و دو میلی مولار الیسیلیک اسید به ترتیب بیشترین و کمترین سرعت جوانه زنی مشاهده شد. بذرهای تیمار نشده در شرایط کنترل شده نسبت به شرایط تنش کم آبی سرعت جوانه زنی بیشتری داشتند. افزایش سرعت جوانه زنی در بذرهای تیمار شده نسبت به بذرهای تیمار نشده مشاهده شد. اما میزان سرعت جوانه 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 ۴ بار (۶/۲) بذر جوانه زده در روز) و کمترین آن در شرایط تنش منفی ۶ بار در پیش تیمار دو میلی-مولار اسید سالیسیلیک (۳/۱) بذر جوانه زده در روز) مشاهده شد (شکل ۲). بنابراین می‌توان 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 لپه‌ها شده که در نهایت منجر به کاهش سرعت جوانه زنی می‌گردد (Paravar *et al.*, 2019).

#### طول گیاهچه

طول گیاهچه در تنش کم آبی منفی ۶- بار کمترین طول گیاهچه مشاهده شد (شکل ۳) توسعه رشد طولی گیاهچه از مکانیزم‌های مهم و اولیه در مواجهه



شکل ۲- اثر متقابل مصرف اسید سالیسیلیک و خشکی بر سرعت جوانه زنی بذر گلرنگ در شرایط تنش کم آبی (متغیر هایی که با حروف مشابه نشان داده شده اند معنی دار نیستند)



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



**وزن خشک گیاهچه**

در شرایط تنش منفی ۶ بار مشاهده شد. (شکل ۶) 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 رادیکال‌های آزاد اکسیژن و پراکسید هیدروژن می‌شود. در واقع آنزیم کاتالاز این مولکول را تبدیل به آب میکند. همچنین افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش می‌تواند شاخصی برای افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در نظر گرفته شود، به طوری که افزایش فعالیت آنزیم‌های مذکور در شرایط تنش خشکی و شوری گزارش شده است (Tabatabaei, 2014).

**میزان پرولین گیاهچه**

پرولین در تنش کم آبی منفی ۴ بار بیشترین و تنش کم آبی منفی ۶ 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 رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل می‌شود، 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 بذرها تیمار شده با اسید سالیسیلیک نسبت به بذرها 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

وزن خشک گیاهچه در تنش کم آبی منفی ۴ بار بیشترین و منفی ۶ بار کمترین مقدار وزن خشک گیاهچه مشاهده شد (شکل ۴). 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 بذرها تیمار نشده با بیش تر شدن تنش کم آبی کاهش یافت در حالی که بذرها تیمار شده با اسید سالیسیلیک بیش ترین مقدار وزن خشک گیاهچه را تا سطح تنش خشکی منفی ۴ بار داشتند. بذرها تیمار شده در غلظت ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک مقدار وزن خشک گیاهچه کمتری را نسبت به بذرها تیمار نشده در شرایط تنش کم آبی داشتند. بیشترین مقدار وزن خشک گیاهچه در یک میلی مولار اسید سالیسیلیک تحت تنش منفی ۴ بار (۰/۰۱۷ گرم) و کمترین در غلظت دو میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش ۶ بار (۰/۰۲۴ گرم) مشاهده شد (شکل ۴). نتایج بدست آمده در این شاخص همانند نتایج فوق می‌باشد 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).

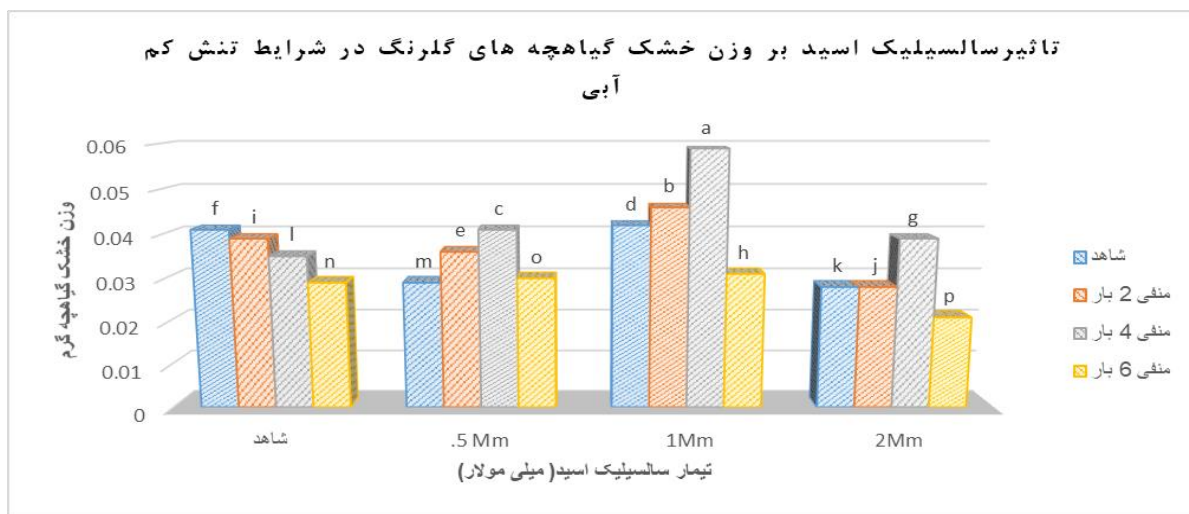
**فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاهچه**

فعالیت آنزیم کاتالاز در بذرها تیمار شده در شرایط تنش کم آبی تا سطح منفی ۴ بار افزایش یافت در حالی که در بذرها 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 ۴ بار و کمترین آن در بذرها تیمار نشده

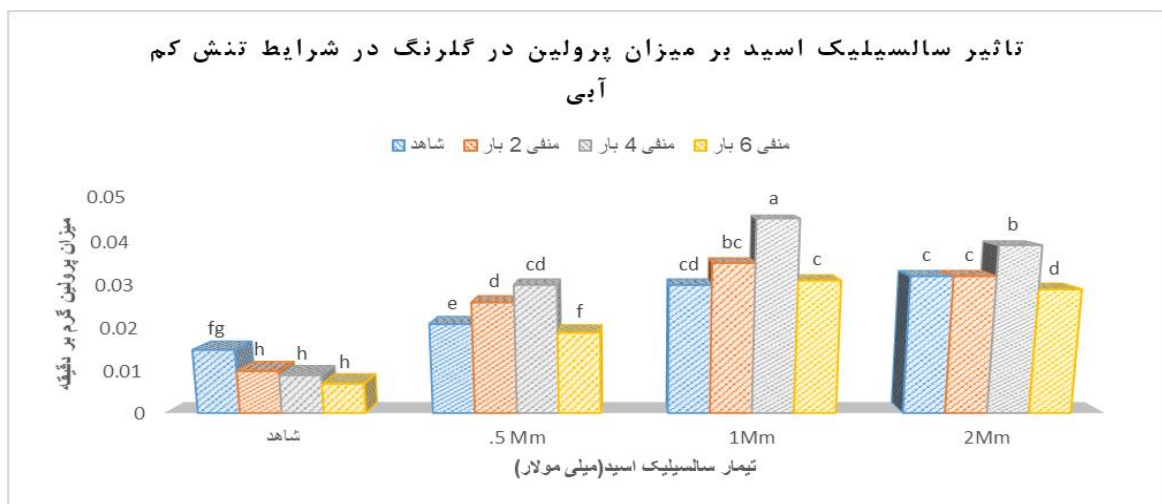
تیمار شده در غلظت ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک در تنش خشکی ۴- بار ۰/۰۵ میلی گرم بر دقیقه و کمترین آن در بذره‌های تیمار نشده گلرنگ رقم امید در تنش خشکی ۶- بار (۰/۰۰۸ میلی گرم بر دقیقه) مشاهده شد (شکل ۵). نتایج مشابه با این پژوهش گزارش کرد که استفاده از اسید سالیسیلیک در بذره‌های سیاهدانه منجر به افزایش مقدار پرولین در شرایط تنش گردید (Tabatabaei, 2014).

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

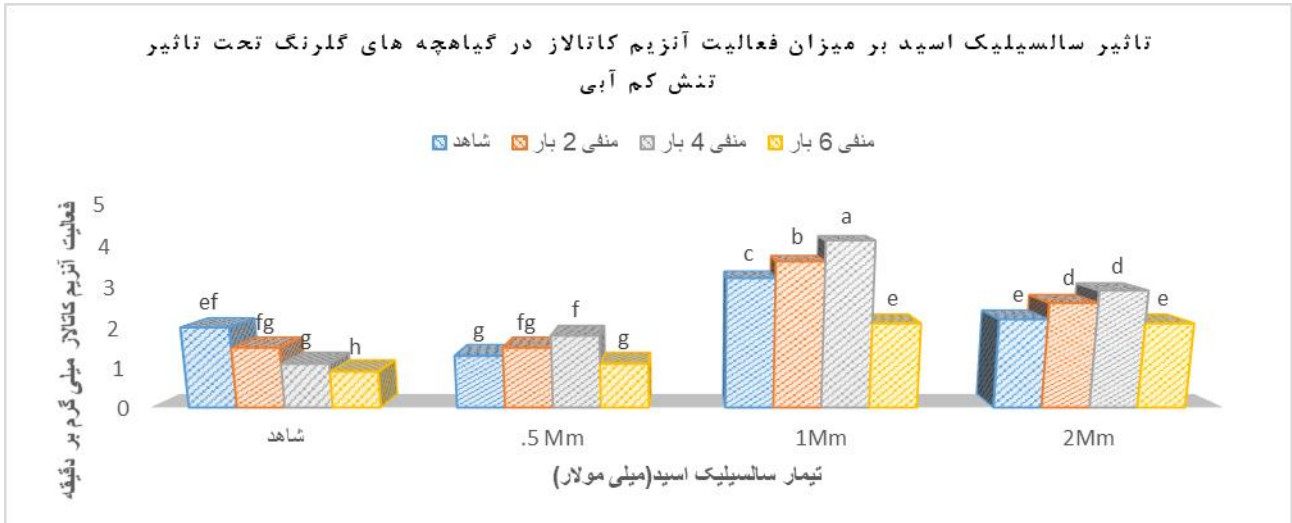
بذره‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک بیشترین مقدار پرولین را در شرایط تنش نسبت به بذره‌های تیمار نشده داشت. به طوری که در بذره‌های تیمار نشده با افزایش تنش کم آبی مقدار پرولین کاهش یافت. اما در بذره‌های تیمار نشده تا سطح تنش کم آبی منفی ۴ بار افزایش مقدار پرولین مشاهده شد. بیش ترین مقدار پرولین در بذره‌های



شکل ۴- اثر متقابل مصرف اسید سالیسیلیک و خشکی وزن خشک گیاهچه گلرنگ در شرایط تنش کم آبی (متغیرهایی که با حروف مشابه نشان داده شده اند معنی دار نیستند)



شکل ۵- اثر متقابل مصرف اسید سالیسیلیک و خشکی بر میزان پرولین گیاهچه گلرنگ در شرایط تنش کم آبی (متغیرهایی که با حروف مشابه نشان داده شده اند معنی دار نیستند)



شکل ۶- اثر متقابل مصرف اسید سالیسیلیک و خشکی بر میزان آنزیم گیاهچه گلرنگ در شرایط تنش کم آبی (متغیرهایی که با حروف مشابه نشان داده شده اند معنی دار نیستند)

## نتیجه گیری

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.

تنش آبی تا سطح منفی ۴ 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

## 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 effect 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 purpurea*) under salinity stress.
- Paravar, A., Farahani, 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).
- Paravar, A., Omidi, H., Esanejad, N., Amirzadeh, M., 2015. Effect hydropriming seed germination and seedling growth coneflower (*Echinacea purpurea*) 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., Shoaee, 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.



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

Adel Asadzadeh<sup>1</sup>, Mohsen Okhovat<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Researcher at Aburihan Faculty of Agricultural Technology, University of Tehran, Tehran, Iran

<sup>2</sup> 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