



علوم و تحقیقات بذر ایران
سال دوازدهم/ شماره دوم/ ۱۴۰۴ (۹۸ - ۸۷)

مقاله پژوهشی

DOI: 10.22124/jms.2025.9441



تأثیر پرایمینگ با آسکوربیک اسید بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و جوانه‌زنی بذر مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.) تحت تنش خشکی

احمد افکاری*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۶/۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۹/۲۳

چکیده

به‌منظور بررسی اثر آسکوربیک اسید بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و جوانه‌زنی بذر مرزه تابستانه تحت تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کلبهر در سال زراعی ۱۴۰۳ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک در چهار سطح (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) و سطوح مختلف تنش خشکی ایجاد شده با پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در پنج سطح با پتانسیل‌های (۰) (آب مقطر)، -۴، -۸، -۱۲ و -۱۶ مگاپاسکال) بودند. نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی، رنگیزه‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برهمکنش اسید آسکوربیک و تنش خشکی بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، میزان کلروفیل a، کلروفیل کل و میزان فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و آسکورات پراکسیداز معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۶/۱۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کلروفیل کل (۱۰/۸۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مربوط به پیش‌تیمار اسید آسکوربیک با غلظت ۲ میلی‌مولار تحت شرایط بدون اعمال تنش (شاهد) و بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (۴۷۲/۵۲ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) و آسکورات پراکسیداز (۰/۲۵ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) مربوط به پیش‌تیمار اسید آسکوربیک با غلظت ۲ میلی‌مولار تحت شرایط تنش -۱۶ مگاپاسکال بود. به‌طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که استفاده از محلول‌پاشی اسید آسکوربیک به‌ویژه در غلظت ۲ میلی‌مولار موجب کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی و هم‌چنین بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی، رنگیزه‌های فتوسنتزی و افزایش در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در بذر مرزه شد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پتانسیل اسمزی، پیش‌تیمار، جوانه‌زنی، رنگیزه‌های فتوسنتزی، مرزه

مقدمه

امرزه (*Satureja hortensis L*) یکی از گیاهان دارویی متعلق به خانواده نعنائیان (*Lamiaceae*) است که در بین ۲۳۰ جنس و بیش از ۷۰۰۰ گونه از این خانواده در نواحی مدیترانه و برخی از مناطق ایالات متحده می‌روید (Heidarpour et al., 2025). امرزه تابستانه گیاهی علفی یکساله، دارای ساقه چهارگوش، مستقیم و به ارتفاع ۶۰-۳۰ سانتی‌متر است. برگ‌های گیاه نیزه‌شکل، متقابل با دم‌برگ کوتاه می‌باشد. گل‌ها منظم دو جنسی و میوه‌ها کوچک، کروی و از نوع فندقه هستند (Raeesi Sadati et al., 2024). تنش‌های محیطی از جمله عوامل کاهنده رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی می‌باشد (Inanloofar et al., 2013). تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان محسوب شده و اثر منفی مضاعفی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بذریهای زوال یافته داشته و خسارت وارده به محصول را نیز دو چندان می‌کند (Gonzalez, 2023). اولین اثر تنش بر گیاهان، عدم یکنواختی جوانه‌زنی و استقرار ضعیف گیاهچه می‌باشد به نحوی که منجر به کاهش تراکم نهایی گیاهی در واحد سطح و در نتیجه عملکرد محصول می‌گردد (Younesi and Moradi, 2015). امروزه روش‌های مختلفی در جهت ارتقای کیفیت بذر با هدف افزایش درصد جوانه‌زنی بذر و استقرار بهتر گیاهچه تحت شرایط تنش‌های محیطی خصوصاً تنش خشکی، مورد ارزیابی قرار گرفته است که از میان این روش‌ها، می‌توان به پیش‌تیمار بذر اشاره کرد (Kalhor Monfared et al., 2023). در گیاهان فعالیت آنزیم‌هایی مانند کاتالاز (CAT) پراکسیداز (POD) سوپراکسید دیسموتاز (SOD) موجب خنثی‌سازی فعالیت فعال اکسیژن (ROS) تولید شده در سلول‌ها می‌گردد و تولید فعال اکسیژن در سلول‌های گیاهی موجب تحریک و افزایش فعالیت آنزیم‌های اشاره شده می‌شود (Afkari, 2017a). سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی آنزیمی شامل سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوکاتایون پراکسیداز و آسکورات پراکسیداز هستند که آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کلیدی در مبارزه علیه گونه‌های آزاد اکسیژن به‌شمار می‌روند (Naderi Zarnaghi et al., 2014). پیش‌تیمار بذر به‌عنوان یک تکنیک در علوم و تکنولوژی بذر می‌تواند به ظهور بهینه پتانسیل بذر کمک نماید (Sheikhnazajeh et al., 2022). پیش‌تیمار روشی

است که جوانه‌زنی بذر را در شرایط تنش و عدم تنش بهبود داده و سبب تسریع و یکنواختی در جوانه‌زنی شده و بهبود رشد گیاهان را به همراه دارد (Hossieni Nejad et al., 2023). علت تسریع جوانه‌زنی در بذر پرایم شده ناشی از فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده مانند آلفا‌آمیلاز، بتا‌آمیلاز و تجزیه‌کننده‌های چربی مانند ایزوسیترات لیاز، افزایش شارژ انرژی زیستی در قالب افزایش مقدار ATP، افزایش سنتز DNA و RNA، افزایش تعداد و در عین حال ارتقای عملکرد میتوکندری‌ها و افزایش شاخص‌های رشد مانند طول گیاهچه، بهبود رشد، بنیه گیاهچه گزارش شده است (Saadat and Sedghi, 2023). اسید آسکوربیک یک آنتی‌اکسیدان محلول در آب است و به‌عنوان سوپراترای اولیه در چرخه سمیت‌زدایی پراکسید هیدروژن فعالیت می‌کند و همچنین در فرایندهای رشد و نمو گیاه مانند تقسیم سلولی، توسعه دیواره و دیگر فرایندهای نمو نقش دارد. وجود غلظت‌های کمی از این ترکیب در برگ‌ها به‌عنوان آنتی‌اکسیدان نقش مهمی در تحمل گیاه به تنش ایفا می‌کند (Pourghselyak and Moradi, 2017). تحقیقات نشان داده کاربرد ویتامین‌های محلول در آب نظیر آسکوربیک اسید تحت شرایط تنش نه تنها موجب افزایش در مقدار پروتئین‌های اصلی گیاه می‌شود، بلکه سبب افزایش القای پروتئین‌های جدید و ترکیبات حفاظت‌کننده اسمزی نیز می‌گردد (Ruhi et al., 2021). تحقیقات اخیر بیانگر نقش کلیدی آسکوربیک اسید در چرخه آسکورات گلوکاتایون است که گیاه را در برابر تنش‌های اکسیداتیو نظیر خشکی و شوری محافظت می‌کند (El-besweny and Sadak, 2015). در این راستا قربانعلی و همکاران (Ghorbanali et al., 2010) اظهار داشتند اسپری کردن اسید آسکوربیک به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان باعث افزایش تحمل به تنش و کاهش اثرهای مضر کلرید کلسیم در گیاه سیاه دانه (*Nigella sativa L*) شده است. همچنین در مطالعه‌ای که توسط مرادی و همکاران (Moradi et al., 2023) انجام گرفت به نقش آنتی‌اکسیدانی اسید آسکوربیک برای کاهش اثر تنش خشکی بر گیاه ریحان (*Ocimum basilicum L*) اشاره شده است. حیدریان و همکاران (Heydarian et al., 2014) نیز بهبود در جوانه‌زنی بذرهای کبر (*Capparis spinosa*) را در نتیجه پیش‌تیمار اسید آسکوربیک تحت تنش خشکی گزارش کردند.

با پارافیلیم، پتری‌ها در اتاقک رشد ژرمیناتور (مدل indoosaw-6785) با رطوبت ۶۵ درصد و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. شمارش روزانه بذور جوانه زده در ساعت معین انجام شد. معیار جوانه‌زنی، خروج ۲ میلی‌متر ریشه‌چه از بذر بود. برای محاسبه درصد جوانه‌زنی از رابطه ۱ استفاده گردید (Wakjira and Negash, 2013):

$$GP = \frac{(Ni/S)}{100} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در این رابطه GP درصد جوانه‌زنی و Ni تعداد بذور جوانه زده در روز i ام و S تعداد کل بذور کشت شده می‌باشد.

$$GR = \Sigma Ni/Ti \quad (\text{رابطه ۲})$$

در این رابطه GR سرعت جوانه‌زنی (بر حسب تعداد بذر جوانه‌زده در روز) و Ni تعداد بذور جوانه‌زده در روز i ام و Ti تعداد روز تا شمارش i ام می‌باشد (Ellis et al., 1987). اندازه‌گیری میزان رنگدانه‌ها: برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل a, b و کل از روش Dere و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شد. به این منظور، ۲۰۰ میلی‌گرم برگ تازه با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده شد و محلول حاصل به مدت پنج دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ اندازه‌گیری شدند. سپس جذب محلول رویی در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۴ و ۴۷۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر (مدل Carry 50، شارکت Varian، استرالیا) قرائت و غلظت رنگیزه‌ها با استفاده از رابطه‌های ۳ تا ۵ و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ محاسبه شدند.

$$\Psi_{b(g)} = \Psi - \left(\frac{\theta_H}{t_g}\right) \quad (\text{رابطه ۳})$$

سرعت جوانه‌زنی (GRg) مطابق رابطه ۴ با عکس زمان برای خروج ریشه‌چه کسر خاصی از بذور (tg)، به مقدار اختلاف میان پتانسیل واقعی بذر (Ψ) و پتانسیل پایه برای خروج ریشه‌چه صدک g (Ψ_{b(g)}) و ثابت هیدروتایم (θ_H) بستگی دارد (Gummerson, 1986; Bradford and Still, 2004).

$$\text{Chlorophyll}_a = 15.65A_{666} - 7.340A_{653} \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$\text{Chlorophyll}_b = 27.05A_{653} - 11.21A_{666} \quad (\text{رابطه ۴})$$

$$\text{Chlorophyll}_T = \text{Chlorophyll}_a + \text{Chlorophyll}_b \quad (\text{رابطه ۵})$$

سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: میزان فعالیت سوپراکسید دیسموتاز بر اساس میزان توانایی آنزیم

حافظ و قریب (Hafez and Gharib, 2016) نیز افزایش تحمل به خشکی گندم در نتیجه کاربرد اسید آسکوربیک را به افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز و کاهش در پراکسیداسیون چربی را در کتان در نتیجه کاربرد اسید آسکوربیک گزارش کردند. یدالهی و همکاران (Yadollahi et al., 2016) گزارش کردند که بیش‌ترین میزان کلروفیل و کارتنوئید از ترکیب تیمارهای عدم تنش و ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک به دست آمد. با توجه به اثرات منفی و مخرب تنش خشکی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی و باغی و همچنین ارزش غذایی و دارویی بالای گیاه مرزه تابستانه، بنابراین پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و جوانه‌زنی بذر مرزه تابستانه تحت تنش کم‌آبی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر اسید آسکوربیک بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و جوانه‌زنی بذر مرزه تابستانه تحت تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کلیر در سال زراعی ۱۴۰۳ اجرا گردید. تیمارهای مورد آزمایش شامل سطوح خشکی ایجاد شده با پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در پنج سطح با پتانسیل‌های (۰ (آب مقطر)، -۴، -۸، -۱۲ و -۱۶- مگاپاسکال) (Karami et al., 2018) و پیش‌تیمار اسید آسکوربیک در غلظت‌های (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) بودند (Moradi et al., 2023). بذور مرزه بومی و از مرکز تحقیقات گیاهان دارویی و باغی استان آذربایجان شرقی که در سال ۱۴۰۲ تولید شده بود، تهیه و پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت ۲ دقیقه و اتانول ۷۰ درصد به مدت ۳۰ ثانیه، به خوبی با آب مقطر شسته و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای ۲۰ درجه سلسیوس درون محلول‌هائی با غلظت (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) اسید آسکوربیک به‌طور جداگانه خیس‌انده شد. پس از آن، بذورهای خیس خورده در محلول اسید آسکوربیک، به ظروف پتری استریل حاوی کاغذ صافی انتقال یافت. قطر پتری‌دیش‌ها ۹ سانتی‌متر و تعداد بذر در هر پتری‌دیش ۵۰ عدد بود. به هر پتری مقدار ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر یا محلول‌های مورد نظر بسته به تیمار مربوطه افزوده شد. پس از بسته شدن ظروف

در ممانعت از احیای نوری نیتروبلوتترازولیوم در طول موج ۵۶۰ نانومتر با روش اسپکتروفتومتری به صورت واحد آنزیم بر میلی گرم پروتئین بیان گردید (Giannopolitis and Ries, 1977).

سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پروکسیداز: فعالیت آنزیم آسکوربات پروکسیداز به روش اسپکتروفتومتری و بر اساس میزان اکسیداسیون آسکوربات در طول موج ۲۹۰ نانومتر اندازه گیری و به صورت واحد آنزیم بر میلی گرم پروتئین گزارش شد (Nakano and Asada, 1981).

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز: فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس میزان مصرف پراکسید هیدروژن در طول موج ۲۴۰ نانومتر و به روش اسپکتروفتومتری اندازه گیری شد و به شکل واحد آنزیم بر میلی گرم پروتئین گزارش شد (Cakmak and Horst, 1991).

آنالیز آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

الف. مؤلفه های جوانه زنی بذر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثرات ساده تنش خشکی و اسید آسکوربیک بر مؤلفه های

جوانه زنی بذر در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. اثر متقابل تنش خشکی و اسید آسکوربیک بر طول ریشه چه و طول ساقه چه در سطح احتمال یک درصد معنی دار، اما بر درصد و سرعت جوانه زنی معنی دار نبود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و غلظت های مختلف اسید آسکوربیک نشان داد که بیشترین طول ریشه چه (۳/۸۷ سانتی متر) و طول ساقه چه (۶/۲۹ سانتی متر) مربوط به پیش تیمار اسید آسکوربیک با غلظت ۲ میلی مولار تحت شرایط بدون اعمال تنش (شاهد) و کمترین طول ریشه چه (۰/۳۹ سانتی متر) و طول ساقه چه (۱/۷۲ سانتی متر) مربوط به پیش تیمار اسید آسکوربیک با غلظت صفر میلی مولار تحت شرایط تنش ۱۶- مگاپاسکال بود (جدول ۳). نتایج حاصل از تیمار توأم اسید آسکوربیک و تنش خشکی نشان می دهد که افزودن اسید آسکوربیک با غلظت های ۰/۵ و ۱ میلی مولار به گیاهان تحت تیمار تنش خشکی موجب افزایش معنی دار طول ریشه چه و ساقه چه در مقایسه با گیاه در شرایط تنش خشکی گردید. در حالی که اضافه کردن اسید آسکوربیک به گیاهان تحت تیمار تنش با غلظت ۱/۵ میلی مولار افزایش معنی داری ایجاد نکرد.

جدول ۱- مقایسه تأثیر تجزیه واریانس محلول پاشی اسید آسکوربیک بر شاخص های جوانه زنی بذر مرزه تحت شرایط خشکی

Table 1. Analysis of variance of the effect of Ascorbic acid foliar spraying on germination indices of savory in drought stress condition

منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادی df	درصد جوانه زنی Germination percentage	سرعت جوانه زنی Germination rate	طول ریشه چه Length of radicle	طول ساقه چه Length of plumule
اسید آسکوربیک Ascorbic acid	3	1832.47**	3498.38**	143.02**	361.28**
تنش خشکی Drought stress	4	6924.84**	5830.41**	1153.19**	5482.71**
اسید آسکوربیک × تنش خشکی Drought stress × Ascorbic acid	12	361.39 ^{ns}	297.62 ^{ns}	21.11**	67.07**
خطای آزمایش Error	60	394.29	361.52	5.37	22.48
CV (%) ضریب تغییرات	-	7.06	6.73	7.85	8.12

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: not-significant and significant at 5 and 1 percent level of probability, respectively

برخوردار بود که با نتایج سارکر و همکاران (Sarker et al., 2014) در مورد کلزا مطابقت داشت. در آزمایشی مشابه، اثر اسید جیبرلیک بر درصد ظهور گیاهچه و عملکرد نخود تحت شرایط تنش موجب بهبود این صفات گردید (Shariatmadari et al., 2017). مرادی و همکاران

این نتایج با مشاهدات حاصل از آزمایش های کرمی و همکاران (Karami et al., 2018) روی بذرهای دو گونه *Agropyron desertroum* و *Agropyron pectiniforme* مشابه است. در این تحقیق طول ساقه چه نسبت به ریشه چه از حساسیت بیشتری نسبت به تنش

آن‌ها بیان کردند که افزایش توانایی سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانت موجب بهبود سرعت جوانه‌زنی می‌شود (Khalaki et al., 2019).

ب. رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده تنش خشکی و اسید آسکوربیک بر رنگیزه‌های فتوسنتزی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل تنش خشکی و اسید آسکوربیک بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار نبود (جدول ۲). در صفت کلروفیل b نیز با افزایش تنش از میزان این صفت کاسته شد. اما محلول‌پاشی باعث کاهش اثر تنش خشکی شد. بنابراین بیش‌ترین میزان کلروفیل b (۴/۷۲ میلی گرم در گرم وزن تر) از تیمار بدون اعمال تنش (۰ مگاپاسکال) به‌دست آمد و کم‌ترین میزان کلروفیل b (۲/۰۵ میلی گرم در گرم وزن تر) از تیمار سطح تنش ۱۶- مگاپاسکال به‌دست آمد (جدول ۴). بر اساس نتایج به‌دست آمده، با افزایش تنش خشکی کلیه صفات فیزیولوژیکی روند کاهشی داشتند و بیش‌ترین میزان کاهش مربوط به شرایط تنش شدید ۱۶- مگاپاسکال بود. این نتایج با مشاهدات حاصل از آزمایش‌های قیصری و همکاران (Ggesari et al., 2016) روی گیاه ریحان مشابه است.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و غلظت‌های مختلف اسید اسکوربیک نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۶/۲۹ میلی گرم در گرم وزن تر) و کلروفیل کل (۱۰/۸۷ میلی گرم در گرم وزن تر) مربوط به پیش تیمار اسید آسکوربیک با غلظت ۲ میلی مولار تحت شرایط بدون اعمال تنش (شاهد) و کم‌ترین میزان کلروفیل a (۳/۹۰ میلی گرم در گرم وزن تر) و کلروفیل کل (۵/۹۵ میکروگرم در گرم وزن تر) مربوط به پیش تیمار اسید آسکوربیک با غلظت صفر میلی مولار تحت شرایط تنش ۱۶- مگاپاسکال بود (جدول ۳). بنابر گزارشات منتشر شده، تنش خشکی باعث کاهش قابل توجه رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان می‌شود (Rahimi et al., 2019). اسید آسکوربیک به‌دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی خود از تخریب کلروفیل جلوگیری کرده و به‌طور غیر مستقیم سبب افزایش آن می‌شود. با توجه به اینکه اسید آسکوربیک از فعالیت آنتی اکسیدانی برای پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن در شرایط تنش برخوردار است، بنابراین کاهش میزان تخریب کلروفیل دور از انتظار نیست (Ashraf, 2010).

(Moradi et al., 2023) گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی طول ساقه کاهش ولی طول ریشه افزایش یافت. این محققین هم‌چنین اظهار نمودند که محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک ۲ میلی مولار در شرایط تنش شدید توانست طول ساقه را تا ۵۶/۶۶ سانتی متر افزایش دهد. کرمی و همکاران (Ghassemi et al., 2021) با ارزیابی محلول‌پاشی آسکوربیک اسید روی ذرت تحت سطوح مختلف تنش کم‌آبی اظهار کردند که تنش کم‌آبی به‌طور معنی‌دار باعث کاهش قطر بلال می‌شود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در تیمارهای مختلف خشکی نشان داد که با افزایش تنش خشکی درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش یافته به‌طوری که سرعت جوانه‌زنی حساس‌تر از درصد جوانه‌زنی بود. با توجه به جدول ۴ مشاهده گردید که بیش‌ترین درصد و سرعت جوانه‌زنی به‌ترتیب به‌ترتیب ۹۸/۷۱٪ و ۱۱/۶۴٪ مربوط به تیمار بدون اعمال تنش (۰ مگاپاسکال) بود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در غلظت‌های مختلف اسید اسکوربیک نشان داد که بیش‌ترین درصد و سرعت جوانه‌زنی به‌ترتیب ۹۶/۰۹٪ و ۱۱/۰۳٪ مربوط به پیش تیمار اسید اسکوربیک با غلظت ۲ میلی مولار و کم‌ترین درصد و سرعت جوانه‌زنی به‌ترتیب ۸۸/۲۳٪ و ۸/۲۷٪ مربوط به پیش تیمار اسید اسکوربیک با غلظت ۰ میلی مولار بود (جدول ۵). با توجه به ماهیت آنتی‌اکسیدانی اسید آسکوربیک و نقش حفاظتی آن در برابر تنش‌های اکسیداتیو، بهبود در جوانه‌زنی بذرهای مرزه در نتیجه کاربرد آن امری متحمل است. در این راستا روحی و همکاران (Rouhi et al., 2021) گزارش کردند کاربرد مقادیر خارجی اسید آسکوربیک گیاهان را در برابر تنش‌های محیطی محافظت نموده و اثرات منفی تنش را به حداقل مقدار ممکن می‌رساند. در شرایط خشکی نیز به‌علت اینکه جذب آب توسط بذر دچار اختلال شده و یا جذب به‌آرامی صورت می‌گیرد، فعالیت‌های متابولیک جوانه‌زنی در داخل بذر به‌آرامی صورت گرفته در نتیجه مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش می‌یابد، بنابراین سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Sheikhnavaaz Jahed et al., 2022). به‌نظر می‌رسد دلیل بالا بودن سرعت جوانه‌زنی در خصوص آزادسازی آنزیم‌های تجزیه‌کننده قند و پروتئین در داخل بذر باشد (Moradi et al., 2023). نتایج سایر پژوهش‌ها نشان داد که سرعت جوانه‌زنی در گیاه فستوکا اوینا (L. *Festuca ovina*) در اثر هیدروپرایمینگ افزایش یافت،

جدول ۲- تجزیه واریانس محلول پاشی اسید آسکوربیک بر شاخص های فیزیولوژیک و آنزیم های آنتی آکسیدان
مرزه تحت شرایط خشکی

Table 2. Analysis of variance of the effect of Ascorbic acid foliar spraying on physiological indices and activity of antioxidant enzymes of savory in drought stress coindition

منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادی df	کلروفیل کل Chlorophyll total	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کاتالاز Catalase	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase	آسکوربات پراکسیداز Ascorbat peroxidase
تنش Stress	4	0.11**	0.003**	0.004**	47.87**	56.23**	257.48**
اسید آسکوربیک Ascorbic acid	3	0.06**	0.07**	0.005**	297.23**	301.49**	513.67**
اسید آسکوربیک × تنش Ascorbic acid × Stress	12	0.007*	0.0026*	0.003 ^{ns}	2.94 ^{ns}	24.98*	25.84*
خطا Error	60	0.006	0.002	0.006	5.26	18.33	19.11
CV (%) ضریب تغییرات	-	8.29	7.83	7.13	8.41	9.03	8.47

ns, *, ** و ***: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
ns, * and **: not-significant and significant at 5 and 1 percent level of probability, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی × اسید آسکوربیک بر صفات اندازه گیری شده در گیاه دارویی مرزه
Table 3. Mean comparisons of drought stress × ascorbic acid on measured traits in savory

تنش خشکی (مگاپاسکال) Drought stress (MPa)	اسید اسکوربیک (میلی مولار) Ascorbic acid (mM)	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase (u/mg.protein)	آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase (u/mg.protein)	طول ریشه چه (سانتی متر) Length of radicle (cm)	طول ساقه چه (سانتی متر) Length of plumule (cm)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g/fw)	کلروفیل کل Chlorophyll total (mg/g/fw)
0	0	183.73d	0.07d	2.23b	4.72b	5.61b	9.24b
	0/5	202.05d	0.09c	2.95ab	5.51ab	5.77ab	9.90ab
	1	256.13c	0.12bc	3.45a	6.08a	6.061a	10.47ab
	2	264.89bc	0.15b	3.87a	6.29a	6.15a	10.87a
	0	221.66cd	0.10c	2.02b	4.47b	5.35bc	9.56bc
-4	0/5	239.89c	0.12bc	2.56b	4.73b	5.51b	10.23b
	1	274.03b	0.14b	2.97ab	5.37ab	5.81ab	10.67a
	2	296.28b	0.17b	3.22a	5.82a	5.95a	10.76a
	0	264.60bc	0.12bc	1.19c	4.01bc	4.81c	7.96cd
	0/5	318.68b	0.14b	1.71bc	4.65b	4.98c	8.37c
-8	1	382.44ab	0.16b	2.28b	4.91b	5.28bc	8.64c
	2	398.12ab	0.19ab	2.91ab	5.12b	5.41b	9.66ab
	0	299.42b	0.14b	0.92cd	3.82c	4.46cd	7.21d
	0/5	317.74b	0.16b	1.28c	4.34b	4.62c	7.88cd
	1	371.56ab	0.18ab	1.96bc	4.46b	4.92c	8.46c
-12	2	435.58a	0.21a	2.44b	4.49b	5.05c	9.90ab
	0	325.66b	0.18ab	0.39d	2.19d	3.90de	5.95e
	0/5	353.919ab	0.21a	0.84cd	3.09cd	4.06d	6.62de
	1	408.07a	0.23a	1.31c	3.55c	4.36cd	7.51d
	2	472.10a	0.25a	1.97bc	4.05bc	4.50cd	7.55d

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده نداشتن اختلاف آماری در سطح احتمال ۵٪
The same letters in each column represents no significant difference in the level of 5%

با بررسی پیش تیمار با اسید آسکوربیک در گونه *Taverniera cuneifolia* در شرایط تنش خشکی اظهار نمودند که دلیل کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی شدید، کندی سرعت سنتز و یا تجزیه سریع کلروفیل می باشد (Alvani et al., 2017). محلول پاشی اسید آسکوربیک هم در شرایط مطلوب و هم در شرایط تنش خشکی می تواند از کاهش مقادیر کلروفیل ها جلوگیری کند (Khalid Hussein and Qader Khurshsheed, 2014). کاهش مقدار کلروفیل، احتمالاً به دلیل ناپایداری کمپلکس های پروتئینی و افزایش تخریب کلروفیل به دلیل افزایش فعالیت های آنزیم های تخریب کننده کلروفیل (کلروفیلاز) است که بر تجزیه کلروفیل در شرایط تنش خشکی تأثیر دارد (Mafakheri and Asghari, 2023).

قاسمی و همکاران (Ghassemi et al., 2021a) گزارش کردند که بیشترین غلظت رنگدانه مربوط به آبیاری ۱۰۰ میلی متر تبخیر از سطح تشتک کلاس A با محلول پاشی ۱۵۰ ppm آسکوربیک اسید بود. مصرف خارجی اسید آسکوربیک سبب افزایش مقاومت به تنش خشکی و کاهش اثر مضر تنش های اکسیداتیو می شود (Moradi et al., 2023). با توجه به نتایج حاصل از مقایسات میانگین داده ها مشاهده گردید که بیشترین میزان کلروفیل b (۴/۴۷) میلی گرم در گرم وزن تر) مربوط به پیش تیمار اسید آسکوربیک با غلظت ۲ میلی مولار و کمترین میزان کلروفیل b (۳/۵۳) میلی گرم در گرم وزن تر) مربوط به پیش تیمار اسید آسکوربیک با غلظت صفر میلی مولار بود (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر اصلی تنش خشکی بر صفات اندازه گیری شده در گیاه دارویی مرزه
Table 4. Mean comparison main effect of drought stress on measured traits in savory

تنش خشکی (مگاپاسکال) Drought stress (MPa)	درصد جوانه زنی Germination percentage	سرعت جوانه زنی (تعداد بذر در روز) Germination rate (No. seed/day)	کاتالاز Catalase (u/mg.protein)	کلروفیل Chlorophyll b (mg/g/fw)
0	98.71a	11.64a	108.05bc	4.72a
-4	91.43b	10.41ab	122.28b	4.41ab
-8	74.37c	9.21b	139.87ab	3.88b
-12	58.49d	8.14c	149.21a	3.12c
-16	43.78e	6.39d	163.59a	2.05d

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده نداشتن اختلاف آماری در سطح احتمال ۵٪

The same letters in each column represents no significant difference in the level of 5%

ج. آنزیم های آنتی اکسیدان

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثرات ساده تنش خشکی و اسید آسکوربیک بر آنزیم های آنتی اکسیدان در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. اثر متقابل تنش خشکی و اسید آسکوربیک بر فعالیت آنزیم های آسکورات پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در سطح احتمال پنج درصد معنی دار، اما بر فعالیت آنزیم کاتالاز معنی دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش خشکی و غلظت های مختلف اسید آسکوربیک نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (۴۷۲/۱۰) واحد بر میلی گرم پروتئین) و آسکورات پراکسیداز (۰/۲۵) واحد بر میلی گرم پروتئین) مربوط به پیش تیمار اسید آسکوربیک با غلظت ۲ میلی مولار تحت شرایط بدون اعمال تنش (شاهد) و پایین ترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (۱۸۳/۷۳) واحد بر میلی گرم پروتئین) و آسکورات پراکسیداز (۰/۰۷) واحد بر میلی گرم

در شرایط تنش خشکی، پرایمینگ با افزایش محتوای رنگیزه ها، آسیب به فعالیت کلروفیل متصل به پروتئین ها، که مرتبط با فتوسیستم II هستند را، به حداقل رسانده اند. تنش کم آبی سبب افزایش رادیکال های آزاد اکسیژن در کلروپلاست شده و تخریب مولکول کلروفیل و غشاء کلروپلاست را در پی دارد که خود منجر به کاهش فتوسنتز و رشد می شود. در گیاهان تنش دیده کاهش معنی داری در محتوای کلروفیل کل و کلروفیل a مشاهده شد. در چنین شرایطی مولکول کلروفیل به یک عامل فوتودینامیک برای کاهش اثر مخرب نیاز دارد (Moradi et al., 2023). یدالهی و همکاران (Yadollahi et al., 2016) در بررسی محلول پاشی اسید آسکوربیک بر تحمل به تنش آرسنیک در ریحان نتیجه گرفتند که همزمان با افزایش عامل تنش، رنگیزه های فتوسنتزی برگ کاهش یافت ولی با کاربرد اسید آسکوربیک این کاهش به سرعت جبران گردید که با نتایج ما در این مطالعه مطابقت دارد.

پروتئین) مربوط به پیش تیمار اسید آسکوربیک با غلظت صفر میلی مولار تحت شرایط تنش ۱۶- مگاپاسکال بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده ها در تیمارهای مختلف خشکی نشان داد که با افزایش تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش یافته است. به طوری که بالاترین میزان فعالیت آنزیم های کاتالاز (۱۶۳/۵۹) واحد بر میلی گرم پروتئین) به مربوط به سطح تنش ۱۶- مگاپاسکال و کمترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (۱۰۸/۰۵) واحد بر

میلی گرم پروتئین) مربوط به تیمار بدون اعمال تنش (صفر مگاپاسکال) بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد که بالاترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (۱۶۴/۷۳) واحد بر میلی گرم پروتئین) مربوط به پیش تیمار اسید آسکوربیک با غلظت ۲ میلی مولار و پایین ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (۱۰۹/۱۱) واحد بر میلی گرم پروتئین) مربوط به پیش تیمار اسید آسکوربیک با غلظت صفر میلی مولار بود (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر اصلی اسید آسکوربیک بر صفات اندازه گیری شده در گیاه دارویی مرزه

Table 5. Mean comparison main effect of drought stress on measured traits in savory

اسید آسکوربیک (میلی مولار) Ascorbic acid (Mm)	درصد جوانه زنی Germination percentage	(تعداد بذر در سرعت جوانه زنی) Germination rate (No. seed/day)	کاتالاز Catalase (u/mg.protein)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g/fw)
0	88.23b	8.27c	109.11c	3.53c
0.5	92.17ab	9.52b	129.96b	3.98bc
1	94.82a	10.59ab	147.52ab	4.06b
2	96.09a	11.03a	164.73a	4.47a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده نداشتن اختلاف آماری در سطح احتمال ۵٪

The same letters in each column represents no significant difference in the level of 5%

آنزیم آنتی اکسیدان کاتالاز آنزیم مهمی است که در شرایط تنش اکسیداتیوی فعال می شود این آنزیم قادر به هضم و حذف H_2O_2 شود. زیرا افزایش ظرفیت آنتی اکسیدان ها در شرایط تنش موجب کاهش خسارت به گیاه می شود (Afkari, 2022b). احمدپور و همکاران (Ahmadpour et al., 2016) گزارش نمودند که در تمامی ارقام مورد بررسی عدس، تنش رطوبتی (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی) منجر به افزایش معنی دار فعالیت آنزیم های پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در مقایسه با شرایط بدون تنش شد. شالاتا و نیومن (Shalata and Neumann, 2001) گزارش کردند کاربرد اسید آسکوربیک سبب می شود تا مکانیزم های آنتی اکسیدانی فعال شده و گیاه تحت تنش، مقاومت لازم را در مقابل تنش احراز کند که با نتایج ما در پژوهش حاضر مطابقت دارد. در همین راستا حمید و همکاران (Hameed et al., 2015) گزارش کردند کاربرد اسید آسکوربیک تحت تنش شوری توانست میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را در گیاه *Limonium stocksii* نسبت به شاهد افزایش دهد. البسیونی و ساداک (El-besiweny and Sadak, 2015) بهبود در فعالیت آنزیم های کاتالاز و پراکسیداز و کاهش در پراکسیداسیون چربی را در کتان در نتیجه کاربرد اسید آسکوربیک گزارش کردند. مزید و همکاران (Mazid et al., 2011) اظهار داشتند اسید آسکوربیک با تاثیر مثبتی

که بر مسیرهای بیوسنتزی هورمون های رشد می گذارد قادر به افزایش در فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی تحت تنش اکسیداتیو است. زو و همکاران (Xu et al., 2015) دریافتند اسید آسکوربیک نه تنها در نقش یک احیاء کننده قوی در سطوح سلولی قادر به گونه های فعالی نظیر پراکسید هیدروژن است بلکه به عنوان سوپراترای کاتالیز کننده واکنش آنزیم آسکوربات پراکسیداز نیز عمل می کند و با این کار صدمات ناشی از خشکی را به حداقل مقدار ممکن می رساند. ذاکریان و همکاران (Zakerian et al., 2020) گزارش کردند که استفاده از کودهای زیستی به صورت جداگانه ضمن افزایش تحمل پذیری گیاه به تنش خشکی، آنزیم های آنتی اکسیدانیو اسمولیت های تنظیم کننده را کاهش داده و به تولید بیشتر گیاه کمک می نماید. افزایش در فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در نتیجه کاربرد اسید آسکوربیک در باقلا (Yunis et al., 2010) و ذرت (Ahmad et al., 2012) نیز گزارش شده است.

نتیجه گیری کلی

به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که تنش خشکی اثرات منفی بر شاخص های جوانه زنی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بذر مرزه داشته و با افزایش شدت تنش، درصد و سرعت جوانه زنی، طول ریشه چه، طول ساقه چه، میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل کاهش و میزان

بهبود شاخص‌های جوانه‌رنی، رنگیزه‌های فتوسنتزی و افزایش در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در بذر مرزه شد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات حوزه پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد کلبر که در اجرای این پژوهش متقبل زحمات شده‌اند تقدیر و تشکر می‌گردد.

فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز افزایش یافت. در حالی که بر اساس نتایج ذکر شده در این تحقیق، در گیاهان پیش‌ تیمار شده با اسید آسکوربیک این کاهش تعدیل شده است. بنابراین استفاده از محلول‌پاشی اسید آسکوربیک به‌ویژه در غلظت ۲ میلی مولار موجب کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی و هم‌چنین

منابع

- Afkari, A. 2017a. Effect of seed priming on germination characteristics and some antioxidant enzymes activity of Basil (*Ocimum basilicum* L.) under drought stress conditions. *Developmental Biology*, 9(3): 33-44. (In Persian) **(Journal)**
- Afkari a, A. 2022b. The effect of salicylic acid priming on improvement of germination characteristics, activity of antioxidant enzymes and membrane lipid peroxidation of wheat under salinity conditions. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 11(2): 55-67. DOI: 10.22092/ijssst.2021.343168.1348. (In Persian) **(Journal)**
- Ahmadpour, R., Hosseinzadeh, S.R. and Chashiani, S. 2016. Study of root morpho-physiological and biochemical characteristics of lentil in response to moisture stress. *Journal Irainian Plant Ecophysiology Research*, 11(43): 39-51. (In Persian) **(Journal)**
- Ahmad, I., Khaliq, T., Ahmad, A., Basra, S. M. A., Hasnain, Z. and Ali, A. 2012. Effect of seed priming with ascorbic acid, salicylic acid, and hydrogen peroxide on emergence, vigor, and antioxidant activities of maize. *African Journal of Biotechnology*, 11(5), 1127-1132. DOI: 10.5897/AJB11.2266. **(Journal)**
- Alvani, F., Dianati Tilaki, G. Sadati, E. 2017. The effects of priming with acid ascorbic on physiological traits of *Taverniera cuneifolia* seeds under drought stress. *Scientific Research Journal of the Pasture*, 3(11), 294-305. DOI: 20.1001.1.20080891.1396.11.3.3.4. (In Persian) **(Journal)**
- Ashraf, M., 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotechnology Advance*, 27: 84-93. **(Journal)**
- Cakmak, I. and Horst, W. 1991. Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tip of soybean (*Glycine max*). *Plant Physiology*, 83: 463-468. **(Journal)**
- Dere, S., Gunes, T. and Sivaci, R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll- a, b and total carotenoids contents of some algae species using different solvents. *Botany*, 22: 13-17. **(Journal)**
- El-Bassiouny, H.M.S. and Sadak, M.S. 2015. Impact of foliar application of ascorbic acid and alpha tocopherol on antioxidant activity and some biochemical aspects of flax cultivars under salinity stress. *Acta Biológica Colombiana*, 20: 209-222. **(Journal)**
- Ellis, R.H., Hong, T.D. and Roberts, E.H. 1987. The development of desiccation-tolerance and maximum seed quality during maturation in legumes. *Anatomy Botany*, 59:23-29. **(Journal)**
- Ghassemi, A., Farzaneh, S. and Moharramnejad, S. 2021a. Effect of ascorbic acid foliar application on grain yield and morphophysiological traits in corn under water deficit stress. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(4): 177-188. (In Persian) **(Journal)**
- Ghassemi, A., Farzaneh, S. and Moharramnejad, S. 2020b. Impact of ascorbic acid on seed yield and its components of sweet corn (*Zea mays* L.) under drought stress. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 10(1): 41-49. (In Persian) **(Journal)**
- Giannopolitis, C. and Ries, S. 1977. Superoxide dismutase. I: Occurrence in higher plant. *Plant Physiol*, 59: 309-314. **(Journal)**
- Gheysari, S., Nematpour, F.S. and Safipour Afshar, A. 2016. The effects of salicylic acid and ascorbic acid on photosynthetic pigments and some antioxidant enzyme activities in basil (*Ocimum basilicum* L.) under lead stress. *Journal of Plant Research*, 28(4): 814-825. (In Persian) **(Journal)**
- González, E. M. 2023. Drought stress tolerance in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(1): 1-3. DOI: 10.3390/ijms24076562. **(Journal)**

- Ghorbanali, M., Adib hashemi, N. and Peyvandi, M. 2010. Study of salinity and ascorbic acid on some physiological responses of *Nigella sativa* L. Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants, 26(3): 370-388. (In Persian) **(Journal)**
- Hafez, E.M. and Gharib, H.S. 2016. Effect of exogenous application of ascorbic acid on physiological and biochemical characteristics of wheat under water stress. International Journal of Plant Production, 10: 579-596. **(Journal)**
- Hameed, A., Gulzar, S., Aziz, I., Hussain, T., Gu, B. and Ajmal Khan, M. 2015. Effects of salinity and ascorbic acid on growth, water status and antioxidant system in a perennial halophyte. AoB Plants, 7: 1-11. **(Journal)**
- Inanloofar, M., Omid, H. and Pazoki, A.R. 2013. Morphological, agronomical changes and oil content in purslane (*Portulaca oleracea* L.) under drought stress and biological/ chemical fertilizer of nitrogen. Journal of Medicinal Plants, 12 (48), 170-184. (In Persian) **(Journal)**
- Heydariyan, M., Basirani, N., Sharifi-Rad, M., Khmmari, I. and Rafat Poor, S. 2014. Effect of seed priming on germination and seedling growth of the caper (*Capparis spinosa*) under drought stress. International Journal of Advanced Biological and Biomedical, 2 (8): 2381-2389. **(Journal)**
- Heidarpour, O., Esmailpour, B., Soltani, A.A. and Aslani, Z. 2025. Physiological and antioxidant response of *Satureja hortensis* L. to inoculation with growth promoting bacteria and vermicompost under drought stress conditions. Journal of Vegetables Sciences, 16(2), 183-206. DOI: 10.22034/iuvs.2024. 2019400.1345. (In Persian) **(Journal)**
- Hossieni Nejad, N., Ziaei, S.M. and Einali, A. 2023. The effect of foliar application of ascorbic acid and calcium on the morpho-physiological characteristics of guar under drought stress conditions. Journal of Crop Science Research in Arid Regions, 5(3): 655-670. DOI: 10.22034/CSRAR.2023.368010.1286. (In Persian) **(Journal)**
- Kata, L.P., Bhaskaran, M. and Umarani, R. 2014. Influence of priming treatments on stress tolerance during seed germination of rice. International Journal of Agriculture Environment and Biotechnology, 7: 225-32. **(Journal)**
- Kalhor Monfared, R., Paknejad, F. and Nabi Ilkaee, M. 2023. Effect of organic pretreatment on seed germination and enzymes activity of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Seed Science and Research, 10(1): 1-13. DOI: 10.22124/jms.2023.6881. (In Persian) **(Journal)**
- Karami, H., Dianati Tilaki, Gh.A. and Esmailzadeh, O. 2018. Study on seed germination traits of *Agropyron desertorum* and *Agropyron pectiniform* with ascorbic acid pre-treatment under drought stress. Journal of Seed Research, 7(4):71-89. **(Journal)**
- Khalaki, M.A., Ghorbani, A. and Dadjou, F. 2019. Influence of nano-priming on *Festuca ovina* seed germination and early seedling traits under drought stress, in Laboratory. Ecopersia, 7(3):133-139. **(Journal)**
- Khalid Hussein, Z. and Qader Khursheed, M. 2014. Effect of foliar application of ascorbic acid on growth, yield components and some chemical constituents of wheat under water stress conditions. Jordan Journal of Agricultural Sciences, 10: 1-15. **(Journal)**
- Mafakheri, S. and Asghari, B. 2023. Effect of Foliar Application of Salicylic Acid on Reduction of Low Irrigation Impacts in Holy Basil (*Ocimum sanctum*). Iranian Journal of Horticultural Science, 54 (2): 249-267. DOI: 10.22059/IJHS.2023.353738.2084. (In Persian) **(Journal)**
- Mazid, M., Khan, T.A., Khan, Z.H., Quddusi, S. and Mohammad, F. 2011. Occurrence, biosynthesis and potentialities of ascorbic acid in plants. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 1: 167-184. **(Journal)**
- Moradi, M., Esmailpour, B., Torabi giglou, M. and Ahadzadeh, M. 2023. Effects of ascorbic acid on some morpho-physiological traits of basil (*Ocimum basilicum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 39(4): 568-588. **(Journal)**
- Naderi Zarnaghi, R. Valizadeh, M. and Fotovat, R. 2014. Electrophoretic analysis of antioxidant enzymes activity under drought stress in winter wheat genotypes at tillering stage. Cereal Research, 4(3): 185 -197. (In Persian) **(Journal)**
- Nakano, Y. and Asada, K. 1981. Hydrogen peroxide scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplast. Plant Cell Physiology, 22: 867-880. **(Journal)**
- Raeesi Sadati, F., Chamani, E., Sartip, A., Pazhoi, M. and Sartip, S. 2024. The effect of silicon foliar application on some physiological traits of summer savory (*Satureja hortensis* L.) under drought

- stress. *Journal of Vegetables Sciences*, 14(2): 178-194. DOI: 10.22034/IUVS.2023.1986684.1268. **(Journal)**
- Rahimi, S., Hatami, M. and Ghorbanpour, M. 2019. Effect of seed priming with nanosilicon on morpho-physiological characteristics, quercetin content and antioxidant capacity in *Calendula officinalis* L. under drought stress conditions. *Journal of Medicinal Plants*, 18(72): 186-203. **(Journal)**
- Rouhi1, H.R., Vafaei, M.H., Saman, M. and Shahbodaghloo, A.R. 2021. Study of ascorbic acid priming on germination and biochemical indexes of sheep fescue (*Festuca ovina*) seeds under drought stress. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 10(1): 29-42. DOI: 10.22034/ijssst.2020.128242.1303. (In Persian) **(Journal)**
- Pourghasemian, N. and Moradi, R. 2018. Assessing effect of drought stress and ascorbic acid application on some growth and bio-chemical parameters of marigold (*Calendula officinalis* L). *Plant Process and Function*, 6 (19): 77-88. DOI: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.5.3. (In Persian) **(Journal)**
- Saadat, H. and Sedghi, M. 2023. Effect of seed priming and aging on germination indices and activity of some hydrolytic enzymes and glyoxylate cycle in corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 10(1): 67-81. DOI: 10.22124/jms.2023.23130.1726. (In Persian) **(Journal)**
- Sarker, A., Hossain, I. and Kashem A. 2014. Salinity (NaCl) tolerance of four vegetable crops during germination and early seedling growth. *Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 1:11-18. **(Journal)**
- Shalata, A. and Neumann, P.M. 2001. Exogenous ascorbic acid (vitamin C) increases resistance to salt stress and reduces lipid peroxidation. *Journal of Horticultural Congress. The Future for Medicinal and Aromatic Plants*, 24: 641 – 50. **(Journal)**
- Shariatmadri, M.H., Parsa, M., Nezami, A. and Kafi, M. 2017. Effect of hormonal priming with gibberellic acid on emergence, growth and yield of chickpea under drought stress. *Bioscience Research*, 1: 34-41. **(Journal)**
- Sheikhnavaazjeh, P., Sedghi, M., Seyed Sharifi, R. and Sofalian, O. 2022. Effect of seed priming on germination and seedling characteristics of aged squash seeds under drought stress. *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 9(2): 31-48. DOI: 10.22124/jms 2022.6150. (In Persian) **(Journal)**
- Wakjira, K. and Negash, L. 2013. Germination responses of croton macrostachyus (*Euphorbiaceae*) to various physico-chemical pretreatment conditions. *South African Journal of Botany*, 87: 76-83. **(Journal)**
- Xu, Y., Xu, Q. and Huang, B. 2015. Ascorbic acid mitigation of water stress inhibition of root growth in association with oxidative defense in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). *Frontiers in Plant Science*, 6:792- 807. **(Journal)**
- Yadollahi1, P., Asgharipour, M. R., Bagheri, A., Kheiri, N. and Amiri, A. 2016. The effect of ascorbic acid on some physiological and biochemical characteristics of basil under arsenic toxicity. *Plant Production Technology*, 1: 207-217. (In Persian) **(Journal)**
- Younesi, O. and Moradi, A. 2015. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and mycorrhizal fungi on seedling emergence, early establishment and growth of two ecotypes alfalfa (*Medicago sativa*) under salinity stress condition. *Journal Plant Production Research*, 22: 105-126. (In Persian) **(Journal)**
- Younis, M.E., Hasaneen, M.N.A. and Kazamel, A.M.S. 2010. Exogenously applied ascorbic acid ameliorates detrimental effects of NaCl and mannitol stress in *Vicia faba* seedlings. *Protoplasma*, 239: 39-48. **(Journal)**
- Zakerian, F., Sefidkon, F., Abbaszadeh, B. and Kalate-Jari, S. 2020. Effect of drought stress and mycorrhizal fungi on physiological traits and essential oil percentage of *Satureja sahandica* Bornm. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51(1): 189-201. DOI: 10.22059/ijhs.2018.267489.1521. (In Persian) **(Journal)**



The effect of priming with ascorbic acid on some physiological, biochemical and germination characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L.) seeds under drought stress

Ahmad Afkari*

Received: August 29, 2025

Accepted: December 14, 2025

Abstract

In order to investigate the effect of ascorbic acid on some physiological, biochemical and seed germination characteristics of summer savory under drought stress, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in the physiology laboratory of Islamic Azad University, Kalibar Branch, in the crop year 2024. The experimental treatments included different concentrations of ascorbic acid at four levels (0, 0.5, 1 and 2 mM) and different levels of drought stress created with polyethylene glycol 6000 at five levels with potentials of zero (distilled water), -4, -8, -12 and -16 MPa. The results showed that the effect of drought stress and different concentrations of ascorbic acid on germination components, photosynthetic pigments and antioxidant enzymes was significant at the 1% probability level. The interaction of ascorbic acid and drought stress on root and shoot length, chlorophyll a content, total chlorophyll and the activity of superoxide dismutase and ascorbate peroxidase enzymes was significant. The results of comparing the average interaction of drought stress and different concentrations of ascorbic acid showed that the highest levels of chlorophyll a (6.15 mg/g/fw) and total chlorophyll (10.87 mg/g/fw) related to priming with ascorbic acid at a concentration of 2 mM under conditions without stress (control) and pretreatment with ascorbic acid at a concentration of 2 mM, and the highest levels of superoxide dismutase enzyme activity (472.52 u/mg.protein) and ascorbate peroxidase (0.25 u/mg.protein) it was related to priming with ascorbic acid at a concentration of 2 mM under stress conditions of -16 MPa. In general, the results of this study showed that the use of foliar spraying of ascorbic acid, especially at a concentration of 2 mM, reduced the negative effects of water deficit stress and also improved germination indices, photosynthetic pigments, and increased antioxidant enzyme activity in savory seeds.

Keywords: Antioxidant enzymes; Germination; Osmotic potential; Photosynthetic pigments; Priming; Savory

How to cite this article

Afkari, A. 2025. The effect of priming with ascorbic acid on some physiological, biochemical and germination characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L.) seeds under drought stress. Iranian Journal of Seed Science and Research, 12(2): 87-98. (In Persian)(**Journal**)
DOI: [10.22124/jms.2025.9441](https://doi.org/10.22124/jms.2025.9441)

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research
The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit <http://jms.guilan.ac.ir/>

Department of Agronomy, Kaleibar Branch, Islamic Azad University, Kaleibar, Iran. Afkari@iau.ac.ir

*Corresponding author: Afkari@iau.ac.ir