

## اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های ذرت در شرایط تنش شوری

داور ملازم<sup>۱\*</sup>، علی بشیرزاده<sup>۲</sup> و جعفر عظیمی<sup>۳</sup>

۱) گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد آستارا، دانشگاه آزاد اسلامی، آستارا، ایران.

۲) گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران.

\* نویسنده مسئول: [d.molazem@iau-astara.ac.ir](mailto:d.molazem@iau-astara.ac.ir)

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی می‌باشد.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۶

### چکیده

به منظور بررسی اثر محلول پاشی غلظت‌های اسید سالیسیلیک (صفر، یک و دو میلی‌مولار) بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی سه ژنوتیپ ذرت NS640، SC580 و SC704 در تنش شوری (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار NaCl) به صورت آزمایش فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به صورت آزمایش گلدانی در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. نتایج نشان داد که اکثر صفات اختلافات معنی‌داری در سطوح مختلف شوری و اسید سالیسیلیک داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش شوری باعث افزایش پرولین، سوپراکسید دیسموتاز، مالون-دی‌آلدئید، مقدار سدیم و نشت یونی به ترتیب ۷۰/۴۹، ۱۴۵، ۵۸/۹۹، ۹۲/۸۶ و ۱۲/۶ درصد شد، در حالی که کاروتنوئیدها، شاخص پایداری غشاء و پتاسیم به ترتیب ۳۶/۴۱، ۲۰/۳۲ و ۳۹/۶۸ درصد کاهش یافت. محلول پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۲۴ درصدی آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نسبت به شاهد شد، اما بین یک با دو میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری دیده نشد. واریته NS64 بیشترین آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را نشان داد. ژنوتیپ‌های ذرت تحت تنش شوری دارای محتوای مالون‌دی‌آلدئید بیش‌تر بودند، با این وجود کم‌ترین مقدار مالون‌دی‌آلدئید (۶/۵۳۸ واحد مول در گرم وزن تر) در شرایط غیرشور و بالاترین سطح اسید سالیسیلیک مشاهده شد. محلول پاشی اسید سالیسیلیک باعث تعدیل اثر منفی تنش شوری بر روی صفات شد و باعث افزایش کاروتنوئیدها، پتاسیم و شاخص پایداری غشاء گردید و مقدار مالون‌دی‌آلدئید و نشت یونی را کاهش داد. ژنوتیپ SC704 با داشتن بیشترین مقدار پرولین، مالون‌دی‌آلدئید و پتاسیم بیشترین شاخص پایداری غشاء را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: شوری، سوپراکسید دیسموتاز، ذرت و مالون‌دی‌آلدئید.

## مقدمه

امروزه دامنه کاربرد ذرت علاوه بر تغذیه دام و طیور در تغذیه انسان و در صنعت نیز روبه گسترش می‌باشد. این گیاه به دلیل تنوع، سازگاری و ارزش غذایی فراوان در ردیف بهترین گیاهان زراعی قرار گرفته است. ذرت در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه، نسبت به سایر مراحل به‌شوری مقاوم‌تر بوده، اما به‌طور کلی جزء گیاهان حساس به‌شوری طبقه‌بندی می‌شود (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۹). کاهش بالای ۷۰ درصد در بقای گیاه، تولید زیست‌توده و عملکرد در اثر تنش‌های غیرزنده مانند خشکسالی، گرما، سرما و شوری در این گیاه گزارش شده است (Ahmad *et al.*, 2012). در مسیر تغییر جهانی آب و هوا تهدید پیش‌بینی شده، افزایش شوری است. بیش از شش درصد از زمین‌های جهان تحت اثر شوری قرار دارند و میزان آن در سراسر جهان و ایران به‌طور مرتب افزایش می‌یابد و مورد توجه پژوهش‌های داخلی قرار گرفته است (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2016). غلظت‌های بالای نمک خاک از یک‌طرف باعث کاهش پتانسیل آب خاک شده (تنش اسمزی) و از طرف دیگر برای گیاه سمیت (سمیت یونی) ایجاد می‌نماید (Munns, 2005). مسمومیت یونی در اثر تجمع یون‌های خاص به‌ویژه سدیم، باعث اختلال در واکنش‌های متابولیک گیاه می‌شود. در شرایط تنش اسمزی گیاه در اثر افزایش تجمع ترکیبات اسمزی از جمله پرولین و کربوهیدرات‌های محلول (پدیده تنظیم اسمزی)، به جذب ادامه می‌دهد (Demiral and Turkan, 2005). اسید سالیسیلیک یا اورتو هیدروکسی‌بنزوئیک‌اسید متعلق به گروه ترکیبات فنلی است. سالیسیلیک اسید نقش‌های متعددی را در گیاه ایفا می‌کند و به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد و نمو شناخته می‌شود که در رشد و نمو گیاهان، جذب یون‌ها و فتوسنتز نقش دارد. سالیسیلیک اسید یک مولکول علامتی مهم برای میانجی‌گری پاسخ‌های گیاهان در برابر تنش‌های محیطی است. این ماده در تعداد زیادی از گیاهان به‌وسیله سلول‌های ریشه تولید می‌شود و به‌عنوان ماده‌ای شبه‌هورمونی، نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کند و در غلظت‌های کم بر بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی اثر می‌گذارد (Khan *et al.*, 2015). اسید سالیسیلیک نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مانند رشد و نمو گیاه، جذب یون‌ها، فتوسنتز و جوانه‌زنی، رسیدگی و پاسخ‌های دفاعی ایفا می‌کند (Miura and Tada, 2014). اسید سالیسیلیک ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان تحت تنش‌های غیرزیستی را تنظیم نموده و نیز سبب مقاومت آن‌ها در برابر بیماری‌ها می‌شود. اسید سالیسیلیک فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاهان را تنظیم و عوارض جانبی تنش را کاهش داده و می‌تواند اثر نامطلوب تنش را بهبود بخشد. Hashempour و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید باعث افزایش تحمل به تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی و شوری شده و باعث افزایش در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مانند کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز و موجب افزایش تحمل به‌شوری در گیاهان شده است. احتمالاً اثر اسید سالیسیلیک به‌چندین عامل از جمله مقدار مصرف، گونه-

های گیاهی، مرحله رشد و نحوه کاربرد بستگی دارد (Poor et al., 2019). قهرمانی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه آب شور بر روی ذرت نشان دادند که به جز وزن خشک کل، همه ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک مورد ارزیابی شامل شاخص سطح - برگ، محتوی آب نسبی برگ، هدایت روزنه‌ای، میزان سبزیگی، مقدار سدیم و نسبت پتاسیم به سدیم برگ و نیز عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. طبق گزارش Fahad و Bano (۲۰۱۲) اسید سالیسیلیک در ذرت سبب کاهش اثر تنش بر روی اغلب صفات گیاه شد. طریق‌الاسلامی و همکاران (۱۳۹۶) نشان دادند که مصرف ۴۰۰ میکرومولار محلول پاشی اسید سالیسیلیک به‌طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد بیولوژیک و دانه در ذرت بهبود می‌یابد. دهقان و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی اسید سالیسیلیک بر گیاه خرفه تحت تنش کلرید سدیم بیان کردند که تنش شوری تا ۳۰۰ میلی‌مولار میزان پرولین برگ و گلاسیسین بتائین را افزایش داد و در اغلب سطوح شوری کاربرد سالیسیلیک باعث کاهش پرولین شد. دایی‌حسینی و همکاران (۱۳۹۸) گزارش دادند که شوری باعث افزایش معنی‌دار مالون‌دی‌آلدئید و سوپراکسید دیسموتاز و کاهش معنی‌دار کاروتنوئیدها در گیاهچه‌های گندم شد و اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل و کاروتنوئید شد و کاربرد اسید سالیسیلیک سبب بهبود تنش اکسیداتیو گردید. El-Katony و همکاران (۲۰۱۹) اثر تنش شوری صفر و ۱۵۰ میلی‌مولار و زمان کاربرد اسید سالیسیلیک بر روی دو هیبرید ذرت را بررسی کردند و نشان دادند که اثر شوری بر روی زیست‌توده ریشه بسیار مشهود بود. اثر شوری بر غلظت کلروفیل برگ معنی‌دار نبود، اما شوری غلظت قندهای محلول، پرولین و سدیم برگ را افزایش داد. با توجه به نیاز کشور برای تولید ذرت و افزایش روزافزون خاک‌های شور مطالعه تحمل ژنوتیپ‌های مختلف لازم می‌باشد. از اهداف این تحقیق بررسی تأثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های مختلف ذرت و مقایسه آن‌ها در جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری بوده است.

## مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل با UTM ۳۸/۲۴۶۳۰۳ و ۴۸/۲۴۰۵۹۶ اجرا شد. به‌منظور بررسی کلیه عوامل، آزمون تجزیه خاک انجام گرفت تا عوامل محدود کننده رشد گلدانی به‌خوبی شناسایی شده و به‌خصوص در مورد هدایت الکتریکی هیچ‌گونه محدودیت اولیه وجود نداشته باشد. سه ژنوتیپ ذرت شامل NS640، SC580، SC704 و سطوح شوری صفر (شاهد)، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم خالص و سه غلظت اسید سالیسیلیک (صفر، یک و دو میلی‌مولار) به‌صورت آزمایش فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به‌صورت آزمایش گلدانی اجرا شد. آزمایش کلی خاک انجام شد و درصد عصاره اشباع تعیین شد و از طریق نرم‌افزار Saltcalc میزان نمک مورد نیاز برای رسیدن به تنش، محاسبه و در تیمارهای مربوطه هم‌زمان با

کاشت اعمال شد (جدول ۱). برای انجام آزمایش از گلدان‌های پلاستیکی با ارتفاع ۳۵ و قطر دهانه ۲۵ سانتی‌متر استفاده شده و به نسبت ۱:۲:۳ به ترتیب با خاک برگ، ماسه بادی، کود دامی پوسیده و خاک زراعی پر شد و سه بذر کشت شد که بعد از سبز شدن یکی از آن‌ها باقی ماند. برای ممانعت از کاهش غلظت نمک، از زیرگلدانی استفاده شد تا نمک خارج شده دوباره با آبیاری به داخل گلدان برگردانده شود و غلظت نمک در طول آزمایش ثابت بماند. آزمایش تا زمان شروع گرده افشانی ادامه یافت و صفات موردنظر اندازه‌گیری شد.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌های آزمایشی

نقطه	ظرفیت	سیلت	شن	رس	پتاسیم قابل	فسفر قابل	هدایت الکتریکی			
							(دسی‌زیمنس بر	کربن آلی	اسیدیتته	
بژمردگی	زراعی	(درصد)		(میلی‌گرم بر کیلوگرم)		(متر)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	
۱۸	۳۰	۳۶	۱۵	۴۹	۴۵۳	۹/۳	۰/۵۲	۰/۸۶	۷/۸	۴۶

برای سنجش میزان آسیب به غشا و میزان نشت یونی از روش Ben Hamed و همکاران (۲۰۰۷) استفاده شد (رابطه ۱). ۳۰ روز پس از شروع تنش، از هر بوته یک برگ در موقعیت یکسان برداشت و استفاده شد. ۰/۲ گرم از بافت سالم و تازه اندام هوایی گیاه را بعد از شستشو با آب مقطر برای شستشوی یون‌های احتمالی از سطح گیاه درون لوله آزمایش در پیچ‌دار قرار داده و ۱۰ میلی‌لیتر آب دی‌یونیزه اضافه شد. سپس لوله‌ها به مدت دو ساعت در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد درون حمام آب گرم قرار داده شد و سپس به دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شد و هدایت الکتریکی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد و بعد از خنک شدن لوله‌ها تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد هدایت الکتریکی دوباره سنجیده شد و به ترتیب درصد نشت یونی و شاخص پایداری غشاء از رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه شدند:

$$EL = \frac{Ec_1}{Ec_2} \times 100 \quad \text{رابطه ۱:}$$

$$MS = 1 - \frac{Ec_1}{Ec_2} \times 100 \quad \text{رابطه ۲:}$$

اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید به روش Heath و Packer (۱۹۶۸) انجام شد. برای اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید، ۰/۲ گرم از بافت فریز شده برگ گیاه با ۵ میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک اسید ۰/۱ درصد ساییده شد. عصاره حاصل با استفاده از سانتریفیوژ به مدت ۵ دقیقه در ۱۰۰۰۰g سانتریفیوژ شد. به یک میلی‌لیتر از محلول رویی حاصل از سانتریفیوژ، ۴ میلی‌لیتر محلول تری‌کلرواستیک اسید ۲۰ درصد که حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک اسید بود، اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد در حمام آب گرم حرارت داده شده سپس بلافاصله در یخ سرد شد و دوباره

مخلوط به مدت ۱۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰g سانتریفیوژ گردید. شدت جذب این محلول با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۲ نانومتر خوانده شد. ماده مورد نظر برای جذب در این طول موج، کمپلکس قرمز مالون دی آلدئید - تیوباربتوریک اسید است. جذب بقیه رنگیزه‌های غیر اختصاصی در ۶۰۰ نانومتر تعیین و از این مقدار کسر گردید. برای محاسبه غلظت مالون دی آلدئید از ضریب خاموشی معادل  $155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  استفاده شد و نتایج حاصل از اندازه‌گیری بر حسب نانومول بر گرم وزن تر محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم برگ‌ها بعد از برداشت به دقت شسته شدند و برای به دست آوردن ماده خشک در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. برای اندازه‌گیری مواد معدنی، نمونه‌های گیاهی در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت خاکستر شدند، سپس در ۵ میلی‌لیتر محلول نیتریک اسید ۲ مولار حل شدند و در نهایت حجم محلول با آب دوبار تقطیر به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شدند و با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف گردیدند. سدیم و پتاسیم توسط دستگاه فلیم‌فتومتر (Jenway PFP7; ELE instrument Co. Ltd.) اندازه‌گیری شدند. مقدار کاروتنوئیدها با استفاده از روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) اندازه‌گیری گردید. مقدار ۰/۲ گرم از برگ‌های تازه گیاه با ۱۵ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد سائیده شده و پس از عبور از صافی، جذب آن‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر خوانده شد و با استفاده از رابطه ۳ بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد:

$$\text{Car} = [1000 \text{ A}_{470} - 1.8 \text{ Chla} - 85.02 \text{ Chlb}] / 198 \quad \text{رابطه ۳:}$$

برای اندازه‌گیری پرولین از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. ۰/۵ گرم ماده تر برگ را در هاون له‌کرده و درون یک تیوب ریخته و ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳٪ به آن اضافه کرده و نمونه درون یخ قرار داده شد. تیوب را در ۱۵۰۰۰ دور به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتریفیوژ نموده تا مواد اضافی از محلول جدا شود. دو میلی‌لیتر آن را برداشته و روی آن ۲ میلی‌لیتر اسید نینهدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک خالص اضافه شد و پس از قرار دادن در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه به مدت یک ساعت به آب‌بخ منتقل شد. ۴ میلی‌لیتر تولوئن به آن اضافه شده و پس از ۲۰ ثانیه تکان شدید جذب بخش رنگی بالایی در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد. برای استخراج و اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، بافت برگ داخل هاون حاوی ازت مایع پودر شده و سپس استخراج آنزیمی به روش Sairam و همکاران (۱۹۹۸) انجام شد. برای استخراج آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز ۰/۵ گرم پودر در ۱۰ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار سرد (pH=۷/۵) حاوی ۰/۵ میلی‌مول EDTA به هم زده شد. برای استخراج اسکوربات پراکسیداز ۰/۵ گرم پودر در ۱۰ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار سرد (pH=۷) حاوی ۰/۵ میلی‌مول اسید آسکوربیک به هم زده شد. مخلوط فوق با استفاده از پارچه نرم فیلتر شده و محلول صاف شده و به ظروف میکروتیوب مخصوص سانتریفیوژ یخچال دار منتقل شد. محلول

موردنظر به مدت ۱۵ دقیقه در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  با قدرت ۲۰۰۰۰g سانتریفیوژ شد. قسمت مایع شفاف (سوپرناتانت) برای ارزیابی فعالیت آنزیم مورد استفاده قرار گرفت. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به روش *Ries* و *Giannopolities* (۱۹۷۷) اندازه‌گیری شد. ۳ میلی‌لیتر محلول واکنش شامل ۱۳ میلی‌مول متیونین، ۷۵ میکرومول نیترو بلوترازولیوم کلراید (NBT)، ۲ میکرومول ریبوفلاوین، ۵۰ میلی‌مول بافر فسفات (pH=۷/۸) و ۰ تا ۵۰ میکرولیتر آنزیم استخراجی بود. واکنش با روشن کردن لامپ فلورسنت شروع شد. محلول واکنش به مدت ۱۰ دقیقه زیر دو لامپ فلورسنت ۱۵ وات با ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر با شدت نور ۱۰۰۰ لوکس قرار گرفت و با خاموشی لامپ‌ها واکنش خاتمه یافت. سپس محلول واکنش تا اندازه‌گیری جذب، توسط پارچه سیاه پوشانده شد. جذب در طول موج ۵۶۰ نانومتر با اسپکتروفوتومتر Shimadzu مدل UV-120-02 ساخت ژاپن اندازه‌گیری شد. به یکی از ظروف آنزیمی اضافه نشد و در نتیجه حداکثر رنگ ایجاد شد. یکی از ظروف نیز تحت تابش نور قرار نگرفته و هیچ رنگی ایجاد نشده و به‌عنوان بلانک در نظر گرفته شد. یک واحد فعالیت SOD به‌عنوان مقدار آنزیم لازم برای ۵۰٪ ممانعت از احیاء فتوشیمیایی نیترو بلوترازولیوم کلراید در نظر گرفته شد (Asada et al., 1974). تجزیه واریانس و ضریب تغییرات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و MSTATC انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

## نتایج و بحث

### آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در واکنش به شوری، اسید سالیسیلیک و ژنوتیپ معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین شوری نشان داد که بیش‌ترین فعالیت آنزیم در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار اندازه‌گیری شد که با شوری ۵۰ میلی‌مولار و شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. محلول پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۲۴ درصدی آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نسبت به شاهد شده است، اما بین یک با دو میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری دیده نشد. وارپته NS64 بیش‌ترین آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را نشان داد که با SC580 اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و نشت یونی و سدیم به‌دست آمد، اما بین این صفت با پتاسیم و شاخص پایداری همبستگی منفی و معنی‌دار بود. یوسفی‌راد و شریفی (۱۳۹۸) در بررسی اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گلرنگ نشان داد که اثر محلول پاشی در سطح احتمال پنج درصد بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز اثر داشت و محلول پاشی موجب افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز شد. Samadi و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی اثر اسید سالیسیلیک و شوری در توت فرنگی برای مقدار آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز اختلاف غیرمعنی‌داری بین ۱۰۰ و ۵۰۰ میکرومول به‌دست آورد. چمانی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش

نمودند که فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در شرایط تنش شوری نسبت به عدم اعمال تنش بیش تر شد که دلیل را به عدم توانایی استفاده از آب نسبت دادند. نعمت پور و همکاران (۱۳۹۴) نشان داد که افزایش شوری باعث افزایش فعالیت آنزیم شد و بیش ترین میزان آن در بالاترین سطح شوری به دست آمد. دایی حسنی و همکاران (۱۳۹۸) گزارش دادند که شوری باعث افزایش معنی دار سوپر اکسید دیسموتاز و کاهش معنی دار کاروتنوئیدها در گیاهچه های گندم شد و اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی دار کلروفیل و کاروتنوئید شد.

### محتوای پرولین

محتوای پرولین در واکنش به شوری معنی دار بود و برهم کنش شوری در ژنوتیپ و سالیسیلیک در ژنوتیپ نیز معنی دار بود. افزایش شوری خاک به ۱۰۰ میلی مولار با افزایش ۷۰/۴۹ درصدی محتوای پرولین برگ همراه بود (جدول ۲). در شرایط شوری، گیاه به منظور ادامه جذب آب از طریق تجمع ترکیبات اسمزی از جمله پرولین و کربوهیدرات های محلول، پتانسیل اسمزی خود را کاهش داده و باعث بروز پدیده تنظیم اسمزی می شود، این کار باعث می شود که گیاهان با حفظ آماس برگ در شرایط پتانسیل پایین آب، به رشد خود ادامه داده و با استفاده از پدیده تنظیم اسمزی، تا حدودی از اثر سوء تنش اجتناب کنند (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2016). مطالعه برهم کنش شوری در سالیسیلیک اسید نشان داد که محتوای پرولین در بوته های محلول پاشی شده بیش تر از بوته های تیمار نشده بود و بیش ترین محتوای پرولین در شوری ۱۰۰ میلی مولار مشاهده شد. بین ژنوتیپ های SC704 و SC580 از نظر محتوای پرولین اختلاف معنی داری دیده نشد. مقایسه میانگین سالیسیلیک در وارسته نشان داد که بیش ترین محتوای پرولین در SC704 و در محلول پاشی غلظت ۲ میلی مولار سالیسیلیک بود. اسید آمینه پرولین که تحت شرایط تنش در سلول های گیاهی تجمع می یابد به عنوان یک آنتی اکسیدان غیر آنزیمی مطرح می شود و به دلیل نقش محافظتی که در سلول ایفا می کند، در شرایط تنش های محیطی می تواند گیاه را از آسیب های احتمالی حفظ کند. در سلول های تحت تنش، پرولین سبب محافظت سلول و ممانعت از ایجاد سمیت در سلول می شود (Bayoumi *et al.*, 2010). در شرایط تنش، غلظت اسید آمینه پرولین نسبت به سایر اسیدهای آمینه افزایش یافته و این هورمون به عنوان مخزن ذخیره ای نیتروژن و یا ماده محلول کاهش دهنده پتانسیل اسمزی سیتوپلاسم، عمل نمی نماید، بلکه تحمل گیاه را به تنش افزایش می دهد (Shawquat *et al.*, 2015). شوقیان و روزبهانی (۱۳۹۶) در بررسی محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر گیاه لوبیا قرمز در شرایط تنش خشکی نشان دادند که شوری و سالیسیلیک باعث افزایش مقدار پرولین شد. Shaki و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که با افزایش شوری به ۲۰۰ میلی مولار محتوای پرولین افزایش یافت و با محلول پاشی با اسید سالیسیلیک محتوای پرولین کاهش یافت. پیراسته و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک به ۲ میلی مولار مقدار پرولین در برگ پرچم جو به طور

معنی داری افزایش یافت. در شرایط شوری، گیاه به منظور ادامه جذب آب از طریق تجمع ترکیبات اسمزی از جمله پرولین و کربوهیدرات‌های محلول، پتانسیل اسمزی خود را کاهش داده و باعث بروز پدیده تنظیم اسمزی می‌شود، این کار باعث می‌شود که گیاهان با حفظ آماس برگ در شرایط پتانسیل پایین آب، به رشد خود ادامه داده و با استفاده از پدیده تنظیم اسمزی، تا حدودی از اثر سوء تنش اجتناب کنند. El-Katony و همکاران (۲۰۱۹) اثر تنش شوری و کاربرد اسید سالیسیلیک را روی دو هیبرید ذرت بررسی و نشان دادند شوری غلظت قندهای محلول و پرولین برگ را افزایش داد.

### محتوای مالون‌دی‌آلدئید

محتوای مالون‌دی‌آلدئید در واکنش به شوری، اسید سالیسیلیک، ژنوتیپ و برهم‌کنش آن‌ها معنی دار بود (جدول ۲). ژنوتیپ‌های ذرت تحت تنش شوری دارای محتوای مالون‌دی‌آلدئید بیش‌تر بودند. برهم‌کنش شوری در اسید سالیسیلیک نشان داد که در هر دو شرایط غیرشور و شور محلول پاشی سطوح مختلف اسید سالیسیلیک سبب کاهش محتوای مالون-دی‌آلدئید شد با این وجود کم‌ترین سطح مالون‌دی‌آلدئید (۶/۵۳۸ واحد مول در گرم وزن تر) در شرایط غیرشور و بالاترین سطح اسید سالیسیلیک مشاهده شد (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه SC704 بیش‌ترین محتوای مالون‌دی‌آلدئید را در بالاترین مقدار شوری نشان داد که با بقیه اختلاف معنی‌داری داشت. Elhakem (۲۰۲۰) در ارزیابی مقاومت ذرت به شوری با کاربرد اسید سالیسیلیک نشان داد که مقدار کل قندهای محلول و پرولین در غلظت ۸۰ میلی‌مول نمک و اسید سالیسیلیک بیش‌ترین مقدار را داشت و با عدم مصرف اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌داری نشان داد. رادیکال‌های سوپراکسید ایجاد شده در شرایط تنش شوری باعث پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء و در نتیجه آسیب به غشاهای سلولی می‌شود (Borsani *et al.*, 2001). محتوای مالون‌دی‌آلدئید و شاخص پایداری غشا در واکنش به شوری، اسید سالیسیلیک و برهم‌کنش آن‌ها معنی‌دار و نشتیونی در واکنش به شوری و اسید سالیسیلیک معنی‌دار بود. اسید سالیسیلیک با مهار گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر باعث کاهش آسیب به غشای سلولی و کاهش نشتیونی شدند. این ساز و کار یک راهکار مهم برای کاهش اثر سوء تنش شوری بر گیاه توسط اسید سالیسیلیک بوده و در آزمایش‌های Ashraf و همکاران (۲۰۱۰)، Ahmed و همکاران (۲۰۱۲) گزارش شده است. Sultan و همکاران (۲۰۲۱) در آزمایشی با کاربرد اسید سالیسیلیک بر روی ذرت در شرایط شوری نشان دادند که کاهش در مقدار مالون‌دی‌آلدئید به‌عنوان نشانگر تنش اکسیداتیو با افزایش مقدار آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ارتباط مستقیمی داشت. داش‌آقا و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر برخی پارامترهای رشد و بیوشیمیایی گیاه گندم و ذرت تحت تنش شوری در شرایط آزمایشگاهی نشان داد که با افزایش سالیسیلیک کاهش معنی‌داری در میزان مالون‌دی‌آلدئید دیده شد. در این آزمایش، افزایش تجمع مالون‌دی‌آلدئید شاخص مهمی از نشتیونی پراکسیداسیون لیپید غشایی در وضعیت تنش شوری است (Jiang *et al.*, 2017).

### شاخص پایداری غشاء و نشت یونی

شاخص پایداری غشاء در واکنش به شوری، اسید سالیسیلیک، ژنوتیپ و برهم‌کنش شوری در ژنوتیپ معنی‌دار بود. نشت یونی در واکنش به شوری و ژنوتیپ معنی‌دار بود (جدول ۲). ژنوتیپ‌های ذرت در شرایط تنش شوری شاخص پایداری غشاء کم‌تر و نشت یونی بیش‌تر به ترتیب ۲۰/۳۲ و ۱۲/۶۴ درصد بودند نتایج حاصل از جدول همبستگی صفات نیز همبستگی منفی و معنی‌داری بین شاخص پایداری غشاء و نشت یونی نشان داد (جدول‌های ۳ و ۴). پایداری غشای سلولی در شرایط تنش شوری با سنتز پروتئین‌های ویژه و آنزیم‌های کلیدی فتوسنتز و غشاهای تیلاکوئیدی مرتبط است. پایداری غشای سلولی، حتی در مراحل ابتدایی تنش، شاخص مناسبی از میزان تحمل گیاه به تنش است. علاوه بر این نتایج برخی از پژوهش‌ها نشان داده است که غشاهای سلولی و اندامک‌ها، اولین محل آسیب به سلول‌ها در شرایط تنش توسط گونه‌های فعال اکسیژن هستند (Candan and Tarhan, 2003). نتایج نشان داد که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از ۱ به ۲ میلی‌مولار کاهش معنی‌داری در نشت یونی به ترتیب ۵/۰۵ و ۱۱/۵۳ درصد مشاهده شد. بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت و کم‌ترین مقدار نشت یونی و بالاترین پایداری غشاء در SC704 مشاهده شد که با دو ژنوتیپ دیگر اختلاف معنی‌داری داشت. مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری در اسید سالیسیلیک نشان داد که کم‌ترین مقدار نشت یونی با ۵۸/۱۴ در شرایط بدون شوری و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به دست آمد (جدول ۳).

### کاروتنوئیدها

اثر شوری بر کاروتنوئیدها معنی‌دار بود، اما بین سایر اثرها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). دهقان‌زاده-جزی و اداوی (۱۳۹۷) در بررسی اثر اسید سالیسیلیک و اسید هومیک بر عملکرد ذرت علوفه‌ای نشان داد که اسید سالیسیلیک در تنش شدید دارای اثر منفی و در تنش ملایم بی‌اثر بود. مهدویان (۱۳۹۶) بیان نمود که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب بهبود غلظت کاروتنوئید برگ جو در شرایط تنش شوری در مقایسه با گیاهانی شد که تحت اثر تیمار سالیسیلیک قرار نگرفتند. تنش شوری با افزایش غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اسید آبسزیک و اتیلن باعث تحریک آنزیم کلروفیل‌لاز شده و بر اثر آن کلروفیل‌ها تجزیه می‌شوند (Orabi *et al.*, 2010). تجمع یون‌های سدیم و کلر در برگ‌ها در شرایط شوری نیز بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی اثر منفی دارد (Stepien and Kibus, 2006). بین محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. تنش شوری با اختلال در جذب برخی عناصر دخیل در سنتز کلروفیل مانند آهن و منیزیم، باعث کاهش محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها در برگ می‌شود. این کاهش می‌تواند با تخریب ساختار کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها، تخریب پیش‌ماده‌های سنتز کلروفیل و جلوگیری از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید و فعال‌شدن آنزیم‌های تجزیه‌کننده از جمله کلروفیل‌لاز و

اختلالات هورمونی مرتبط باشد (Neocleous and Vasilakakis, 2007). کاروتنوئیدها انرژی زیادی از فتوسیستم I و II به صورت گرما یا واکنش‌های شیمیایی دفع کرده و می‌توانند غشاهای کلروپلاستی را حفظ نمایند (Juan *et al.*, 2005).

### سدیم و پتاسیم اندام‌هوایی

اثر شوری، اسید سالیسیلیک، ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ در شوری بر غلظت سدیم و پتاسیم برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). شوری به‌طور معنی‌داری سبب افزایش سدیم برگ شد و بیش‌ترین مقدار آن در ۱۰۰ میلی‌مولار به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۹۲/۸۶ درصد افزایش یافت. محلول پاشی اسید سالیسیلیک سبب کاهش معنی‌دار سدیم در برگ شد و کم‌ترین مقدار در ۲ میلی‌مولار به‌دست آمد. از نظر تجمع سدیم بین SC704 با SC580 اختلاف معنی‌داری دیده نشد. با افزایش شوری مقدار پتاسیم کاهش معنی‌داری نشان داد و در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد ۶۰/۳۱ درصد کاهش نشان داد. محلول پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش پتاسیم شد (جدول ۳). دانشمند و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی اثر اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های گیاه ذرت نشان داد که محلول پاشی این ماده باعث کاهش مقدار سدیم برگ، افزایش مقدار پتاسیم و افزایش پایداری غشاء شد. چارلنگ‌بدیل (۱۳۹۳) در بررسی اثر شوری و اسید سالیسیلیک بر روی نیشکر، اثر تنش شوری بر سدیم برگ و اثر اسید سالیسیلیک بر میزان سدیم برگ را در سطح یک درصد معنی‌دار گزارش نمود، اما برهم‌کنش تنش شوری و اسید سالیسیلیک بر این صفت از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. Kaya و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که تنش شوری سبب افزایش سدیم و کاهش پتاسیم در بافت‌های ذرت شد. تنش شوری به‌دلیل افزایش غلظت یون سدیم در برگ سبب کاهش کلروفیل و اسید سالیسیلیک و فعالیت آنزیم روبیسکو میزان فتوسنتز کل را افزایش می‌دهد. کاربرد اسید سالیسیلیک تحت شرایط شور سبب کاهش سدیم شده و از انتقال بیشتر سدیم به بخش هوایی گیاه تحت تنش شوری جلوگیری می‌نماید (Khan *et al.*, 2010). سالیسیلیک اسید در افزایش قدرت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و کاهش تنش اکسیداتیو و افزایش همبستگی و پایداری غشا و تعدیل و تنظیم اسمزی از طریق افزایش مقدار پتاسیم به‌عنوان یون بسیار مهم در حفظ فشار تورژسانس سلولی نقش دارد (Bandurska and Stroinski, 2005; Korkmaz *et al.*, 2007). همچنین اسید سالیسیلیک در غلظت‌های مناسب با افزایش توان سیستم آنتی‌اکسیدانی سلول سبب کاهش اثرات مخرب تنش شوری از جمله تنش اکسیداتیو می‌شود (Hayat and Ahmad, 2007). نعمت‌پور و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند غلظت سدیم اندام‌هوایی تحت اثر تنش شوری افزایش یافت و با افزایش شدت تنش مقدار سدیم افزایش یافت. Shaki و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی اسید سالیسیلیک در مقاومت به‌شوری اظهار داشتند که اسید سالیسیلیک با کاهش سدیم سیتوزولی سبب افزایش سیستم دفاعی گیاه می‌شود و فعالیت ظهور ژن مسئول سدیم را جهت ذخیره‌سازی در واکوئل تحریک می‌نماید.

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های ذرت

منابع تغییرات	درجه آزادی	پرولین	نسبت سدیم به پتاسیم	پتاسیم برگ	سدیم برگ	شاخص پایداری غشاء	کاروتنوئیدها	مالون دی آلدئید	نشت یونی	سوپراکسید دیسموتاز
تکرار	۲	۰/۸۷۶	۰/۰۵۹	۳/۵۳۵	۲/۷۸۵	۳۰/۰۵۴	۰/۰۹۷**	۰/۱۳۵	۹/۵۶۹	۰/۹۲۸**
شوری	۲	۰/۹۸۱**	۲۰/۸۹**	۴۲۵/۱۰۸**	۱۳۶۱/۸**	۴۴۹/۲۲**	۰/۱۱۱**	۱۱۵/۱۸۱**	۱۳۹۵/۷**	۰/۶۴۶**
سالیسیلیک	۲	۰/۱۷۱ <sup>ns</sup>	۱/۶۱۱**	۱۵/۳۲۸**	۱۶۷/۱۵**	۴۳۷/۲۷**	۰/۰۲۸ <sup>ns</sup>	۲۸/۷۷۱**	۲۲/۳۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۴۳*
شوری و سالیسیلیک	۴	۰/۱۶۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۶۶ <sup>ns</sup>	۲/۶۳۶ <sup>ns</sup>	۶/۸۸۴ <sup>ns</sup>	۱۴/۵۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۳/۸۶۳**	۹۸/۵۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>
خطا	۱۶	۰/۱۰۱	۰/۰۰۳	۱/۰۸۷	۵/۱۷۵	۳۲/۸۴۹	۰/۰۱۴	۰/۰۸۸	۷۴/۰۷۲	۰/۰۱۱
ژنوتیپ	۲	۰/۰۸۱ <sup>ns</sup>	۱/۵۰۷**	۸۹/۷۱**	۲/۸۹۷*	۱۴۱/۶۲**	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۱۹/۵۵**	۳۷۳/۷۴**	۰/۳۴۵**
شوری در ژنوتیپ	۴	۰/۱۷۳**	۰/۶۷۷**	۰/۴۰۵ <sup>ns</sup>	۳۰/۰۷۹**	۱۶/۱۲۳**	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۱/۵۵۸**	۳۲/۶۵۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۶ <sup>ns</sup>
سالیسیلیک در ژنوتیپ	۴	۰/۱۴۳*	۰/۰۲۳*	۱/۱۸۴*	۱/۲۴۹ <sup>ns</sup>	۴/۱۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۳۴۷ <sup>ns</sup>	۵/۹۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>
شوری در ژنوتیپ و سالیسیلیک	۸	۰/۱۳۱**	۰/۰۱۷ <sup>ns</sup>	۰/۶۹۵ <sup>ns</sup>	۲/۱۰۶**	۱۳/۱۶۵**	۰/۰۱۲ <sup>ns</sup>	۰/۲۴ <sup>ns</sup>	۹/۷۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>
خطا	۳۶	۰/۰۴۱	۰/۰۰۸۸	۰/۳۴۵	۰/۶۰۷	۳/۰۴۲	۰/۰۱۱	۰/۱۱۱	۱۳/۲۱۲	۰/۰۳۸
ضریب تغییرات		۱۷/۷۲	۵/۵۴	۳/۶۶	۳/۴۵	۵/۱۵	۱۸/۳۵	۳/۶۵	۵/۷۳	۱۶/۵۷

ns، \* و \*\* بیانگر عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

جدول ۳: مقایسه میانگین داده‌های مربوط به صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های ذرت

تیماز	پروبلین (میکرومول بر گرم وزن تر)	سوپراکسید دیسموتاز (واحد بر دقیقه گرم وزن تر)	نشست یونی (درصد)	مالون‌دی‌آلدئید (میلی مول بر گرم وزن تر)	کاروتنوئیدها (میلی - گرم بر گرم وزن تر)	شاخص پایداری غشا (درصد)	سدیم برگ (میلی - گرم بر گرم وزن تر)	پتاسیم برگ (میلی - گرم بر گرم وزن تر)	نسبت سدیم به پتاسیم
شوری	شاهد (۰ م م)	۱/۰۵۴ <sup>b</sup>	۷/۴۱۵ <sup>c</sup>	۶۱/۵۳ <sup>b</sup>	۰/۴۲۳۳ <sup>a</sup>	۳۸/۴۷ <sup>a</sup>	۱۵/۲۷ <sup>c</sup>	۲۰/۰۱ <sup>a</sup>	۰/۷۷۱۳ <sup>c</sup>
	۵۰ م	۱/۴۲۸ <sup>a</sup>	۱۳/۱۸ <sup>b</sup>	۶۷/۴۴ <sup>a</sup>	۰/۳۴۳۱ <sup>a</sup>	۳۲/۵۶ <sup>b</sup>	۲۳/۱۰ <sup>b</sup>	۱۶/۰۵ <sup>b</sup>	۱/۴۵۹ <sup>b</sup>
	۱۰۰ م	۱/۷۹۷ <sup>a</sup>	۱۸/۱۷ <sup>a</sup>	۶۹/۳۱ <sup>a</sup>	۰/۲۶۹۲ <sup>b</sup>	۳۰/۶۵ <sup>b</sup>	۲۹/۴۵ <sup>a</sup>	۱۲/۰۷ <sup>c</sup>	۲/۵۱۷ <sup>a</sup>
سالیسیلیک	شاهد (۰ م م)	۱/۵۸۲ <sup>a</sup>	۱۱/۵۵ <sup>b</sup>	۶۹/۹۷ <sup>a</sup>	۰/۳۸۷۹ <sup>a</sup>	۳۰/۰۳ <sup>c</sup>	۲۵/۳۳ <sup>a</sup>	۱۵/۲۰ <sup>b</sup>	۱/۸۴۸ <sup>a</sup>
	۱ م	۱/۴۹۰ <sup>a</sup>	۱۲/۸۸ <sup>ab</sup>	۶۶/۴۱ <sup>b</sup>	۰/۳۱۲۸ <sup>a</sup>	۳۳/۵۹ <sup>b</sup>	۲۲/۰۸ <sup>b</sup>	۱۶/۳۷ <sup>a</sup>	۱/۵۳۳ <sup>b</sup>
	۲ م	۱/۲۰۶ <sup>a</sup>	۱۴/۳۴ <sup>a</sup>	۶۱/۹۰ <sup>c</sup>	۰/۳۳۴۹ <sup>a</sup>	۳۸/۰۶ <sup>a</sup>	۲۰/۴۳ <sup>c</sup>	۱۶/۶۵ <sup>a</sup>	۱/۳۶۸ <sup>c</sup>
ژنوتیپ	SC704	۱/۵۳۷ <sup>a</sup>	۶/۸۴۳ <sup>b</sup>	۶۳/۶۶ <sup>c</sup>	۰/۳۴۶۳ <sup>a</sup>	۳۶/۳۰ <sup>a</sup>	۲۲/۲۵ <sup>b</sup>	۱۸/۰۳ <sup>a</sup>	۱/۳۳۴ <sup>c</sup>
	SC580	۱/۳۹۳ <sup>ab</sup>	۱۴/۶۶ <sup>a</sup>	۶۶/۳۷ <sup>b</sup>	۰/۳۵۲۹ <sup>a</sup>	۳۳/۶۳ <sup>b</sup>	۲۲/۶۸ <sup>ab</sup>	۱۵/۶۴ <sup>b</sup>	۱/۶۱۰ <sup>b</sup>
	NS64	۱/۳۴۸ <sup>b</sup>	۱۷/۲۵ <sup>a</sup>	۶۸/۲۵ <sup>a</sup>	۰/۳۳۵۵ <sup>a</sup>	۳۱/۷۵ <sup>c</sup>	۲۲/۸۹ <sup>a</sup>	۱۴/۴۵ <sup>c</sup>	۱/۸۰۴ <sup>a</sup>
شوری: سالیسیلیک	۱*۱	۰/۵۴۷۵ <sup>c</sup>	۶/۹۳۹ <sup>f</sup>	۶۲/۷۸ <sup>bcd</sup>	۰/۴۷۳۰ <sup>a</sup>	۳۵/۲۲ <sup>bcd</sup>	۱۷/۷۰ <sup>d</sup>	۱۸/۷۳ <sup>b</sup>	۰/۹۴۹۷ <sup>f</sup>
	۲*۱	۱/۳۵۵ <sup>ab</sup>	۷/۲۱۹ <sup>f</sup>	۶۱/۶۷ <sup>de</sup>	۰/۳۹۷۸ <sup>ab</sup>	۳۸/۳۴ <sup>ab</sup>	۱۴/۹۹ <sup>c</sup>	۲۰/۶۸ <sup>a</sup>	۰/۷۲۶۶ <sup>g</sup>
	۳*۱	۱/۲۵۸ <sup>bc</sup>	۸/۰۹۶ <sup>f</sup>	۵۸/۱۴ <sup>e</sup>	۰/۳۰۹ <sup>ab</sup>	۴۱/۸۶ <sup>a</sup>	۱۳/۱۴ <sup>e</sup>	۲۰/۶۱ <sup>a</sup>	۰/۶۳۷۳ <sup>g</sup>
	۱*۲	۱/۵۸۱ <sup>ab</sup>	۱۱/۴۰ <sup>e</sup>	۷۰/۸۷ <sup>ab</sup>	۰/۳۵۴۳ <sup>ab</sup>	۲۹/۱۳ <sup>de</sup>	۲۶/۸۵ <sup>b</sup>	۱۵/۶۰ <sup>c</sup>	۱/۷۴۷۷ <sup>d</sup>
	۲*۲	۱/۳۱۷ <sup>abc</sup>	۱۳/۲۶ <sup>de</sup>	۶۹/۱ <sup>ab</sup>	۰/۳۳۷۷ <sup>ab</sup>	۳۰/۹۰ <sup>de</sup>	۲۲/۳۱ <sup>c</sup>	۱۶/۳۷ <sup>c</sup>	۱/۳۷۶ <sup>e</sup>
	۳*۲	۱/۳۸۶ <sup>ab</sup>	۱۴/۸۹ <sup>cd</sup>	۶۲/۶۳ <sup>cde</sup>	۰/۴۳۳ <sup>abc</sup>	۳۷/۶۵ <sup>abc</sup>	۲۰/۱۳ <sup>c</sup>	۱۶/۲۲ <sup>c</sup>	۱/۲۵۵ <sup>e</sup>
	۱*۳	۱/۴۸۹ <sup>ab</sup>	۱۶/۳۳ <sup>bc</sup>	۷۴/۲۷ <sup>a</sup>	۰/۳۳۶۴ <sup>ab</sup>	۲۵/۷۳ <sup>c</sup>	۳۱/۴۰ <sup>a</sup>	۱۱/۲۷ <sup>c</sup>	۲/۸۴۸ <sup>a</sup>
	۲*۳	۱/۷۹۹ <sup>a</sup>	۱۸/۱۷ <sup>ab</sup>	۶۸/۴۵ <sup>abc</sup>	۰/۳۰۳۴ <sup>c</sup>	۳۱/۵۵ <sup>cde</sup>	۲۸/۹۵ <sup>b</sup>	۱۱/۸۳ <sup>c</sup>	۳/۴۹۳ <sup>b</sup>
	۳*۳	۲/۱۰۱ <sup>a</sup>	۲۰/۰۳ <sup>a</sup>	۶۵/۲۲ <sup>bcd</sup>	۰/۲۶۷۷ <sup>bc</sup>	۳۴/۶۷ <sup>bcd</sup>	۲۸/۰۱ <sup>b</sup>	۱۳/۱۳ <sup>d</sup>	۲/۲۱۱ <sup>c</sup>
	۱*۱	۱/۴۱۵ <sup>bc</sup>	۴/۴۹۷ <sup>c</sup>	۵۷/۹۳ <sup>c</sup>	۰/۳۹۹۱ <sup>ab</sup>	۴۲/۰۸ <sup>a</sup>	۱۶/۷۵ <sup>c</sup>	۲۱/۸۷ <sup>a</sup>	۰/۷۷۷۵ <sup>g</sup>
شوری: هواریته	۲*۱	۱/۰۲۴ <sup>c</sup>	۷/۳۱۵ <sup>c</sup>	۶۳/۰۵ <sup>d</sup>	۰/۴۶۵۸ <sup>a</sup>	۳۶/۹۵ <sup>b</sup>	۱۵/۳۳ <sup>f</sup>	۱۹/۸۳ <sup>b</sup>	۰/۷۷۸۷ <sup>g</sup>
	۳*۱	۰/۷۳۲۳ <sup>d</sup>	۱۰/۴۳ <sup>bc</sup>	۶۳/۶۲ <sup>d</sup>	۰/۴۰۵۱ <sup>ab</sup>	۳۶/۳۸ <sup>b</sup>	۱۳/۷۶ <sup>g</sup>	۱۸/۳۳ <sup>c</sup>	۰/۷۵۷۳ <sup>g</sup>
	۱*۲	۱/۶۳۱ <sup>abc</sup>	۵/۸۷ <sup>bc</sup>	۶۶/۹۱ <sup>c</sup>	۰/۳۴۴۸ <sup>abc</sup>	۳۳/۵۹ <sup>c</sup>	۲۲/۸۷ <sup>d</sup>	۱۸/۱۷ <sup>c</sup>	۱/۲۶۱ <sup>f</sup>
	۲*۲	۱/۲۶۶ <sup>bc</sup>	۸/۸۹ <sup>d</sup>	۶۶/۲۴ <sup>c</sup>	۰/۳۲۸۹ <sup>abc</sup>	۳۳/۷۶ <sup>c</sup>	۲۲/۸۷ <sup>d</sup>	۱۵/۳۸ <sup>d</sup>	۱/۴۸۷ <sup>e</sup>
	۳*۲	۱/۳۸۷ <sup>bc</sup>	۱۷/۲۷ <sup>ab</sup>	۶۹/۶۷ <sup>b</sup>	۰/۳۵۵۹ <sup>abc</sup>	۳۰/۳۳ <sup>d</sup>	۲۳/۵۵ <sup>d</sup>	۱۴/۵۹ <sup>e</sup>	۱/۶۳۰ <sup>d</sup>
	۱*۳	۱/۵۶۵ <sup>ab</sup>	۱۰/۱۷ <sup>bc</sup>	۶۶/۶۵ <sup>c</sup>	۰/۲۹۴۹ <sup>bc</sup>	۳۳/۲۴ <sup>c</sup>	۲۷/۱۳ <sup>c</sup>	۱۴/۰۵ <sup>e</sup>	۱/۹۶۳ <sup>c</sup>
	۲*۳	۱/۸۸۹ <sup>ab</sup>	۲۰/۲۹ <sup>a</sup>	۶۹/۸۳ <sup>b</sup>	۰/۲۶۷۲ <sup>c</sup>	۳۰/۱۸ <sup>d</sup>	۲۹/۸۷ <sup>b</sup>	۱۱/۷۳ <sup>f</sup>	۲/۵۶۵ <sup>b</sup>
	۳*۳	۱/۹۳۶ <sup>a</sup>	۲۴/۰۵ <sup>a</sup>	۷۱/۴۸ <sup>a</sup>	۰/۲۴۵۴ <sup>c</sup>	۲۸/۵۲ <sup>d</sup>	۳۱/۳۶ <sup>a</sup>	۱۰/۴۳ <sup>g</sup>	۳/۰۲۴ <sup>a</sup>
	۱*۱	۱/۲۳ <sup>ab</sup>	۵/۵۳ <sup>d</sup>	۶۷/۵۳ <sup>c</sup>	۰/۳۳۴۱ <sup>a</sup>	۳۲/۴۸ <sup>d</sup>	۲۵/۱۱ <sup>a</sup>	۱۶/۹۳ <sup>d</sup>	۱/۵۹۳ <sup>d</sup>
	۲*۱	۱/۱۳۶ <sup>bc</sup>	۱۳/۴۰ <sup>abcd</sup>	۶۹/۸۳ <sup>b</sup>	۰/۳۵۵۶ <sup>ab</sup>	۳۰/۱۷ <sup>e</sup>	۲۵/۳۷ <sup>a</sup>	۱۵/۱۹ <sup>e</sup>	۱/۸۳۳ <sup>b</sup>
سالیسیلیک: هواریته	۳*۱	۱/۲۱۳ <sup>bc</sup>	۱۵/۶۹ <sup>abc</sup>	۷۲/۵۷ <sup>a</sup>	۰/۳۷۴۰ <sup>ab</sup>	۲۷/۴۳ <sup>f</sup>	۲۵/۴۷ <sup>a</sup>	۱۳/۴۸ <sup>f</sup>	۲/۱۲۰ <sup>a</sup>
	۱*۲	۱/۴۷۳ <sup>ab</sup>	۶/۸۲۹ <sup>cd</sup>	۶۵/۵۴ <sup>d</sup>	۰/۲۵۲۰ <sup>b</sup>	۳۵/۴۶ <sup>c</sup>	۲۲/۰۱ <sup>b</sup>	۱۵/۸۱ <sup>b</sup>	۱/۳۱۸ <sup>f</sup>
	۲*۲	۱/۴۰۰ <sup>ab</sup>	۱۴/۷۳ <sup>abc</sup>	۶۶/۹۴ <sup>c</sup>	۰/۳۴۵۸ <sup>ab</sup>	۳۲/۰۶ <sup>d</sup>	۲۲/۱۶ <sup>b</sup>	۱۵/۸۹ <sup>d</sup>	۱/۵۷۱ <sup>d</sup>
	۳*۲	۱/۵۹۷ <sup>ab</sup>	۱۷/۰۸ <sup>ab</sup>	۶۷/۷۳ <sup>c</sup>	۰/۳۴۰۶ <sup>ab</sup>	۳۲/۲۷ <sup>d</sup>	۲۲/۰۸ <sup>b</sup>	۱۴/۷۳ <sup>e</sup>	۱/۷۰۷ <sup>c</sup>
	۱*۳	۱/۸۶۸ <sup>a</sup>	۸/۱۵۷ <sup>bcd</sup>	۵۸/۹۳ <sup>f</sup>	۰/۳۵۳۷ <sup>ab</sup>	۴۰/۹۷ <sup>a</sup>	۱۹/۶۳ <sup>d</sup>	۱۸/۶۶ <sup>a</sup>	۱/۰۹۱ <sup>g</sup>
	۲*۳	۱/۶۴۳ <sup>ab</sup>	۱۵/۸۱ <sup>abc</sup>	۶۲/۳۳ <sup>e</sup>	۰/۳۶۰۳ <sup>ab</sup>	۳۷/۶۷ <sup>b</sup>	۲۰/۵۳ <sup>c</sup>	۱۵/۸۴ <sup>d</sup>	۱/۴۲۳ <sup>e</sup>
	۳*۳	۱/۲۳۵ <sup>b</sup>	۱۸/۹۸ <sup>a</sup>	۶۴/۴۷ <sup>d</sup>	۰/۲۹۱۹ <sup>b</sup>	۳۵/۵۳ <sup>c</sup>	۲۱/۱۳ <sup>c</sup>	۱۵/۱۵ <sup>e</sup>	۱/۵۸۳ <sup>d</sup>

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۴: ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه

پرتاسیم	نسبت سدیم به پرتاسیم	مالون دی آلدئید	نشت یونی	شاخص پایداری غشا	کاروتنوئیدها	سوپراکسید دیسموتاز	پرولین
سدیم	-۰/۸۵۴**	۰/۸۱۵**	۰/۶۵۹**	-۰/۶۵۰**	-۰/۴۷۲**	۰/۳۹۱**	۰/۳۳۹**
پرتاسیم	۱	-۰/۶۲۷**	-۰/۷۱۶**	۰/۶۷۸**	۰/۴۳۷**	-۰/۵۵۳**	-۰/۲۵۰*
نسبت سدیم به پرتاسیم	۱	۰/۷۱۴**	۰/۶۴۳**	-۰/۶۶۱**	-۰/۴۷۸**	۰/۴۹۶**	۰/۳۲۳**
مالون دی آلدئید		۱	۰/۴۶۳**	-۰/۵۶۹**	-۰/۴۴۱**	۰/۱۲۵	۰/۲۲۳*
نشت یونی			۱	-۰/۴۹۵**	-۰/۲۷۲*	۰/۴۸۴**	۰/۲۱۶
شاخص پایداری غشا				۱	۰/۱۸۹	-۰/۳۷۲**	-۰/۱۸۲
کاروتنوئیدها					۱	۰/۰۱۲	-۰/۲۷۷*
سوپراکسید دیسموتاز						۱	۰/۱۴۱

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

### نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش شوری با ایجاد تغییرات فیزیولوژیک نظیر افزایش محتوای پرولین، مالون دی آلدئید و نشت یونی و کاهش شاخص پایداری غشا و محتوای کاروتنوئیدها، باعث کاهش رشد ژنوتیپ‌های ذرت شد. محلول پاشی اسید سالیسیلیک این تغییرات فیزیولوژیک ناشی از اثر سوء تنش شوری را کاهش داده و اثر تیمار اسید سالیسیلیک با کاهش مقدار سدیم در برگ و افزایش مقدار پرتاسیم و بهبود قدرت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی موجب کاهش تنش اکسیداتیو و بهبود شاخص پایداری غشا و افزایش قدرت گیاه در حفظ آب و افزایش کاروتنوئیدها به عنوان یکی از اجزای تأثیرگذار بر تولید زیست توده گردید.

### منابع

- پیراسته انوشه، ه.، امام، ی.، روستا، م.، ج. و هاشمی، س. ا. ۱۳۹۵. اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر ویژگی های بیوشیمیایی و عملکرد دانه جو رقم نصرت در شرایط تنش شوری. مجله علوم زراعی ایران. ۱۸(۳): ۲۴۷-۲۳۲.
- چارلنگ بدیل، ف.، براری، م.، شمیلی، م. و طهماسبی، ز. ۱۳۹۳. اثرات کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید بر رشد و برخی صفات مرفوفیزیولوژیک نیشکر تحت شرایط شوری. نشریه فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۶(۲۴): ۱۰۴-۸۹.
- چمانی، ف.، حبیبی، د.، خداپنده، ن.، داوودی فر، م. و اصغرزاده، ا. ۱۳۹۱. بررسی اثر تنش شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد در گندم تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد (ازتوباکترکروکوم، آزوسپیریلوم لیپوفروم، سودوموناس پوتیدا) و اسیدهومیک. نشریه زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۸(۳): ۳۹-۵۵.

- طریق‌الاسلامی، م.، کافی، م.، نظامی، ا. و ضرغامی، ر. ۱۳۹۶. تأثیر محلول پاشی با اسید سالیسیلیک بر تخفیف اثرات تنش سرمازدگی و خشکی بر عملکرد و صفات زراعی در ذرت (*Zea mays L.*). نشریه تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۰ (۴): ۶۱۵-۶۲۵.
- داش آقا، ز.، مظاهری تیرانی، م. و قاسمی خوراسگانی، م. ۱۳۹۳. اثر سالیسیلیک اسید بر برخی پارامترهای رشد و بیوشیمیایی گیاه گندم و ذرت تحت تنش شوری در شرایط آزمایشگاهی. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۴ (۱۱): ۲۰۷-۲۱۵.
- دانشمند، ف.، آروین، م. ج. ف. کرامت، ب. و مومنی، ن. ۱۳۹۱. تأثیر تنش شوری و اسید سالیسیلیک بر پارامترهای جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهان ذرت در شرایط مزرعه. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. ۱ (۱): ۵۶-۷۰.
- دایی حسنی، ب.، عابدینی، م. و شاهین‌فر، ز. ۱۳۹۸. تأثیر کاربرد اسید سالیسیلیک و سیلیکات پتاسیم بر برخی پاسخ‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گندم در شرایط تنش شوری. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. ۸ (۲۹): ۴۳-۵۷.
- دهقان، ز.، موحدی‌دهنوی، م.، بلوچی، ح.، ر. و صالحی، ا. ۱۳۹۷. تأثیر اسید سالیسیلیک بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاه خرفه تحت تنش کلرید سدیم. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. ۷ (۲۳): ۹۷-۱۱۰.
- دهقان‌زاده‌جزی، ح. و اداوی، ظ. ۱۳۹۷. اثر اسید سالیسیلیک و اسید هومیک بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد ذرت علوفه‌ای در شرایط تنش خشکی. نشریه فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۰ (۴۰): ۳۵-۵۱.
- شوقیان، م. و روزبهانی، آ. ۱۳۹۶. اثر محلول پاشی سالیسیلیک اسید بر صفات مورفوفیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز در شرایط تنش خشکی. نشریه فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۹ (۳۴): ۱۳۱-۱۴۸.
- قهرمانی پیرسلامی، ف.، راهنما، ا.، سیاهپوش، م. و برومندنسب، س. ۱۳۹۵. اثر آبیاری بارانی با آب شور بر صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه ذرت. مجله علوم زراعی ایران. ۱۸ (۲): ۱۴۶-۱۳۵.
- مهدویان، ک. ۱۳۹۶. اثر غلظت‌های متفاوت سالیسیلیک اسید بر تحمل شوری گیاهچه جو. نشریه فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۹ (۴۱): ۱۳۷-۱۲۱.

- نعمت پور، ا.، کاظمینی، س.ع. ر. و عدالت، م. ۱۳۹۴. تأثیر تنش شوری بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و رشد دو رقم ذرت شیرین. نشریه فناوری تولیدات گیاهی. ۱۵ (۲): ۱۶۵-۱۵۳.
- نورمحمدی، ق.، کاشانی، ع. و سیادت، س.ع. ۱۳۸۹. زراعت: غلات (جلد اول). انتشارات دانشگاه شهید چمران، چاپ نهم، ۴۶۸ ص.
- یوسفی‌راد، م. و شریفی، م. ۱۳۹۸. اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بروی گیاهان فیزیولوژیکی و زراعی گلرنگ در شرایط خشکی. نشریه فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۱ (۴۱): ۴۶-۲۹.
- Ahmad, P., Hakeem, K., Kumar, R. A., Ashraf, M. and Akram, N. A. 2012.** Salt-induced changes in photosynthetic activity and oxidative defense system of three cultivars of mustard (*Brassica juncea* L.). African Journal of. Biotechnology. 11: 2694–2703.
- Asada, K., Takahashi, M. and Nagate, M. 1974.** Assay and Inhibitors of Spinach Superoxide Dismutase. Agricultural and Biological Chemistry. 38(2): 471-473.
- Ashraf, M., Akram, N. A., Arteca, R. N. and Foolad, M. R. 2010.** The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. Critical Reviews in Plant Sciences. 29: 162–190.
- Bandurska, H. and Stroinski, A. 2005.** The effect of salicylic acid on barley response to water deficit Acta Physiolyg Plant. 27: 379-386.
- Bates, I., Waldern, R. P. and Teare, I. D. 1973.** Rapid determination of free prolin for water stress studies. Plant and Soil. 39: 205-207.
- Bayoumi, T., Eid, M. H. and Metwali, E. 2010.** Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. African Journal of Biotechnology. 7: 2341-2352.
- Ben Hamed, K., Castagna, A., Salem, E., Ranieri, A. and Abdelly, C. 2007.** Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) under salinity conditions: a comparison of leaf and root antioxidant responses. Plant Growth Regulation. 53(3): 185-194.
- Borsani, O., Valpuesta, V. and Botella, M. A. 2001.** Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. Plant Physiology. 126: 1024-1030.
- Candan, N. and Tarhan, L. 2003.** The correlation between antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels in *Mentha pulegium* organs grown in  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  and  $\text{Mn}^{2+}$  stress conditions. Plant Science. 163: 769-779.
- Demiral, T. and Turkan, I. 2005.** Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. Environmental and Experimental Botany. 53: 247-257.

**El-Katony, T. M., El-Bastawisy, Z. M. and El-Ghareeb, S. S. 2019.** Timing of salicylic acid application affects the response of maize (*Zea mays* L.) hybrids to salinity stress. *Heliyon* (2019) e01547. Published by Elsevier Ltd. , 5.

**Elhakem, A. 2020.** Salicylic acid ameliorates salinity tolerance in maize by regulation of phytohormones and osmolytes. *Plant, Soil and Environment*. 66 (10): 533-541.

**Giannopolities, C. N. and Ries, S. K. 1977.** Superoxide dismutase. I. Occurrence in higher plants. *Plant Physiology*. 59: 309–314.

**Hashempour, A., Ghasemnezhad, M., Fotouhi Ghazvini, R. and Sohani, M. M. 2014.** The physiological and biochemical responses to freezing stress of olive plants treated with salicylic acid. *Russian Journal of Plant Physiology*. 61(4): 443-450.

**Hayat, S. and Ahmad, A. 2007.** Salicylic acid-a plant hormone. Springer Science and Business Media.

**Heath, R. L. and Packer, I. 1968.** Photoperoxidant in isolated chloroplast. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 125: 189–198.

**Jiang, C., Zu, C., Lu, D., Zheng, Q., Shen, J. and Wang, H. 2017.** Effect of exogenous selenium supply on photosynthesis, Na<sup>+</sup> accumulation and antioxidative capacity of maize (*Zea mays* L.) under salinity stress. Nature Publishing Group. 1–14.

**Juan, M., Rivero, R. M., Romero, L. and Rviz, J. M. 2005.** Evaluation of some nutritional and biochemical indicators in selecting salt-resistant tomato cultivars. *Environmental and Experimental Botany*. 54: 193-201.

**Kaya, C., Sonmez, O., Aydemir, S. and Dikilitas, M. 2013.** Mitigation effects of glycinebetaine on oxidative stress and some key growth parameters of maize exposed to salt stress. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 37(2): 188-194.

**Khan, M. I., Fatma, M., Per, T. S., Anjum, N. A. and Khan, N. A. 2015.** Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Plant Science Journal*. 6: 462.

**Khan, N., Syeed, S., Masood, A., Nazar, R. and Iqbal, N. 2010.** Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. *International Journal of Plant Biology*. 1 (1): e1-e1.

**Korkmaz, A., Uzunlu, M. and Demirkairan, A. R. 2007.** Treatment with acetylsalicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. *Acta Physiologia Plantarum*. 29: 503-508.

**Lichtenthaler, H. K. 1987.** Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*. 148: 350-382.

**Miura, K. and Tada, Y. 2014.** Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. *Plant Science*. 5: 410.

**Munns, R. 2005.** Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*. 167: 645-663.

**Neocleous, D. and Vasilakakis, M. 2007.** Effects of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idaeus* L. 'Autumn Bliss'). *Scientia Horticulture*. 112: 282-289.

**Orabi, S., Salman, S. and Shalaby, M. A. 2010.** Increasing resistance to oxidative damage in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants by exogenous application of salicylic acid and paclobutrazol. *World Journal of Agricultural Sciences*. 6(3): 252-259.

**Pirasteh-Anosheh, H., Ranjbar, G., Pakniyat, H. and Emam, Y. 2016.** Physiological Mechanisms of Salt Stress Tolerance in Plants; an Overview p. . In: Azooz, M. M. and P. Ahmad (Eds.). *Plant Environment Interaction: Responses and Approaches to Mitigate Stress*. John Wiley and Sons. 141-160.

**Poor, P., Borbbly, P., Bodi, N., Bagyanszki, M. and Tari, I. 2019.** Effects of salicylic acid on photosynthetic activity and chloroplast morphology under light and prolonged darkness. *Photosynthetica*. 57(2): 367-376.

**Sairam, R. K., Deshmukh, P. S. and Saxena, D. C. 1998.** Role of antioxidant systems in wheat genotype tolerance to water stress. *Biologia Plantarum*. 41: 387-394.

**Samadi, S., Habibi, G. and Vaziri, A. 2019.** Effects of exogenous salicylic acid on antioxidative responses, phenolic metabolism and photochemical activity of strawberry under salt stress. *Iranian Journal of Plant Physiology*. 9(2): 2685- 2694.

**Shaki, F., Ebrahimzadeh, M., H. and Niknam, V. 2018.** Growth enhancement and salt tolerance of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.), by salicylic acid. *Current Plant Biology*. 13: 16-22.

**Shaki F., Maboud, H. E. and Niknam, V. 2019.** Effects of salicylic acid on hormonal cross talk, fatty acids profile, and ions homeostasis from salt-stressed safflower. *Journal of Plant Interactions*. 14: 340–346.

**Shawquat, A. K. M., Abdul Karim, M., Abullah, A. M., , S., P., Mahfuz, M. B. and Altaf, M. H. 2015.** Plant water relations and proline accumulations in soybean under salt and water stress environment. *Journal of Plant Sciences*. 5(3): 272-278.

**Stepien, P. and Kibus, G. 2006.** Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. leaves under salt stress. *Biologia Plantarum*. 50(4): 610.

**Sultan, I., Khan, I., Umer Chattha, M., Umair Hassan, M., Barbanti, L., Calone, R., Ali, M., Majeed, S., Ghani, M. A., Batool, M., Izzat, W. and Usman, S. 2021.** Improved salinity tolerance in early growth stage of maize through salicylic acid foliar application. *Italian Journal of Agronomy*. (16): 1810.