اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های ذرت در شرایط تنش شوری

داور ملازم*[۱]، علی بشیرزاده[۲] و جعفر عظیمی[۳]

۱و۲) گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد آستارا، دانشگاه آزاد اسلامی، آستارا، ایران.
۳) گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران.
* نویسنده مسئول: **d.molazem@iau-astara.ac.ir**

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۶ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲۷**

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی غلظت‌های اسیدسالیسیلیک (صفر، یک و دو میلی‌مولار) بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی سه ژنوتیپ ذرت NS640، SC580 و SC704 در تنش‌شوری (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار NaCl) به‌صورت آزمایش فاکتوریل‌اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به‌صورت آزمایش گلدانی در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام‌شد. نتایج نشان‌داد که اکثر صفات اختلافات معنی‌داری در سطوح مختلف شوری و اسید سالیسیلیک داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان‌داد که تنش‌شوری باعث افزایش پرولین، سوپراکسیددیسموتاز، مالون-دی‌آلدئید، مقدار سدیم و نشت‌یونی به‌ترتیب ۷۰/۴۹، ۱۴۵، ۵۸/۹۹، ۹۲/۸۶ و ۱۲/۶ درصد شد، درحالی‌که کاروتنوئیدها، شاخص پایداری غشاء و پتاسیم به‌ترتیب ۳۶/۴۱، ۲۰/۳۲ و ۳۹/۶۸ درصد کاهش یافت. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۲۴ درصدی آنزیم سوپراکسیددیسموتاز نسبت‌به شاهد شد، اما بین یک با دو میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری دیده نشد. واریته NS64 بیش‌ترین آنزیم سوپراکسیددیسموتاز را نشان‌داد. ژنوتیپ‌های ذرت تحت تنش‌شوری 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 اسیدسالیسیلیک مشاهده شد. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث تعدیل اثر منفی تنش‌شوری بر روی صفات شد و باعث افزایش کاروتنوئیدها، پتاسیم و شاخص پایداری غشاء گردید و مقدار مالون‌دی‌آلدئید و نشت‌یونی را کاهش‌داد. ژنوتیپ SC704 با داشتن بیش‌ترین مقدار پرولین، مالون‌دی‌آلدئید و پتاسیم بیش‌ترین شاخص پایداری غشاء را نشان‌داد.

واژه‌های کلیدی: شوری، سوپراکسیددیسموتاز، ذرت و مالون‌دی‌آلدئید.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

مقدمه

امروزه دامنه کاربرد ذرت علاوه بر تغذیه دام و طیور در تغذیه انسان و در صنعت نیز روبه گسترش می‌باشد. این گیاه به‌دلیل 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 بقای‌گیاه، 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 ازجمله پرولین و کربوهیدرات‌های محلول (پدیده تنظیم اسمزی)، به جذب ادامه می‌دهد (Demiral and Turkan, 2005). اسید سالیسیلیک یا اورتوهیدروکسی‌بنزوئیک‌اسید متعلق به گروه ترکیبات فنلی است. سالیسیلیک اسید نقش‌های متعددی را در گیاه ایفا می‌کند و به‌عنوان یک تنظیم کننده 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 فیزیولوژیک 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 کاهش‌داده 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-

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

های‌گیاهی، 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 خشک‌کل، همه ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک مورد ارزیابی شامل شاخص سطح - برگ، محتوی آب نسبی برگ، هدایت روزنه‌ای، میزان سبزینگی، 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 محلول‌پاشی 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 گلایسین بتائین را افزایش‌داد و در اغلب سطوح شوری کاربرد سالیسیلیک باعث کاهش پرولین شد. دایی‌حسنی 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 محلول‌پاشی 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 و۴۸/۲۴۰۵۹۶ 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 اسپلیت‌پلات 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

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

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: ۲: ۳ به‌ترتیب 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 به‌داخل 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

اشباع خاک (درصد)	اسیدیته	کربن آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	فسفر قابل استفاده (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل استفاده (میلی گرم بر کیلوگرم)	رس (درصد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	ظرفیت زراعی	نقطه پژمردگی
۴۶	۷/۸	۰/۸۶	۰/۵۲	۹/۳	۴۵۳	۴۹	۱۵	۳۶	۳۰	۱۸

برای سنجش میزان آسیب به غشا و میزان نشت‌یونی 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 درپیچ‌دار قرار داده و ۱۰ میلی‌لیتر آب دی‌یونیزه اضافه شد. سپس لوله‌ها به‌مدت دو ساعت در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد درون حمام آب‌گرم قرار داده شد و سپس به دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به‌مدت 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 نشت‌یونی و شاخص پایداری غشاء از رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه شدند:

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

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

اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید به‌روش 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 به‌مدت 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 به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد در حمام آب‌گرم حرارت داده شده سپس بلافاصله در یخ سرد شد و دوباره

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

مخلوط به‌مدت ۱۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰g سانتریفیوژ گردید. شدت جذب این محلول با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۵۳۲ نانومتر خوانده شد. ماده موردنظر برای جذب در این طول موج، کمپلکس قرمز مالون‌دی‌آلدئید ـ تیوباربیتوریک اسید است. جذب بقیه رنگیزه‌های غیراختصاصی در ۶۰۰ نانومتر تعیین و از این مقدار کسر گردید. برای محاسبه غلظت مالون‌دی‌آلدئید از ضریب خاموشی معادل $155 mM^{-1}cm^{-1}$ استفاده شد و نتایج حاصل از اندازه‌گیری برحسب نانومول برگرم وزن تر محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم برگ‌ها بعد از برداشت به‌دقت شسته شدند و برای به‌دست آوردن ماده خشک در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گرادخشک شدند. برای اندازه‌گیری مواد معدنی، نمونه‌های گیاهی در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت 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 طول‌موج ۴۷۰ نانومتر خوانده شد و با استفاده از رابطه ۳ بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد:

رابطه ۳: $Car= [1000 A470 - 1.8 Chla - 85.02 Chlb] /198$

برای اندازه‌گیری پرولین از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. ۰/۵گرم ماده تر برگ را در هاون له‌کرده و درون یک تیوب ریخته و ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳٪ به‌آن اضافه کرده و نمونه درون یخ قرار داده شد. تیوب را در ۱۵۰۰۰ دور به‌مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتریفیوژ نموده تا مواد اضافی از محلول جدا شود. دو میلی-لیتر آن را برداشته و روی‌آن ۲ میلی‌لیتر اسید نینهیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک خالص اضافه شد و پس از قرار دادن در حمام آب‌گرم ۱۰۰ درجه به‌مدت یک ساعت به آب‌یخ منتقل شد. ۴ میلی‌لیتر تولوئن به‌آن اضافه شده و پس‌از ۲۰ ثانیه تکان شدید جذب بخش رنگی بالایی در طول‌موج 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 به‌هم زده شد. برای استخراج اسکوربات‌پراکسیداز ۰/۵گرم پودر در۱۰ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار سرد (pH=۷) حاوی ۰/۵ میلی‌مول اسید آسکوربیک به‌هم زده شد. مخلوط فوق با استفاده از پارچه نرم فیلتر شده و محلول صاف شده و به ظروف میکروتیوب مخصوص سانتریفیوژ یخچال‌دار منتقل شد. محلول

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

موردنظر به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴°C با قدرت ۲۰۰۰۰g سانتریفیوژ شد. قسمت مایع شفاف (سوپرناتانت) برای ارزیابی فعالیت آنزیم مورد استفاده قرار گرفت. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به روش Giannopolities و Ries (۱۹۷۷) اندازه‌گیری شد. ۳ میلی‌لیتر محلول واکنش شامل ۱۳ میلی‌مول متیونین، ۷۵ میکرومول نیترو بلوتترازولیوم 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 اندازه-گیری جذب، توسط پارچه سیاه پوشانده شد. جذب در طول‌موج ۵۶۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر 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 برای۵۰٪ ممانعت از احیاء فتوشیمیایی نیترو بلوتترازولیوم کلراید درنظر گرفته شد (Asada et al., 1974). تجزیه واریانس و ضریب تغییرات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با استفاده از نرم‌افزارهای MSTATC و SPSS انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

آنزیم سوپراکسیددیسموتاز

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان‌داد که فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز 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. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۲۴ درصدی آنزیم سوپراکسیددیسموتاز نسبت‌به شاهد شده است، اما بین یک با دو میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری دیده نشد. واریته NS64 بیش‌ترین آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را نشان‌داد 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 محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گلرنگ نشان داد که اثر محلول‌پاشی در سطح احتمال پنج درصد بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز اثر داشت و محلول‌پاشی 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 بین۱۰۰ و ۵۰۰ میکرومول به‌دست آورد. چمانی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

نمودند که فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در شرایط تنش‌شوری نسبت‌به عدم اعمال تنش بیش‌تر شد که دلیل را به عدم توانایی استفاده از آب نسبت دادند. نعمت‌پور و همکاران (۱۳۹۴) نشان داد که افزایش شوری باعث افزایش فعالیت آنزیم شد و بیش‌ترین میزان آن در بالاترین سطح شوری به‌دست آمد. دایی‌حسنی و همکاران (۱۳۹۸) گزارش دادند که شوری باعث افزایش معنی‌دار سوپر اکسید دیسموتاز و کاهش معنی‌دار کاروتنوئیدها در گیاهچه‌های گندم شد و اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل و کاروتنوئید شد.

محتوای پرولین

محتوای پرولین در واکنش به شوری معنی‌دار بود و برهم‌کنش شوری در ژنوتیپ و سالیسیلیک در ژنوتیپ نیز معنی-دار بود. افزایش شوری خاک به ۱۰۰ میلی‌مولار با افزایش ۷۰/۴۹ درصدی محتوای پرولین برگ همراه بود (جدول ۲). در شرایط شوری، گیاه به‌منظور 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، این‌کار 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 (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2016). مطالعه برهم‌کنش شوری در سالیسیلیک اسید نشان داد که محتوای پرولین در بوته‌های محلول‌پاشی شده بیش‌تر از بوته‌های تیمار نشده بود و بیش‌ترین محتوای پرولین در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد. بین ژنوتیپ‌های SC704 و SC580 از نظر محتوای پرولین اختلاف معنی‌داری دیده نشد. مقایسه میانگین سالیسیلیک در واریته نشان داد که بیش‌ترین محتوای پرولین در SC704 و در محلول‌پاشی غلظت ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک بود. اسید آمینه پرولین که تحت شرایط تنش در سلول‌های گیاهی تجمع می‌یابد به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی مطرح می‌شود و به‌دلیل نقش محافظتی که در سلول ایفا می‌کند، درشرایط تنش‌های محیطی می‌تواند گیاه را از آسیب‌های احتمالی حفظ کند. در سلول‌های تحت تنش، پرولین سبب محافظت سلول و ممانعت از ایجاد سمیت در سلول می‌شود (Bayoumi *et al.*, 2010). در شرایط تنش، غلظت اسید آمینه پرولین نسبت به سایر اسیدهای آمینه افزایش یافته و این هورمون به‌عنوان مخزن ذخیره‌ای نیتروژن و یا ماده محلول کاهش‌دهنده پتانسیل - اسمزی سیتوپلاسم، عمل نمی‌نماید، بلکه تحمل گیاه را به‌تنش افزایش می‌دهد (Shawquat *et al.*, 2015). شوقیان و روزبهانی (۱۳۹۶) در بررسی محلول‌پاشی 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) نشان‌دادند که با افزایش شوری به ۲۰۰ میلی‌مولار محتوای پرولین افزایش یافت و با محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک محتوای پرولین کاهش یافت. پیراسته و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک به ۲ میلی‌مولار مقدار پرولین در برگ پرچم جو به‌طور

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

معنی‌داری افزایش یافت. در شرایط شوری، گیاه به‌منظور 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، این‌کار باعث می‌شود که گیاهان با حفظ آماس برگ در شرایط پتانسیل پایین آب، به‌رشد 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 معنی‌دار 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 محلول‌پاشی 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 مالون‌دی-آلدئید را در بالاترین مقدار شوری نشان‌داد که با بقیه اختلاف معنی‌داری داشت. Elhakem (۲۰۲۰) در ارزیابی مقاومت ذرت به‌شوری با کاربرد اسید سالسیلیک نشان‌داد 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 نشان‌داد. 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 به‌شوری، 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 تنش‌شوری 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 تنش‌اکسیداتیو 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 نشت یونی پراکسیداسیون لیپید غشایی در وضعیت تنش‌شوری است (Jiang *et al.*, 2017).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

شاخص پایداری غشاء و نشت یونی

شاخص پایداری غشاء در واکنش به‌شوری، اسید سالیسیلیک، ژنوتیپ و برهم‌کنش شوری در ژنوتیپ معنی‌دار بود. نشت یونی در واکنش به‌شوری و ژنوتیپ معنی‌دار بود (جدول ۲). ژنوتیپ‌های ذرت در شرایط تنش شوری شاخص پایداری غشاء کم‌تر و نشت یونی بیش‌تر به‌ترتیب ۲۰/۳۲ و ۱۲/۶۴ درصد بودند نتایج حاصل‌از 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 به‌ترتیب 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 کم-ترین مقدار نشت یونی با ۵۸/۱۴ در شرایط بدون شوری و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به‌دست 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 تنظیم کننده‌های رشد مانند اسید آبسیزیک و اتیلن باعث تحریک آنزیم کلروفیلاز 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 Klbus, 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 پیش ماده‌های سنتز کلروفیل و جلوگیری از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید و فعال‌شدن آنزیم‌های تجزیه کننده از جمله کلروفیلاز و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

اختلالات هورمونی مرتبط باشد (Neocleous and Vasilakakis, 2007). کاروتنوئیدها انرژی زیادی از فتوسیستم I و II به‌صورت 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. محلول‌پاشی 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 نشان‌داد. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش پتاسیم شد (جدول ۳). دانشمند و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی اثر اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های گیاه ذرت نشان داد که محلول‌پاشی 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 تنش‌اکسیداتیو 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 اندام هوایی 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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات موردبررسی در ژنوتیپ‌های ذرت

منابع تغییرات	درجه آزادی	پرولین	نسبت سدیم به پتاسیم	پتاسیم برگ	سدیم برگ	شاخص پایداری غشاء	کاروتنوئیدها	مالون‌دی‌آلدئید	نشت‌یونی	سوپراکسیددیسموتاز
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 ns	۱/۶۱۱**	۱۵/۳۲۸**	۱۶۷/۱۵**	۴۳۷/۲۷**	۰/۰۲۸ ns	۲۸/۷۷۱**	۲۲/۳۰۶ ns	۰/۰۴۳*
شوری و سالیسیلیک	۴	۰/۱۶۲ ns	۰/۰۶۶ ns	۲/۶۳۶ ns	۶/۸۸۴ ns	۱۴/۵۳ ns	۰/۰۱ ns	۳/۸۶۳**	۹۸/۵۰۴ ns	۰/۰۰۱ ns
خطا	۱۶	۰/۱۰۱	۰/۰۳	۱/۰۸۷	۵/۱۷۵	۳۲/۸۴۹	۰/۰۱۴	۰/۰۸۸	۷۴/۰۷۲	۰/۰۱۱
ژنوتیپ	۲	۰/۰۸۱ ns	۱/۵۰۷**	۸۹/۷۱**	۲/۸۹۷*	۱۴۱/۶۲**	۰/۰۰۱ ns	۱۹/۵۵**	۳۷۳/۷۴**	۰/۳۴۵**
شوری در ژنوتیپ	۴	۰/۱۷۳**	۰/۶۷۷**	۰/۴۰۵ ns	۳۰/۰۷۹**	۱۶/۱۲۳**	۰/۰۰۳ ns	۱/۵۵۸**	۳۲/۶۵۹ ns	۰/۰۲۶ ns
سالیسیلیک در ژنوتیپ	۴	۰/۱۴۳ *	۰/۰۲۳*	۱/۱۸۴*	۱/۲۴۹ ns	۴/۱۰۵ ns	۰/۰۱۸ ns	۰/۲۴۷ ns	۵/۹۰۶ ns	۰/۰۰۱ ns
شوری در ژنوتیپ و سالیسیلیک	۸	۰/۱۳۱**	۰/۰۱۷ ns	۰/۶۹۵ ns	۲/۱۰۶**	۱۳/۱۶۵**	۰/۰۱۲ ns	۰/۲۴ ns	۹/۷۵ ns	۰/۰۰۰۱ ns
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 معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک‌درصد است.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

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

تیمار		پرولین (میکرومول بر گرم وزن‌تر)	سوپراکسید دیسموتاز (واحد بر دقیقه گرم وزن‌تر)	نشت یونی (درصد)	مالون‌دی‌آلدئید (میلی مول بر گرم وزن‌تر)	کاروتنوئیدها (میلی- گرم بر گرم وزن‌تر)	شاخص پایداری غشا (درصد)	سدیم برگ (میلی - گرم بر گرم وزن‌تر)	پتاسیم برگ (میلی گرم بر گرم وزن تر)	نسبت سدیم به پتاسیم
شوری	شاهد (۰ م م)	۱/۰۵۴ ^{b}	۷/۴۱۵^{c}	۶۱/۵۳^{b}	۶/۹۳۱^{c}	۰/۴۲۳۳ ^{a}	۳۸/۴۷^{a}	۱۵/۲۷^{c}	۲۰/۰۱^{a}	۰/۷۷۱۲^{c}
	۵۰م م	۱/۴۲۸^{a}	۱۳/۱۸^{b}	۶۷/۴۴^{a}	۹/۴۷۰^{b}	۰/۳۴۳۱ ^{a}	۳۲/۵۶^{b}	۲۳/۱۰^{b}	۱۶/۰۵^{b}	۱/۴۵۹^{b}
	۱۰۰م م	۱/۷۹۷ ^{a}	۱۸/۱۷^{a}	۶۹/۳۱^{a}	۱۱/۰۲^{a}	۰/۲۶۹۲ ^{b}	۳۰/۶۵^{b}	۲۹/۴۵^{a}	۱۲/۰۷^{c}	۲/۵۱۷^{a}
سالیسیلیک	شاهد (۰ م م)	۱/۵۸۲^{a}	۱۱/۵۵^{b}	۶۹/۹۷^{a}	۱۰/۱۴^{a}	۰/۳۸۷۹^{a}	۳۰/۰۳^{c}	۲۵/۳۲^{a}	۱۵/۲۰^{b}	۱/۸۴۸^{a}
	۱م م	۱/۴۹۰^{a}	۱۲/۸۸^{ab}	۶۶/۴۱^{b}	۹/۱۹۸^{b}	۰/۳۱۲۸^{a}	۳۳/۵۹^{b}	۲۲/۰۸^{b}	۱۶/۲۷^{a}	۱/۵۳۲^{b}
	۲م م	۱/۲۰۶ ^{a}	۱۴/۳۴^{a}	۶۱/۹۰^{c}	۸/۰۸۳^{c}	۰/۳۳۴۹^{a}	۳۸/۰۶^{a}	۲۰/۴۳^{c}	۱۶/۶۵^{a}	۱/۳۶۸^{c}
ژنوتیپ	SC704	۱/۵۳۷^{a}	۶/۸۴۷^{b}	۶۳/۶۶^{c}	۱۰/۱۲^{a}	۰/۳۴۶۳^{a}	۳۶/۳۰^{a}	۲۲/۲۵^{b}	۱۸/۰۳^{a}	۱/۳۳۴^{c}
	SC580	۱/۳۹۳^{ab}	۱۴/۶۷^{a}	۶۶/۳۷^{b}	۸/۶۶۸^{b}	۰/۳۵۳۹^{a}	۳۳/۶۳^{b}	۲۲/۶۸^{ab}	۱۵/۶۴^{b}	۱/۶۱۰^{b}
	NS64	۱/۳۴۸^{b}	۱۷/۲۵^{a}	۶۸/۲۵^{a}	۸/۶۳۲^{b}	۰/۳۳۵۵^{a}	۳۱/۷۵^{c}	۲۲/۸۹^{a}	۱۴/۴۵^{c}	۱/۸۰۴^{a}
شوری×سالیسیلیک	۱*۱	۰/۵۴۷۵^{c}	۶/۹۲۹^{f}	۶۴/۷۸^{bcd}	۷/۳۳۶^{f}	۰/۴۷۳۰^{a}	۳۵/۲۲^{bcd}	۱۷/۷۰^{d}	۱۸/۷۳^{b}	۰/۹۴۹۷^{f}
	۲*۱	۱/۳۵۵^{ab}	۷/۲۱۹^{f}	۶۱/۶۷^{de}	۶/۹۱۹^{g}	۰/۳۹۷۲^{ab}	۳۸/۳۳^{ab}	۱۴/۹۹^{e}	۲۰/۶۸^{a}	۰/۷۲۶۶^{g}
	۳*۱	۱/۲۵۸ ^{bc}	۸/۰۹۶^{f}	۵۸/۱۴^{e}	۶/۵۳۸^{h}	۰/۳۹۹^{ab}	۴۱/۸۶^{a}	۱۳/۱۴^{e}	۲۰/۶۱^{a}	۰/۶۳۷۲^{g}
	۱*۲	۱/۵۸۱ ^{ab}	۱۱/۴۰^{e}	۷۰/۸۷^{ab}	۱۰/۴۲^{c}	۰/۳۵۴۲^{ab}	۲۹/۱۳^{de}	۲۶/۸۵^{b}	۱۵/۶۰^{c}	۱/۷۴۷۷^{d}
	۲*۲	۱/۳۱۷^{abc}	۱۳/۲۶^{de}	۶۹/۱^{ab}	۹/۵۶۹^{d}	۰/۳۳۷۷^{ab}	۳۰/۹۰^{de}	۲۲/۳۱^{c}	۱۶/۳۲^{c}	۱/۳۷۶^{e}
	۳*۲	۱/۳۸۶ ^{ab}	۱۴/۸۹^{cd}	۶۲/۳۵^{cde}	۸/۴۳۳^{e}	۰/۳۳۷۳^{ab}	۳۷/۶۵^{abc}	۲۰/۱۳^{c}	۱۶/۲۲^{c}	۱/۲۵۵^{e}
شوری×واریته	۱*۳	۱/۴۸۹ ^{ab}	۱۶/۳۲^{bc}	۷۴/۲۷^{a}	۱۲/۶۸^{a}	۰/۳۳۶۴^{ab}	۲۵/۷۳^{e}	۳۱/۴۰^{a}	۱۱/۲۷^{e}	۲/۸۴۸^{a}
	۲*۳	۱/۷۹۹ ^{a}	۱۸/۱۷^{ab}	۶۸/۴۵^{abc}	۱۱/۱۱^{b}	۰/۲۰۳۴^{c}	۳۱/۵۵^{cde}	۲۸/۹۵^{b}	۱۱/۸۲^{e}	۲/۴۹۳^{b}
	۳*۳	۲/۱۰۱^{a}	۲۰/۰۳^{a}	۶۵/۲۲^{bcd}	۹/۲۷۴^{d}	۰/۲۶۷۷^{bc}	۳۴/۶۷^{bcd}	۲۸/۰۱^{b}	۱۳/۱۳^{d}	۲/۲۱۱^{c}
شوری×واریته	۱*۱	۱/۴۱۵^{bc}	۴/۴۹۷^{c}	۵۷/۹۲^{e}	۷/۴۲۳^{e}	۰/۳۹۹۱^{ab}	۴۲/۰۸^{a}	۱۶/۷۵^{e}	۲۱/۸۷^{a}	۰/۷۷۷۵^{g}
	۲*۱	۱/۰۲۴^{c}	۷/۳۱۵^{c}	۶۳/۰۵^{d}	۶/۸۸۹^{f}	۰/۴۶۵۸ ^{a}	۳۶/۹۵^{b}	۱۵/۳۲^{f}	۱۹/۸۲^{b}	۰/۷۷۸۷۷^{g}
	۳*۱	۰/۷۲۲۲ ^{d}	۱۰/۴۳^{bc}	۶۳/۶۲^{d}	۶/۴۸۰^{g}	۰/۴۰۵۱^{ab}	۳۶/۳۸^{b}	۱۳/۷۶^{g}	۱۸/۳۳^{c}	۰/۷۵۷۳^{g}
	۱*۲	۱/۶۳۱^{abc}	۵/۸۷۲^{c}	۶۶/۴۱^{c}	۱۰/۵۹^{b}	۰/۳۴۴۸ ^{abc}	۳۳/۵۹^{c}	۲۲/۸۷^{d}	۱۸/۱۷^{c}	۱/۲۶۱^{f}
	۲*۲	۱/۲۶۶^{bc}	۱۶/۴۰^{ab}	۶۶/۲۴^{c}	۸/۸۹۲^{d}	۰/۳۲۸۶ ^{abc}	۳۳/۷۶^{c}	۲۲/۸۷^{d}	۱۵/۳۸^{d}	۱/۴۸۷^{e}
	۳*۲	۱/۳۸۷^{bc}	۱۷/۲۷^{ab}	۶۹/۶۷^{b}	۸/۹۲۸^{d}	۰/۳۵۵۹ ^{abc}	۳۰/۳۳^{d}	۲۳/۵۵^{d}	۱۴/۵۹^{e}	۱/۶۳۰^{d}
	۱*۳	۱/۵۶۵^{ab}	۱۰/۱۷^{bc}	۶۶/۶۵^{c}	۱۲/۳۶^{a}	۰/۲۹۴۹^{bc}	۳۳/۲۴^{c}	۲۷/۱۳^{c}	۱۴/۰۵^{e}	۱/۹۶۳^{c}
	۲*۳	۱/۸۸۹^{ab}	۲۰/۲۹^{a}	۶۹/۸۲^{b}	۱۰/۲۲^{c}	۰/۲۶۷۲ ^{c}	۳۰/۱۸^{d}	۲۹/۸۷^{b}	۱۱/۷۳^{f}	۲/۵۶۵^{b}
	۳*۳	۱/۹۳۶^{a}	۲۴/۰۵^{a}	۷۱/۴۸^{a}	۱۰/۴۹^{bc}	۰/۲۴۵۴ ^{c}	۲۸/۵۲^{d}	۳۱/۳۶^{a}	۱۰/۴۳^{g}	۳/۰۲۴^{a}
سالیسیلیک×واریته	۱*۱	۱/۲۷^{ab}	۵/۵۵۳^{d}	۶۷/۵۲^{c}	۱۱/۱۹^{a}	۰/۴۳۴۱^{a}	۳۲/۴۸^{d}	۲۵/۱۱^{a}	۱۶/۹۳^{c}	۱/۵۹۲^{d}
	۲*۱	۱/۱۳۶^{bc}	۱۳/۴۰^{abcd}	۶۹/۸۳^{b}	۹/۶۹۳^{c}	۰/۳۵۵۶ ^{ab}	۳۰/۱۷^{e}	۲۵/۳۷^{a}	۱۵/۱۹^{e}	۱/۸۳۲^{b}
	۳*۱	۱/۲۱۳^{bc}	۱۵/۶۹^{abc}	۷۲/۵۷^{a}	۹/۵۴۷^{c}	۰/۳۷۴۰ ^{ab}	۲۷/۴۳^{f}	۲۵/۴۷^{a}	۱۳/۴۸^{f}	۲/۱۲۰^{a}
	۱*۲	۱/۴۷۳^{ab}	۶/۸۲۹^{cd}	۶۴/۵۴^{d}	۱۰/۲۳^{b}	۰/۲۵۲۰^{b}	۳۵/۴۶^{c}	۲۲/۰۱^{b}	۱۸/۲۱^{b}	۱/۳۱۸^{f}
	۲*۲	۱/۴۰۱^{ab}	۱۴/۷۳^{abc}	۶۶/۹۴^{c}	۸/۵۳۹^{e}	۰/۳۴۵۸ ^{ab}	۳۳/۰۶^{d}	۲۲/۱۶^{b}	۱۵/۸۹^{d}	۱/۵۷۱^{d}
	۳*۲	۱/۵۹۷^{ab}	۱۷/۰۸^{ab}	۶۷/۷۳^{c}	۸/۸۲۸^{de}	۰/۳۴۰۶ ^{ab}	۳۲/۲۷^{d}	۲۲/۰۸^{b}	۱۴/۷۲^{e}	۱/۷۰۷^{c}
	۱*۳	۱/۸۶۸^{a}	۸/۱۵۷^{bcd}	۵۸/۹۲^{f}	۸/۹۵۳^{d}	۰/۳۵۲۷ ^{ab}	۴۰/۹۷^{a}	۱۹/۶۳^{d}	۱۸/۹۶^{a}	۱/۰۹۱^{g}
	۲*۳	۱/۶۴۳^{ab}	۱۵/۸۷^{abc}	۶۲/۳۳^{e}	۷/۷۷۱^{f}	۰/۳۶۰۲ ^{ab}	۳۷/۶۷^{b}	۲۰/۵۲^{c}	۱۵/۸۴^{d}	۱/۴۲۹^{e}
	۳*۳	۱/۲۳۵^{b}	۱۸/۹۸^{a}	۶۴/۴۷^{d}	۷/۵۲۱^{f}	۰/۲۹۱۹ ^{b}	۳۵/۵۳^{c}	۲۱/۱۲^{c}	۱۵/۱۵^{e}	۱/۵۸۳^{d}

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

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

جدول ۴: ضرایب همبستگی ساده بین صفات موردمطالعه

	پتاسیم	نسبت سدیم به پتاسیم	مالون‌دی‌آلدئید	نشت‌یونی	شاخص پایداری غشا	کاروتنوئیدها	سوپراکسید دیسموتاز	پرولین
سدیم	-۰/۸۵۴**	۰/۹۴۳**	۰/۸۱۵**	۰/۶۵۹**	-۰/۶۵۰**	-۰/۴۷۲**	۰/۳۹۱**	۰/۳۳۹**
پتاسیم	۱	-۰/۹۳۳**	-۰/۶۲۷**	-۰/۷۱۶**	۰/۶۷۸**	۰/۴۳۷**	-۰/۵۵۳**	-۰/۲۵۰*
نسبت سدیم به پتاسیم		۱	۰/۷۱۴**	۰/۶۴۳**	-۰/۶۶۱**	-۰/۴۷۸**	۰/۴۹۶**	۰/۳۲۳**
مالون‌دی‌آلدئید			۱	۰/۴۶۳**	-۰/۵۶۹**	-۰/۴۴۱**	۰/۱۲۵	۰/۲۲۳*
نشت‌یونی				۱	-۰/۴۹۵**	-۰/۲۷۲*	۰/۴۸۴**	۰/۲۱۶
شاخص‌پایداری‌غشاء					۱	۰/۱۸۹	-۰/۳۷۲**	-۰/۱۸۲
کاروتنوئیدها						۱	۰/۰۱۲	-۰/۲۷۷*
سوپراکسیددیسموتاز							۱	۰/۱۴۱

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک‌درصد است.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش شوری با ایجاد تغییرات فیزیولوژیک نظیر افزایش محتوای پرولین، مالون‌دی‌آلدئید و نشت یونی و کاهش شاخص پایداری غشا و محتوای کاروتنوئیدها، باعث کاهش رشد ژنوتیپ‌های ذرت شد. محلول‌پاشی 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 پتاسیم 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 به‌عنوان یکی از اجزای تأثیرگذار بر تولید زیست‌توده گردید.

منابع

پیراسته انوشه، ه.، امام، ی.، روستا، م، ج، و هاشمی، س، ا. ۱۳۹۵. اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر ویژگی های بیوشیمیایی و عملکرد دانه جو رقم نصرت در شرایط تنش‌شوری. مجله علوم زراعی ایران. ۱۸(۳): ۲۴۷-۲۳۲.

چارلنگ‌بدیل، 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.، خدابنده، ن.، داوودی‌فر، م. و اصغرزاده، ا. ۱۳۹۱. بررسی اثر تنش‌شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد در گندم تلقیح‌شده با باکتری‌های محرک‌رشد (ازتوباکترکروکوم، آزوسپیریلوم لیپوفروم، سودوموناس پوتیدا) و اسیدهومیک. نشریه زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۸ (۳): ۵۵-۳۹.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

طریق‌الاسلامی، م.، کافی، م.، نظامی، ا. و ضرغامی، ر. ۱۳۹۶. تاثیر محلول‌پاشی با اسید سالسیلیک 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): ۶۲۵-۶۱۵.

داش‌آقا، ز.، مظاهری‌تیرانی، م. و قاسمی‌خوراسگانی، 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): ۲۱۵-۲۰۷.

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): ۷۰-۵۶.

دایی‌حسنی، ب.، عابدینی، م. و شاهین‌فر، ز. ۱۳۹۸. تأثیر کاربرد اسید سالیسیلیک و سیلیکات پتاسیم بر برخی پاسخ‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گندم در شرایط تنش‌شوری. مجله فرایند 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 فرایند و کارکرد گیاهی. ۷ (۲۳): ۱۱۰-۹۷.

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 محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید 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.

قهرمانی‌پیرسلامی، ف.، راهنما، ا.، سیاهپوش، م. و برومندنسب، س. ۱۳۹۵. اثر آبیاری‌بارانی با آب‌شور 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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

نعمت‌پور، ا.، کاظمینی، س.ع. ر. و عدالت، م. ۱۳۹۴. تأثیر تنش‌شوری 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 محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم برویژگی‌های فیزیولوژیک 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 Physiolgy 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 Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+} and 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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

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 stochiometry 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+ 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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]