



## کاهش اثرات تنش شوری از طریق کاربرد خارجی سالیسیلیک‌اسید بر نیشکر (*Saccharum officinarum* L.)

فاطمه چهارلنگ بدیل<sup>۱</sup> - مهرشاد براری<sup>۲\*</sup> - محمود شمیلی<sup>۳</sup> - زهرا طهماسبی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۰۳

### چکیده

در این تحقیق اثر سالیسیلیک‌اسید (SA) بر رشد و برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاه نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) تحت تنش شوری آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار تحت شرایط گلخانه‌ای در موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر خوزستان، ایران، طی سال ۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح شوری آب آبیاری ( $ECW < 1 dSm^{-1}$ ،  $ECW = 1 dSm^{-1}$ ،  $ECW = 6 dSm^{-1}$ )، و چهار غلظت SA (صفر، ۰/۵، یک و ۱/۵ میلی‌مولار) بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار محلول‌پاشی با سالیسیلیک‌اسید با غلظت یک میلی‌مولار به ترتیب موجب افزایش ۱۰/۶۱، ۵/۰۵، ۸/۲۴ و ۴۶/۹۸ درصدی وزن خشک کل، درصد محتوای نسبی آب برگ، محتوای کلروفیل و نسبت پتاسیم به سدیم ریشه در مقایسه با عدم کاربرد سالیسیلیک‌اسید (شاهد) شد. نسبت پتاسیم به سدیم ریشه همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن خشک کل ( $r = 0.85^{**}$ )، محتوای نسبی آب برگ ( $r = 0.67^{**}$ )، همبستگی منفی و معنی‌داری با سدیم ریشه ( $r = -0.87^{**}$ )، کلر ریشه ( $r = -0.85^{**}$ ) داشت. سالیسیلیک‌اسید در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار نسبت به تیمار ۰/۵ و یک میلی‌مولار تأثیر مثبت کمتری در شرایط تنش شوری داشت. نتایج بیان گر آن است که کاربرد سالیسیلیک‌اسید با غلظت یک میلی‌مولار در لیتر در کاهش عوارض تنش شوری مؤثر بوده و در شرایط آب و خاک مشابه کاربرد آن در نیشکر به صورت محلول‌پاشی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: سدیم ریشه، محلول پاشی، مورفوفیزیولوژیک، نمک

### مقدمه

گرمسیری مرطوب می‌باشد، اما به دلیل تقاضای روزافزون برای شکر، کشت‌وکار آن به مناطق نیمه‌گرمسیری نیز گسترش یافته است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک نیشکر آبیاری می‌شود که به دلیل بالا آمدن سطح آب زیرزمینی و تبخیر شدید، نمک در سطح خاک تجمع می‌یابد (Soltani Howayzeh et al., 2009). نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) جزء گیاهان نسبتاً حساس به شوری با حد آستانه ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر و شیب خط به‌ازاء هر واحد دسی‌زیمنس بر متر حدود ۵/۹ درصد می‌باشد (Nelson and Ham, 2000). سالیسیلیک‌اسید ( $C_7H_6O_3$ ) در زمره هورمون‌های گیاهی دسته‌بندی می‌شود. سالیسیلیک‌اسید یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک‌اسید یک تنظیم‌کننده رشد درونی طبیعی می‌باشد، و به گروهی از ترکیبات فنلی تعلق داشته و از نام علمی بید (*Salix*) (*babylonica* L.) مشتق شده است (Hayat et al., 2010). گزارش شده است سالیسیلیک‌اسید در گیاهانی که تحت تنش‌های محیطی قرار دارند، نقش حفاظتی دارد (Dawood et al., 2012). کاربرد خارجی سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مانند کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز و موجب افزایش تحمل به شوری در گیاهان شده است (Yusuf et al.,

بر اساس پیش‌بینی‌ها جمعیت جهان تا سال ۲۰۲۵ به ۸ میلیارد نفر و تا سال ۲۰۵۰ به ۸/۹ میلیارد نفر می‌رسد. سالانه حدود ۸۰ میلیون نفر به جمعیت جهان افزوده می‌شود که ۹۷ درصد افزایش جمعیت جهان در کشورهای در حال توسعه خواهد بود. بنابراین نیاز به تولید غذا افزایش یافته و این امر موجب افزایش فشار به محیط زیست می‌شود (Kafi, 2009). میزان کاهش عملکرد محصولات زراعی در سطح جهان به‌علت تنش‌های محیطی تا ۷۱ درصد گزارش شده، که از میزان کل کاهش عملکرد تنش خشکی ۱۷ درصد، شوری ۲۰ درصد، دمای بالا ۴۰ درصد، دمای پایین ۱۵ درصد، و سایر عوامل هشت درصد را سبب می‌شوند (Kafi, 2009). نیشکر یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است (Munir and Aftab, 2011). این گیاه بومی مناطق

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران  
۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران  
۳- مدیر بخش به زراعی موسسه تحقیقات آموزش و توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان  
۴- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران  
\* - نویسنده مسئول: (Email: bararym@gmail.com)

خصوصیات رشدی و فیزیولوژیک و استقرار گیاهچه نیشکر تحت تنش شوری بود.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در گلخانه مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر صنایع جانبی خوزستان به صورت گلدانی انجام شد. نتایج به دست آمده از تجزیه شیمیایی خاک و آب در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است.

(2008). برخی از مواد شیمیایی از جمله سالیسیلیک‌اسید به عنوان مولکول سیگنالی، اثرگذاری‌های مطلوبی بر رشد و گسترش گیاهان داشته است. راه کارهای مختلفی برای به حداکثر رساندن رشد نیشکر تحت شرایط تنش شوری از جمله: آب‌شویی نمک‌ها، مدیریت زراعی و افزایش مقاومت به شوری از طریق شیوه‌های نوین اصلاح مولکولی وجود دارد. همچنین روش‌های دیگری برای غلبه بر این تنش شوری وجود دارد که شامل مدیریت مناسب در کاربرد خارجی تنظیم کننده‌های رشد می‌باشد (Ghorbani Javid *et al.*, 2011). هدف از اجرای این تحقیق بررسی تأثیر محلول پاشی سالیسیلیک‌اسید بر برخی

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک مورد استفاده در آزمایش

Table1- Physical properties of the soil used in the experiment

EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	شن (%) Sand (%)	سیلت (%) Silt (%)	رس (%) Clay (%)	بافت خاک (Soil texture)
1.86	7.63	60	17	23	Sandy Clay Loam

جدول ۲- ویژگی‌های کیفی آب آبیاری

Table 2- Qualitative properties of the water used for irrigation

EC <sub>w</sub>	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
(dSm <sup>-1</sup> )		(meq l <sup>-1</sup> )						
EC <sub>w</sub> < 1	7.31	2.02	1.9	8.3	0.51	3	2.5	0.8
EC <sub>w</sub> = 3	7.4	5.68	3.9	25.5	0.44	12	5.34	1.6
EC <sub>w</sub> = 6	7.5	6.40	4.72	82.2	1.27	27	19.14	4.2

محلول پاشی برگ‌ری در چهار غلظت صفر، ۰/۵، یک و ۱/۵ میلی‌مولار، به کمک اسپری دستی دو نوبت به فاصله دو هفته تا خیس شدن کامل سطح برگ گیاهان اسپری شد. لازم به ذکر است به منظور افزایش قدرت جذب سطحی به هر محلول مورد استفاده چند قطره توین-۲۰<sup>۲</sup> به عنوان موافق نیز اضافه شد. (ب) سطوح شوری با استفاده از زه‌آب‌های کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب اهواز و پس از رقیق کردن با آب آبیاری و رساندن آن به شوری مورد نظر تهیه شد. توضیح آن که دلیل استفاده از زه‌آب مزارع نیشکر در حال آب شویی، داشتن ترکیب شیمیایی مشابه با شوری خاک‌های منطقه بود. آبیاری گلدان‌ها توسط زه‌آب با شوری‌های فوق‌الذکر صورت گرفت و در هر بار آبیاری حجم آب شور مصرفی با رعایت نیاز آب شویی (LR) به اندازه کافی بود تا آب اضافی از انتهای گلدان‌ها خارج گردد و از تجمع نمک جلوگیری نماید. EC زه‌آب خروجی از گلدان‌ها در هر بار آبیاری با آب شور به وسیله EC متر اندازه‌گیری شد. سه سطح شوری آب آبیاری بعد از استقرار گیاه اعمال شد. مدت اعمال تنش شوری از اوایل آذرماه ۱۳۹۱ لغایت پایان تیرماه ۱۳۹۲ بود. میزان آب آبیاری بعد از به دست

میزان روشنایی در گلخانه معادل ۱۱۰۰ لوکس، میزان رطوبت نسبی حدود ۷۰ درصد و میانگین دمای روز و شب در طول دوره رشد گیاه به ترتیب ۴۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد بود. به منظور فراهم کردن زهکش مناسب، گلدان‌ها ابتدا با مقداری شن درشت و سپس با خاک پر شدند. ارتفاع گلدان‌های مورد استفاده ۴۸ سانتی‌متر با قطر فوقانی ۳۵ سانتی‌متر و دارای حجم ۲۵ لیتر بودند. گیاهچه‌های مورد نیاز از طریق کشت بافت و در مدت شش ماه تولید شدند. تولید گیاهچه‌ها شامل مراحل زیر بود: (۱) کشت جوانه‌های جانبی (۲) انتقال به محیط کشت تکثیر، (۳) انتقال شاخساره‌ها به محیط ریشه‌زایی، (۴) انتقال به فضای گلخانه‌های، (۵) انتقال به گلدان‌های اصلی. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح شوری آب آبیاری (dSm<sup>-1</sup>) EC<sub>w</sub> < 1، EC<sub>w</sub> = 3 dSm<sup>-1</sup>، EC<sub>w</sub> = 6 dSm<sup>-1</sup>، و چهار غلظت تنش (صفر، ۰/۵، یک و ۱/۵ میلی‌مولار) بودند. ۴۸ ساعت بعد از تیمار تنش شوری تیمار سالیسیلیک‌اسید به صورت کاربرد برگ‌ری در مرحله ۲ برگ‌ری اعمال شد. مرحله بعد اعمال تیمارها بود که به شرح ذیل انجام شد: الف) تیمار سالیسیلیک‌اسید (شرکت مرک<sup>۱</sup> آلمان) (با جرم مولکولی ۱۳۸/۱۲ و چگالی ۱/۴۴۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، به صورت

2- Tween- 20  
3- Surfactant

1- Merck

برگ در داخل لوله آزمایش حاوی ۲۰ میلی لیتر آب مقطر قرار داده شد و پس از ۳۰ ثانیه ورتکس نمونه‌ها، هدایت الکتریکی اولیه  $EC_0$  اندازه‌گیری گردید. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگاه‌داری شدند و  $EC_1$  اندازه‌گیری شد و نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در اتوکلاو در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از خنک شدن در دمای اتاق  $EC_2$  اندازه‌گیری شد و نفوذپذیری نسبی غشاء (A) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (Zhao et al., 1992).

$$A = ((EC_1 - EC_0) / (EC_2 - EC_0)) \times 100$$

محاسبات آماری به کمک نرم‌افزار SAS نسخه ۹٫۱ و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گرفت. ضرایب همبستگی به وسیله نرم‌افزار SPSS محاسبه شد.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش شوری، اثر سالیسیلیک اسید و اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر وزن خشک کل گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین میانگین وزن خشک کل گیاه با ۱۳۰/۰۵ گرم در بوته و کمترین میزان آن با میانگین ۴۹/۲۷ گرم در بوته به ترتیب در شرایط  $EC_w < 1 dS/m$  و شرایط تنش  $EC_w = 6 dS/m$  به دست آمد. مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که شوری  $EC_w = 6 dS/m$  سبب کاهش ۶۲/۸۲ درصدی وزن خشک کل نسبت به شاهد شد. با افزایش تنش شوری وزن خشک کل کاهش یافت (جدول ۴). اثر سالیسیلیک اسید بر وزن خشک کل گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بالاترین میزان وزن خشک کل گیاه با میانگین ۹۹/۳۴ گرم در بوته در تیمار یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و کمترین میزان آن با میانگین ۸۴/۴۸ گرم در بوته در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به دست آمد، که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار ۰/۵ و یک میلی‌مولار داشت (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان وزن خشک گیاه با میانگین ۱۴۳/۴۰ گرم در بوته در تیمار یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و شرایط  $EC_w < 1 dS/m$  کمترین میزان آن با میانگین ۴۷/۲۲ گرم در بوته در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و شرایط تنش  $EC_w = 6 dS/m$  به دست آمد (جدول ۵). علت این امر می‌تواند به تأثیر منفی سالیسیلیک اسید بر رشد گیاه در این غلظت باشد. به عبارت دیگر می‌توان گفت سالیسیلیک اسید در غلظت‌های بالای ۱/۵ ممکن است تأثیر منفی بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه داشته و رشدونمو گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. مطالعات قبلی بیان‌گر این مطلب است که، تنش شوری باعث کاهش وزن خشک کل شده است (Hussain et al., 2004). کاهش سطح برگ و کاهش تعداد

آوردن میزان FC و PWP خاک که به ترتیب برابر با ۲۰ و ۱۱ درصد بود و با دستگاه صفحات فشاری اندازه‌گیری شد، به دست آمد. برای این‌که در هر بار آبیاری مقدار یکسانی آب به هر گلدان اضافه شود، حجم آب آبیاری مورد نیاز اندازه‌گیری گردید. بدین منظور از طریق فرمول زیر و با توجه به این‌که درصد رطوبت خاک ۲۰ درصد و وزن خاک خشک ۲۵ کیلوگرم بود حجم آب آبیاری مورد نیاز از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$C = [(A - B) / B] \times 100 \quad (1)$$

C: درصد رطوبت خاک

A: جرم خاک مرطوب

B: جرم خاک خشک

برای بررسی جذب عناصر غذایی در مرحله قبل از به ساقه رفتن، گیاهچه‌ها برداشت شد سپس نمونه‌ها درون پاکت کاغذی قرار داده شد. نمونه‌های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت جهت خشک شدن در آون و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها توسط دستگاه آسیاب پودر شد و پس از گذراندن از الک ۰/۲ میلی متری پودر حاصله برای اندازه‌گیری سدیم، کلر، کلسیم و پتاسیم استفاده شد. سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر و میزان کلر با روش تیتراسیون به وسیله نیترات نقره و کلسیم با روش تیتراسیون با EDTA اندازه‌گیری گردید (Shomeili et al., 2011). برای تعیین محتوای کلروفیل برگ از استون استفاده شد و میزان جذب نور عصاره با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر که روی طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a و ۶۴۴ نانومتر برای کلروفیل b تنظیم شده بود، اندازه‌گیری شد (Arnon, 1967). سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج (Leaf area meter) اندازه‌گیری شد. برای تعیین محتوای نسبی آب برگ بعد از جدانمودن برگ‌ها (یک گرم) از گیاه توزین شدند (وزن تر) و سپس به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر (جهت آب‌گیری کامل) در محیط آزمایشگاهی با دمای تقریبی ۲۲ درجه سانتی‌گراد نگاه‌داری گردید و مجدداً توزین شدند (وزن اشباع). پس از آن برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در داخل آون الکتریکی قرار داده شدند و مجدداً توزین شدند تا وزن خشک به دست آید و محتوای نسبی آب برگ از رابطه (۲) محاسبه شد (Diaz-Perez et al., 2006).

$$RWC = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100 \quad (2)$$

FW: وزن تر

DW: وزن خشک

TW: وزن اشباع

محتوای آب نسبی برگ (RWC)

برای اندازه‌گیری نفوذپذیری نسبی غشاء ابتدا ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ (قسمت میانی) در هر نمونه برداشته شد. سپس تکه‌های

در ذرت مطابقت دارد (Hussein et al., 2007). تأثیر مثبت سالیسیلیک اسید را می توان به افزایش جذب  $CO_2$  و سرعت فتوسنتز و افزایش جذب مواد معدنی توسط گیاه تنش دیده تحت تیمار سالیسیلیک اسید نسبت داد (Hussein et al., 2007). افزایش غلظت یون سدیم و کاهش یون پتاسیم در برگ گیاهان زراعی تحت تأثیر تنش شوری و تأثیر منفی این فرآیند بر فتوسنتز و وزن خشک گیاه نیشکر توسط برخی محققان گزارش شده است (Akhtar et al., 2011; Gandonou et al., 2001). گزارش شده است در گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید میزان فتوسنتز کل گیاه افزایش یافته و باعث تجمع ماده خشک گیاه شده است (Singh and Usha, 2003). اثرات بهبوددهنده با سالیسیلیک اسید در تحمل به شوری در برخی گیاهان مانند لوبیا (*Passeolus vulgaris* L.) (Azooz, 2009)، گندم بهاره (*Triticum aestivum* L.) (Afzal et al., 2006)، جو (*Zea mays* L.) (El-Tayeb, 2005) و ذرت (Gunes et al., 2007) گزارش شده است.

برگ منجر به کاهش فتوسنتز شده و در نتیجه تولید گیاه کاهش می یابد. از سوی دیگر پدیده تحمل به شوری یک پدیده انرژی خواه است. گیاه برای مقابله با اثرات مضر شوری مجبور به صرف انرژی بیشتر می باشد. بدین ترتیب در این شرایط مقدار کمتری تولیدات فتوسنتزی به مصرف تولید ماده خشک و عملکرد می رسد. بنابراین وزن خشک کل در گیاه نیشکر با افزایش محتوای عناصر سمی کلر و سدیم کاهش می یابد (Soltani Howayzeh et al., 2009). لازم به ذکر است کاهش وزن خشک گیاه ممکن است در اثر سمیت ویژه یون ها و اختلال در جذب عناصر غذایی ضروری باشد (Chowdhury et al., 2001; Fahad and Bano, 2012). همبستگی مثبت و معنی داری با نسبت پتاسیم به سدیم ریشه ( $r = 0.85^{**}$ ) دارد (جدول ۷) و به عنوان شاخصی از تحمل ارقام نیشکر تحت تنش شوری در نظر گرفته می شود. کاربرد سالیسیلیک اسید تا غلظت یک میلی مولار تحت شرایط تنش شوری، سبب شده بود گیاه ماده خشک کل بیشتر تولید کند، که با نتایج

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف گیاهی در نیشکر رقم CP69-1062 در پاسخ به سالیسیلیک اسید تحت تنش شوری

Table 3- Analysis of variance of some physiological and morphological traits in sugarcane *Saccharum sp.* Var. CP 69-1062 in response to SA under different salinity levels

منبع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (Mean of Squares)				
		وزن خشک کل (Total dry weight)	سطح برگ (Leaf area)	نفوذپذیری نسبی غشاء (Relative permeability membrane)	کلروفیل $a+b$ (Chlorophyll $a+b$ )	محتوای نسبی آب برگ (Relative water content) (RWC)
شوری (S)	2	19972.52 <sup>**</sup>	1696206.03 <sup>**</sup>	2352.25 <sup>**</sup>	0.41 <sup>**</sup>	347.25 <sup>**</sup>
سالیسیلیک اسید (SA)	3	452.81 <sup>**</sup>	245563.15 <sup>**</sup>	76.66 <sup>**</sup>	0.03 <sup>**</sup>	254.91 <sup>**</sup>
S×SA	6	158.01 <sup>**</sup>	27214.13 <sup>ns</sup>	18.19 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	25.91 <sup>*</sup>
خطای آزمایشی Error	24	13.01	25106.55	9	0.01	9
ضریب تغییرات CV(%)	-	3.88	4.22	11.39	8.19	4.09

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

\*\* and \* represent significant at the 1% and 5% probability level, respectively, and ns represent non- significant

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس صفات میزان عناصر گیاه نیشکر تحت تأثیر محلول پاشی سالیسیلیک اسید (SA) و سطوح تنش شوری (S)

Table 4- Analysis of variance of different elements in sugarcane in response to SA influenced by salinity

منبع تغییرات (Source of variation)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (Mean of Squares)			
		سدیم ریشه Root Na <sup>+</sup>	پتاسیم ریشه Root K <sup>+</sup>	کلر ریشه Root Cl <sup>-</sup>	نسبت پتاسیم به سدیم ریشه Root K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup> ratio
شوری (S)	2	0.0697 <sup>**</sup>	0.4863 <sup>**</sup>	0.41657 <sup>**</sup>	102.70 <sup>**</sup>
سالیسیلیک اسید (SA)	3	0.0001 <sup>ns</sup>	0.3698 <sup>**</sup>	0.00396 <sup>*</sup>	10.11 <sup>**</sup>
S×SA	6	0.0024 <sup>**</sup>	0.0407 <sup>ns</sup>	0.00561 <sup>ns</sup>	4.74 <sup>**</sup>
خطای آزمایشی Error	24	0.0003	0.0407	0.00130	0.283
ضریب تغییرات CV(%)	-	6.64	13.41	4.12	8.36

ns, \*\*, \* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی دار را نشان می دهند.

\*\* and \* represent significant at the 1% and 5% probability level, respectively, and ns represent non- significant

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده گیاه نیشکر تحت تأثیر محلول پاشی برگ سالیسیلیک اسید تحت سطوح متفاوت تنش شوری

Table 5-Mean comparison various characteristics of sugarcane in response to foliar application of salicylic acid (SA) and different salinity levels (S)

تیمار های آزمایشی Treatments	وزن خشک کل Total dry weight (g plant <sup>-1</sup> )	سطح برگ Leaf area (cm <sup>2</sup> )	محتوای نسبی آب برگ RWC (%)	کلروفیل a+b chlorophyll a+b (mg g <sup>-1</sup> )	نفوذ	سدیم ریشه Root Na <sup>+</sup>	پتاسیم ریشه Root K <sup>+</sup>	کلر ریشه Root Cl	نسبت
					پذیری نسبی غشاء Relative membrane permeability (%)				پتاسیم به سدیم ریشه Root K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup> ratio
SA1S0	117.80b	8ab.4076	79ab	1.15ab	15e	0.21de	1.50ab	0.65f	7.14d
SA2S0	137.40a	5ab.4175	80ab	1.21a	11e	0.18e	1.73a	0.66f	9.61b
SA3S0	143.40a	7a.4344	81a	1.24a	10e	0.14f	1.78a	0.68f	12.71a
SA4S0	121.60b	6bc.3903	75bcd	1.17a	13e	0.21de	1.77a	0.69f	8.43c
SA1S1	103.58c	3763cd	73cd	0.95cd	28c	0.23ed	1.20bc	0.93d	5.22ef
SA2S1	106.30c	3765cd	78abc	1.01bc	26cd	0.26bc	1.60a	0.93d	6.15e
SA3S1	104c	9bc.3992	78abc	1.11ab	22d	0.29b	1.63a	0.97cd	5.62ef
SA4S1	84.64d	3500de	63fg	0.85de	30bc	0.26bc	1.51ab	0.84e	5.81e
SA1S2	48.04e	3315ef	66ef	0.82de	42a	0.33a	0.91c	1.06ab	2.76i
SA2S2	51.20e	3578de	76abc	0.91cde	34b	0.35a	1.63a	1.08a	4.66fg
SA3S2	50.62e	3400ef	70de	0.81de	40a	0.33 <sup>a</sup>	1.42ab	1.00bc	4.30gh
SA4S2	47.22e	3200f	60g	0.76e	45a	0.34 <sup>a</sup>	1.21bc	1.00bc	3.56hi

SA4 = 1.5 mM و SA2 = 1 mM, SA2 = 0.5 mM, SA1 = 0 mM

(S2) EC<sub>w</sub> = 6 dS/m و (S1) EC<sub>w</sub> = 3 dS/m, (S0) EC<sub>w</sub> < 1 dS/m

میانگین هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی داری بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد می باشند.

Means with the same letters within column show no significantly difference at  $p < 0.05$  using Duncan's Multiple Range Test

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین صفات مختلف گیاه نیشکر تحت تأثیر سطوح مختلف سالیسیلیک اسید و تنش شوری

Table 6- Mean comparison various characteristics of sugarcane at different salicylic acid (SA) and salinity (S) levels

تیمارهای آزمایشی Treatments	وزن خشک کل Total dry weight (g plant <sup>-1</sup> )	سطح برگ Leaf area (cm <sup>2</sup> )	نفوذ پذیری نسبی غشاء Relative permeability membrane (%)	کلروفیل a+b chlorophyll a+b (mg g <sup>-1</sup> )	محتوای نسبی آب برگ RWC (%)	سدیم ریشه Root Na <sup>+</sup>	پتاسیم ریشه Root K <sup>+</sup>	کلر ریشه Root Cl	نسبت
					(% of dry weight)				پتاسیم به سدیم ریشه Root K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup> ratio
Salinity (dS m <sup>-1</sup> ) سطوح مختلف شوری									
EC <sub>w</sub> < 1	130.05a	4125.15a	12.25c	1.19a	78.75a	0.18c	1.69a	0.67c	9.39a
EC <sub>w</sub> = 3	99.63b	3755.23b	26.5b	0.98b	73b	0.26b	1.48b	0.91b	5.69b
EC <sub>w</sub> = 6	49.27c	3373.25c	40.25a	0.82c	68c	0.33a	1.29c	1.03a	3.91c
SA (mM) سطوح مختلف سالیسیلیک اسید									
0	89.81b	3718.27b	28.33a	0.97ab	72.66b	0.25a	1.20b	0.88a	4.80d
0.5	98.30a	3839.5ab	23.66b	1.04a	78a	0.26a	1.65a	0.89a	6.35b
1	99.34a	3912.53a	24b	1.05a	76.23a	0.25a	1.61a	0.88a	6.44a
1.5	84.48c	3534.53c	29.33a	0.92b	66c	0.27a	1.49a	0.84b	5.52d

حروف یکسان در هر ستون و برای هر عامل نشانه عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج درصد در آزمون دانکن می باشد.

Means with the same letters within column and factors show no significantly difference at  $p < 0.05$  using Duncan's Multiple Range Test

جدول ۷- همبستگی صفات مورد بررسی در نیشکر رقم Cp69-1062  
Table7- Correlation between various traits in sugarcane, cultivar CP69-1062

صفات	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	
سطح برگ Leaf area	X1	1								
وزن خشک کل Total dry weight	X2	0.88**	1							
نفوذ پذیری نسبی غشا Relative membrane permeability	X3	-0.88**	-0.93**	1						
کلروفیل a+b chlorophyll a+b	X4	0.84**	0.84**	-0.96**	1					
محتوای نسبی آب برگ RWC	X5	0.77**	0.67**	-0.81**	0.88**	1				
سدیم ریشه Root Na <sup>+</sup>	X6	-0.80**	-0.94**	0.83**	-0.69**	-0.51**	1			
پتاسیم ریشه Root K <sup>+</sup>	X7	0.55**	0.51**	-0.74**	0.77**	0.73**	-0.36**	1		
کلر ریشه Root Cl	X8	-0.71**	-0.85**	0.88**	-0.81**	-0.53**	0.84**	-0.59**	1	
نسبت پتاسیم به سدیم ریشه Root K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup> ratio	X9	0.82**	0.85**	-0.89**	0.83**	0.67**	-0.87**	0.68**	-0.85**	1

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

\*\* and \*, indicate significant at the 5% and 1% levels, respectively

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش شوری و اثر سالیسیلیک‌اسید بر نفوذپذیری نسبی غشاء در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش تنش شوری میزان نفوذپذیری نسبی غشاء در برگ‌ها افزایش یافت (جدول ۵). افزایش نفوذپذیری غشاء میزان خسارت تنش به گیاه را نشان می‌دهد. اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک‌اسید بر این صفت از لحاظ آماری غیر معنی‌دار بود (جدول ۳). گزارش شده است، کاربرد سالیسیلیک‌اسید نفوذپذیری غشاء پلاسمایی را در ذرت کاهش داد. سالیسیلیک‌اسید با فعال کردن سیستم دفاعی گیاهان از جمله آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت منجر به پالایش رادیکال‌های آزاد و کاهش خسارت ناشی از تنش اکسیداتیو شده است (Levent Tuna *et al.*, 2007).

با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر تنش شوری و اثر سالیسیلیک‌اسید بر میزان کلروفیل a+b برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش تنش شوری میزان کلروفیل کل برگ‌ها کاهش یافت (جدول ۵). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک‌اسید بر این صفت از لحاظ آماری غیر معنی‌دار بود، اما همان‌طور که اشاره شد کاربرد سالیسیلیک‌اسید تا غلظت‌های یک میلی‌مولار می‌تواند سبب بهبود تحمل به شوری شود (جدول ۳). تنش شوری تأثیرات متفاوتی بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاهان مانند افزایش میزان تنفس، سمیت یونی، تغییر در رشد گیاه، توزیع عناصر، بی‌ثباتی غشاء، نفوذپذیری غشا و کاهش فتوسنتز دارد. میزان کلروفیل به‌عنوان وضعیت متابولیک سلولی در نظر گرفته می‌شود و کاهش در

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که، اثر تنش شوری و اثر سالیسیلیک‌اسید بر سطح برگ در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک‌اسید بر این صفت از لحاظ آماری غیر معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش تنش شوری سطح برگ گیاه کاهش یافت (جدول ۵). مطالعات دیگر نشان داده است که این کاهش در ارقام متحمل کمتر می‌باشد (Soltani Howayzeh *et al.*, 2009). سطح برگ همبستگی منفی و معنی‌داری با سدیم ریشه ( $r = -0.80^{**}$ ) و کلر ریشه ( $r = -0.71^{**}$ ) دارد (جدول ۷). همبستگی منفی بین سطح برگ با محتوای عناصر سدیم و کلر در گیاه نیشکر نشان‌دهنده کاهش سطوح فتوسنتز کننده با افزایش سطوح شوری می‌باشد (Soltani Howayzeh *et al.*, 2009). هم‌چنین گزارش شده است که کاهش سطح برگ در اثر شوری منجر به کاهش عملکرد گردید (Shomeili *et al.*, 2011). تسهیم کربن بستگی به قدرت منبع و مخزن دارد و همان‌طور که برگ یک بستر برای فتوسنتز فراهم می‌کند، سطح برگ قدرت منبع محصول زراعی را نشان می‌دهد و فتوسنتز و تولید ماده خشک از یک گیاه نیز با میزان سطح برگ متناسب است (Shomeili *et al.*, 2011). کاربرد سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش سطح برگ در ذرت شد (Gautam and Sing, 2009). اثرات سالیسیلیک‌اسید در تنظیم منبع و مخزن مشخص شده است بدین‌صورت که سالیسیلیک‌اسید فعالیت متابولیک سلول‌ها را افزایش داده و سبب افزایش سطح برگ شده است (Dawood *et al.*, 2012).

در تیمار ۵/۰ میلی‌مولار، به‌دست آمد، که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با یک میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید نداشت. کمترین میزان آن با میانگین ۶۶ درصد در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید به‌دست آمد (جدول ۶). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک‌اسید بر این صفت در سطح پنج‌درصد آماری معنی‌دار بود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان‌داد که بیش‌ترین RWC با میانگین ۸۱ درصد در تیمار یک میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و شرایط  $EC_w < 1 dS/m$  و کمترین میزان آن با میانگین ۶۰ درصد در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و شرایط  $EC_w = 6 dS/m$  به‌دست آمد (جدول ۵). یکی از شاخص‌های نشان‌دهنده وضعیت آب گیاه، محتوای نسبی آب بافت گیاهی می‌باشد. در این تحقیق با افزایش تنش شوری محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت. بقای گیاه به حفظ فشار آماس بستگی دارد که برای توسعه رشد سلول‌ها و بازشدن روزنه‌ها ضروری است. کاهش دسترسی به آب در شرایط شوری خاک موجب تنش اسمزی می‌شود که سرانجام به کاهش فشار آماس می‌انجامد. تنظیم اسمزی یکی از مراحل حیاتی فرآیند تحمل به تنش اسمزی است که در هر دو گیاهان هالوفیت و گلیکوفیت وجود دارد. تنش اسمزی ممکن است جذب و کده‌بندی یون‌ها ( $K^+$ ,  $Na^+$ ) به داخل واکوئل و سنتز مواد محلول‌های سازگار آلی نظیر پرولین، بتائین، پوپولیول‌ها و قندهای محلول را القا کند (Munns and Tester, 2008). تیمار سالیسیلیک‌اسید به تولید اسمولیت‌ها جهت حفظ فشار اسمزی گیاه در تنش شوری کمک می‌کند. تولید اسمولیت‌ها منجر به کاهش فشار اسمزی داخل سلول شده که هم به حفظ آب داخل سلول کمک کرده و مانع پسابیدگی سلول می‌شود و هم با کمک به جذب آب از محلول خاک باعث افزایش فشار آماس و میزان محتوای نسبی آب برگ می‌شود. برخی از محققان بیان کردند که حفظ محتوای رطوبت نسبی برگ در شرایط تنش مربوط به انسداد روزنه‌ها می‌باشد و علت انسداد روزنه‌ها را تجمع هورمون آبسزیک‌اسید می‌دانند که در شرایط تنش در ریشه ساخته شده و در سلول‌های روزنه‌ای تجمع می‌یابد (Levent Tuna et al., 2007). گزارش شده است، کاربرد سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش محتوای رطوبت نسبی برگ شده است که به‌نظر می‌رسد دلیل احتمالی آن افزایش محلول‌های سازگار و در نتیجه کاهش پتانسیل اسمزی گیاهان که سبب افزایش جذب آب در محیط‌های نامساعد می‌شود، باشد (Levent Tuna et al., 2007). این موضوع با نتایج (Hussain et al., 2010) در ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum* L.) و در ذرت، مطابقت دارد (Levent Tuna et al., 2007).

تجزیه واریانس نشان‌داد که، اثر تنش شوری بر سدیم ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). با افزایش تنش شوری میزان سدیم ریشه افزایش یافت (جدول ۶). اثر سالیسیلیک‌اسید بر میزان سدیم ریشه از لحاظ آماری غیرمعنی‌دار بود (جدول ۴). اثر متقابل تنش

میزان کلروفیل تحت تنش شوری می‌تواند مربوط به تجمع یون‌ها و سمیت مربوطه باشد (Munns and Tester, 2008). بررسی غلظت کلروفیل در شرایط تنش شوری یکی از سازوکارهای انتخاب ارقام متحمل به شوری گیاهان زراعی است (Munns, 2002). کاهش غلظت کلروفیل از عوامل مهم مؤثر در میزان ظرفیت فتوسنتزی گیاه به‌شمار می‌رود. افزایش میزان شوری موجب کاهش کارایی برگ‌ها در انجام فتوسنتز و تشدید صدمات تنش می‌شود. تنش شوری منجر به افزایش غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد مانند آبسزیک‌اسید و اتیلن می‌شود که تحریک‌کننده آنزیم کلروفیل‌از هستند و به‌این ترتیب کلروفیل تحت تأثیر این آنزیم تجزیه می‌شود (Orabi et al., 2010). از مهم‌ترین دلایل کاهش کلروفیل در اثر تخریب آن‌ها به‌وسیله اکسیژن فعال می‌باشد. از طرف دیگر رقابت و پیشی‌گرفتن آنزیم گلوتامیل‌کیناز به هنگام تنش شوری از آنزیم گلوتامات‌لیگاز (اولین آنزیم مسیر بیوسنتز کلروفیل) باعث می‌شود تا پیش‌ساز گلوتامات بیشتر به مصرف اسیدآمین‌ها به‌ویژه پرولین برسد، بنابراین بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه می‌شود (Gibon et al., 2000). هم‌چنین یکی از عوارض تنش شوری کاهش جذب عناصر است. از جمله این عناصر می‌توان به آهن و منیزیم و نیتروژن اشاره کرد، که در ساختمان کلروفیل نقش حیاتی دارند (Hussein et al., 2007). کاهش این عناصر منجر به کاهش میزان کلروفیل می‌شود از سویی دیگر منجر به افزایش گونه‌های فعال اکسیژن شده و باعث تخریب غشاهای زیستی چون غشاء تیلاکوئیدی می‌شود. آسیب گونه‌های فعال اکسیژن منجر به هم‌خوردن ماکرومولکول‌هایی چون کلروفیل و کاهش میزان آن در سلول می‌شود. میزان کلروفیل به‌عنوان وضعیت متابولیک سلولی در نظر گرفته می‌شود و کاهش در میزان کلروفیل تحت تنش شوری می‌تواند مربوط به تجمع یون‌ها و سمیت مربوطه باشد (Shomeili et al., 2011). تحقیقات نشان‌داده، کاربرد سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش در میزان کلروفیل شده است. سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌ها مانند سوپراکسیددیسموتاز و پراکسیداز شده و سبب افزایش تحمل گیاه به تنش اکسیداتیو ایجاد شده توسط گونه‌های فعال اکسیژن شده است (Fahad and Bano, 2012). گزارش شده است سالیسیلیک‌اسید از طریق افزایش کلروفیل و فعالیت آنزیم روبیسکو میزان فتوسنتز کل را افزایش داده است (Gautam and Sing, 2009).

تجزیه واریانس نشان‌داد که اثر تنش شوری و اثر سالیسیلیک‌اسید بر محتوای رطوبت نسبی برگ (RWC) در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان‌داد، بیش‌ترین RWC با میانگین ۷۵/۷۸ درصد، و کمترین میزان آن با میانگین ۶۸ درصد به‌ترتیب در تیمارهای  $EC_w < 1 dS/m$  و  $EC_w = 6 dS/m$  به‌دست آمد. با افزایش تنش شوری میزان RWC در برگ‌ها کاهش یافت. (جدول ۶). بیش‌ترین میزان RWC برگ با میانگین ۷۸ درصد

ژنوتیپ‌های متحمل دارای محتوای یون پتاسیم بیش‌تری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس بوده است. محتوای پتاسیم بیشتر می‌تواند سمیت ناشی از یون‌های سدیم و کلر را تعدیل کند و ژنوتیپ متحمل را قادر به رشد و تولید بیشتر در شرایط شور کند (Wahid, 2004) و به‌عنوان معیاری مناسب برای انتخاب گیاهان از نظر تحمل به تنش شوری به کار رود (Gandonou *et al.*, 2011). کاربرد سالیسیلیک‌اسید میزان پتاسیم ریشه را تحت تنش شوری افزایش داده است (Arfan, 2009). هم‌چنین گزارش شده است پتاسیم در حفظ پتانسیل اسمزی و جذب آب نقش دارد سبب می‌شود پتانسیل اسمزی لازم برای جذب آب به‌وسیله سلول‌های گیاه فراهم شود (Khan *et al.*, 2010).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش شوری بر کلر ریشه در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). با افزایش تنش شوری میزان کلر ریشه افزایش یافت (جدول ۶). اثر سالیسیلیک‌اسید بر میزان کلر ریشه در سطح پنج‌درصد آماری معنی‌دار بود (جدول ۴). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک‌اسید بر این صفت از لحاظ آماری غیرمعنی‌دار بود (جدول ۴). با افزایش تنش شوری میزان کلر در نیشکر افزایش یافت که این افزایش در ارقام حساس بیشتر بود. کلر به‌عنوان عامل سمیت در متابولیسم سلولی شناخته شده است و سمیت یونی کلر تحت تنش شوری اثرات زیان‌باری در کاهش رشد نیشکر داشته است (Gandonou *et al.*, 2011). Arfan, 2009 گزارش کردند که کاربرد سالیسیلیک‌اسید میزان کلر را تحت تنش شوری در گندم (Arfan, 2009) و کلزا (Syed *et al.*, 2011) کاهش داده است. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش شوری، اثر سالیسیلیک‌اسید و اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک‌اسید بر نسبت پتاسیم به سدیم ریشه در سطح یک‌درصد معنی‌دار بودند (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین نسبت پتاسیم به سدیم ریشه با میانگین ۹/۵۶، و کمترین آن با میانگین ۳/۸۳ به‌ترتیب در شرایط تنش  $EC_W < 1 dS/m$  و  $EC_W = 6 dS/m$  به‌دست آمد. با افزایش تنش شوری نسبت پتاسیم به سدیم ریشه کاهش یافت (جدول ۶) بیش‌ترین نسبت پتاسیم به سدیم ریشه با میانگین ۷/۵۴ در تیمار یک میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید به‌دست آمد و کمترین آن با میانگین ۵/۱۳ در تیمار صفر میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید به‌دست آمد (جدول ۶). بیش‌ترین نسبت پتاسیم به سدیم ریشه با میانگین ۱۲/۷۹ در تیمار یک میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و شرایط  $EC_W < 1 dS/m$  و کمترین آن با میانگین ۲/۷۹ درصد در تیمار صفر میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و شرایط  $EC_W = 6 dS/m$  به‌دست آمد (جدول ۶). برخی مطالعات نشان داده که تنش شوری باعث کاهش نسبت پتاسیم به سدیم ریشه در نیشکر شده است (Soltani, 2009). Howayzeh *et al.*, 2009 تفاوت معنی‌دار در سطح یک‌درصد برای نسبت پتاسیم به سدیم در ژنوتیپ‌های مختلف نیشکر گزارش

شوری و سالیسیلیک‌اسید بر این صفت در سطح یک‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان سدیم ریشه با میانگین ۰/۳۵ درصد در تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و شرایط  $EC_W = 6 dS/m$  به‌دست آمد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و شرایط  $EC_W = 6 dS/m$  نداشت. کمترین میزان سدیم ریشه با میانگین ۰/۱۴ درصد در تیمار یک میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و شرایط  $EC_W < 1 dS/m$  به‌دست آمد (جدول ۶). افزایش میزان سدیم در اثر شوری توسط محققان زیادی گزارش شده است که از آن جمله می‌توان به (Gandonou *et al.*, 2011; Ashraf *et al.*, 2007)

در نیشکر اشاره کرد. گزارش شده است، با افزایش تنش شوری میزان سدیم ریشه در نیشکر افزایش یافت (Plaut *et al.*, 2000). در گزارش دیگری نیز اشاره شده است که، با افزایش تنش شوری میزان سدیم ریشه افزایش یافت (Gandonou *et al.*, 2011). گزارش شده محتوای یون سدیم گیاهان نیشکر با افزایش شوری افزایش یافت و وارپته‌هایی که سدیم بیش‌تری را تجمع داده بودند کاهش بیش‌تری را در رشد و تجمع ماده خشک داشتند. وارپته‌های متحمل کمترین تجمع سدیم در برگ و بیش‌ترین تجمع ماده خشک را داشتند (Ashraf *et al.*, 2007). در گزارشی دیگر آمده است که ارقام متحمل به شوری نیشکر کمترین تجمع یون‌های سمی از جمله سدیم (Ashraf *et al.*, 2010) و کلر را دارند (Wahid, 2004). گزارش شده است کاربرد سالیسیلیک‌اسید باعث کاهش سدیم ریشه شده است (Arfan, 2009). این می‌تواند به‌دلیل تأثیر آن روی پمپ‌های انتقال سدیم و پتاسیم در غشاء سلولی و سیتوزول باشد (Khan *et al.*, 2010) وجود همبستگی منفی سدیم ریشه با وزن خشک کل ( $r = -0.94^{**}$ )، محتوای نسبی آب ( $r = -0.51^{**}$ ) و نسبت پتاسیم به سدیم ریشه ( $r = -0.87^{**}$ ) و همبستگی مثبت با نفوذپذیری نسبی غشاء ( $r = 0.83^{**}$ ) و کلر ریشه ( $r = 0.84^{**}$ ) بیان‌گر اثر منفی این یون بر رشد گیاهچه نیشکر و اثر نامطلوب آن بر تولید ماده خشک است (جدول ۷). تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش شوری و اثر سالیسیلیک‌اسید بر پتاسیم ریشه در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). با افزایش تنش شوری میزان پتاسیم ریشه کاهش یافت (جدول ۶). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک‌اسید بر این صفت از لحاظ آماری غیر معنی‌دار بود (جدول ۴). گزارش شده است که با افزایش تنش شوری میزان پتاسیم ریشه در نیشکر کاهش یافت. که دلیل آن افزایش میزان سدیم و رابطه رقابتی بین سدیم و پتاسیم می‌باشد. Wahid, 2004 تفاوت معنی‌داری را برای کاهش پتاسیم در شرایط شوری در گیاه نیشکر گزارش کردند و نشان دادند غلظت یون پتاسیم با افزایش شوری در ارقام مختلف نیشکر کاهش یافت و





- alleviating salt stress in crop plants. *American Journal of Cultural Sociology* 5(6): 726-734.
17. Gibon, Y., Sulpice, R. and Larher, F. 2000. Proline accumulation in canola leaf discs subjected to osmotic related to stress is the loss of chlorophylls and to the decrease of mitochondrial activity. *Plant Physiology* 110: 469-476.
  18. Gunes, A., Anal, A., Alprazolam, M., Reglan, F., Bags, E.G. and Cicek, N. 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *Journal of Plant Physiology* 164: 728-736.
  19. Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environmental and Experimental Botany* 68: 14-25.
  20. Hussain, A., Khan, Z., Ashraf, M., Hamid Rashid, M. and Saied Kantar, M. 2004. Effect of salt stress on some growth attributes of sugarcane cultivars CP-77-400 and COJ-84. *International Journal of Agricultural and Biological* 6(1): 188-191.
  21. Hussain, K.H., Nawaz, K.H., Majeed, A.B., Khan, F.A., Lin, F.E. and Shahzad A. 2010. Alleviation of salinity effects by exogenous applications of salicylic acid in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) seedling. *African Journal of Biotechnology* 9(50): 8602-8607.
  22. Hussein, M.M., Balbaa, L.K. and Gaballah, M.S. 2007. Salicylic acid salinity effect on growth of maize plants. *Journal of Agricultural and Biological Science* 3(4): 321-328.
  23. Kafi, M. 2009. *Physiology of abiotic stresses in plants*, 1<sup>st</sup>ed. Mashhad Jihad Daneshgahi Publication. Mashhad. 502p. (In Persian).
  24. Khan, N.A., Shabian, S., Masood, A., Nazar, A. and Iqbal N. 2010. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mung bean and alleviates adverse effects of salinity stress. *International Journal of Plant Biology* 1: 1-8.
  25. Levent Tuna, A., Kaya, C., Dikilitas, M., Yokas, I.B., Burun, B. and Altunlu H. 2007. Comparative effects of various salicylic acid derivatives on key growth parameters and some enzyme activities in salinity stressed maize (*Zea mays* L.) plants. *Pakistan Journal of Botany* 39(3): 787-798.
  26. Munir, N. and Aftab, F. 2011. Enhancement of salt tolerance in sugarcane by ascorbic acid pretreatment. *African Journal of Biotechnology* 10(80): 18362-18370.
  27. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell and Environment* 25: 239-250.
  28. Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annals Rev. Plant Biology* 59: 651-681.
  29. Nelson, P.N. and Ham, G.J. 2000. Exploring the response of sugarcane to sodic and saline conditions through natural variation in the field. *Field Crop Research* 66: 132-139.
  30. Orabi, S.A., Salman, S.R. and Shalaby, A.F. 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: 252-259.
  31. Plaut, Z., Meinzer, F.C. and Federman, E. 2000. Leaf development, transpiration and ion uptake and distribution in sugarcane cultivars grown under salinity. *Plant Soil* 218: 59-69.
  32. Santa-Maria, G.E. and Epstein H. 2001. Potassium/sodium selectivity in wheat and the amphiploid cross wheat X *Lophopyrum elongatum*. *Plant Science* 160: 523-534.
  33. Shomeili, M., Nabipour, M., Meskarbashee, M., and Rajabi Memari, H. 2011. Evaluation of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) somaclonal variants tolerance to salinity in vitro and in vivo cultures. *African Journal of Biotechnology* 10(46): 9337-9343.
  34. Singh, B. and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Journal of Plant Growth Regulation* 39: 137-141.
  35. Soltani Howayzeh, M., Mir Mohammadi Maybodi, M. and Arzani, A. 2009. Investigation of the correlation between morpho-physiological traits and dry weight yield of commercial and promising sugarcane cultivars under salinity stress at early vegetative growth stage. *Journal of Crop Physiology* 2: 26-33 (In Persian with English Abstract).
  36. Syeed, S.H., Anjam, N.A., Nazar, R., Iqbal, N.O., Masood, A.S. and Khan, N.A. 2011. Salicylic acid-mediated changes in photosynthesis, nutrients, content and antioxidant metabolism in two mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars differing in salt tolerance. *Acta Physiologiae Plantarum* 33:877-886.
  37. Wahid, A. 2004. Analysis of toxic and osmotic effects of sodium chloride on leaf growth and economic yield of sugarcane. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 45: 133-141.
  38. Yusuf, M., Hasan, S.A., Ali, B., Hayat, S., Fariduddin, Q. and Ahmad, A. 2008. Effect of salicylic acid on salinity induced changes in *Brassica juncea*. *Journal of Integrative Plant Biology* 50(8): 1-4.
  39. Zhao, Y., Aspinall, D. and Paleg, L.G. 1992. Protection of membrane integrity in *Medicago sativa* L. by glycinebetaine against the effects of freezing. *Journal of Plant Physiology* 140: 541-543.



## Alleviation of Salinity Effects by Exogenous Applications of Salicylic Acid in Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Seedlings

F. Chaharlang Badil<sup>1</sup>- M. Barary<sup>2\*</sup>- M. Shomeili<sup>3</sup>- Z. Tahmasebi<sup>4</sup>

Received: 02-02-2015

Accepted: 25-10-2015

### Introduction

Abiotic stresses cause 71% reduction in crop yield around the world, from which 20% is related to salinity stress. The importance of sugarcane increases every day due to greater demand for sugar. Since sugarcane has mainly grown in arid and semi-arid regions, salinity is one of the main problems for this crop due to higher evaporation in these areas. Salicylic acid (SA) is classified as a phyto – hormone and belongs to a group of phenol compounds. Salicylic acid can improve plant tolerance to abiotic stresses. This research aimed at studying the effect of SA on the alleviating of salinity stress in sugarcane.

### Materials and Methods

The effects of salicylic acid on the growth and some physiological responses of sugarcane (*Saccharum officinarum* L. cv. CP69-1062) were studied under salt stress. The experiment design was a factorial of two factors, based on a randomized completely design with three replications. The experiment was conducted in a greenhouse at the Sugarcane Research and Training Institute of Khuzestan, Iran in 2012. Treatments evaluated in this study were three levels of salt stress, including ( $EC_w < 1 \text{ dSm}^{-1}$ ,  $EC_w = 3 \text{ dSm}^{-1}$ ,  $EC_w = 6 \text{ dSm}^{-1}$ ), and four concentrations of SA including 0, 0.5, 1 and 1.5 mM, respectively. The plants used in this experiment were produced through tissue culture technique. The data were analyzed using SAS (ver.9.5).

### Results and Discussion

The statistical analysis showed that salinity stress above  $3 \text{ dSm}^{-1}$  can significantly ( $P \leq 0.05$ ) reduce plant growth and yield. This result confirmed the previous reports about low tolerance of sugarcane to salt stress. The most efficient treatment was, spraying with 1 mM SA concentration which resulted in, 10.61, 5.05, 8.24 and 46.98 % increase in total dry weight, relative water content (RWC), chlorophyll content and root  $K^+/Na^+$  ratio respectively, in comparison with control treatment. The enhancement of these plant traits will improve plant growth and crop yield. Root  $K^+/Na^+$  ratio showed a significant positive correlation with total dry weight ( $r = 0.85^{**}$ ), RWC, ( $r = 0.67^{**}$ ), and was negatively correlated with root  $Na^+$  ( $r = -0.87^{**}$ ) and root  $Cl^-$ , ( $r = -0.85^{**}$ ). Thus increasing the amount of  $Na^+$  and  $Cl^-$  in plant tissues, decreases the growth and yield. Results also showed the positive effect of higher  $K^+$  concentration on plant growth and plant tolerance to salinity stress. The concentration of 1.5 mM SA had less positive effect in improving salt tolerance compared to 0.5 mM and 1 mM SA. This might be due to the hormonal effect of this compound at greater levels and its negative efficacy on plant growth and development. Greater RWC with increasing  $K^+/Na^+$  ratio might be due to higher osmotic adjustment in plant tissues.

### Conclusions

This research showed that the growth and yield of sugarcane considerably reduced under salinity stress above  $3 \text{ dS m}^{-1}$ . The results suggested that SA was useful in reducing adverse effects of salinity. Under similar soil and water conditions the application of 1 mM in form of foliar spraying can be recommended for sugarcane plants.

**Keywords:** Morpho-physiological, Root  $Na^+$ , Salt, Spraying

1- MSc Student of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ilam University, Iran.

2- Assistance Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ilam University, Iran.

3- Manager of Agronomy Department, Sugarcane Research and Training Institute of Khuzestan.

4- Assistance Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ilam University, Iran.

(\* - Corresponding Author Email: bararym@gmail.com)