تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences

مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی
جلد هشتم، شماره دوم، نیمه دوم۹۴
۳۱۷-۳۰۷

بررسی تأثیر سطوح مختلف سالیسیلیک اسید بر بهبود رشد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) تحت تنش شوری

فاطمه چهارلنگ بدیل[۱]، مهرشاد براری[۲*]، محمود شمیلی[۳]، زهرا طهماسبی[۲]

۱ . دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام؛ ۲. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام.
۳. مدیر بخش به‌زراعی موسسه تحقیقات آموزش و توسعه نیشکرو صنایع جانبی خوزستان.

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۶/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۳/۰۳

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید (SA) بر رشد و برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه نیشکر تحت تنش شوری آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار تحت شرایط گلخانه‌ای در موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر خوزستان در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح شوری آب آبیاری (EC_W<۱، EC_W=۳، EC_W=۶ دسی‌زیمنس بر متر) و چهار غلظت SA (صفر، ۰/۵، یک و ۱/۵ میلی مولار) بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که تنش شوری و کاربرد SA در مرحله رویشی اثر معنی‌داری بر شاخص‌های مختلف فیزیولوژیک و بیوشیمیایی و هم‌چنین مرفولوژیک گیاه نیشکر داشت. کاربرد SA در فاز رویشی به‌صورت محلول‌پاشی موجب بهبود میزان ارتفاع، وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه و کاهش نفوذپذیری نسبی غشاء شد. تیمارمحلول‌پاشی با SA با غلظت یک میلی مولار به ترتیب موجب افزایش ۱۱/۳۸، ۸/۸۸، ۱۸/۲۳، ۱۰/۶۱، ۵۵/۸۰ درصدی ارتفاع، وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک کل، نسبت پتاسیم به سدیم برگ و کاهش ۱۵/۲۸ درصدی نفوذپذیری نسبی غشاء سلولی در مقایسه با عدم کاربرد SA (شاهد) شد. SA در غلظت ۱/۵ میلی مولار به دلیل تغییر صفات فیزیولوژیک گیاه نسبت به تیمار ۰/۵ و یک میلی مولار تأثیر مثبت کمتری در شرایط تنش شوری داشت. نتایج بیانگر آن است که کاربردSA با غلظت یک میلی مولار در لیتر در کاهش عوارض تنش شوری مؤثر بوده و در شرایط آب و خاک مشابه کاربرد آن در نیشکر به صورت محلول‌پاشی تا شوری ۳dS/m می‌تواند مفید باشد.

***واژه‌های کلیدی*: پتاسیم، سدیم، محلول‌پاشی، مرفولوژیک، نمک.**

مقدمه

بر اساس پیش‌بینی‌ها جمعیت جهان تا سال ۲۰۲۵ به ۸ میلیارد نفر می‌رسد و تا سال ۲۰۵۰ به ۸/۹ میلیارد نفر می‌رسد. سالانه حدود ۸۰ میلیون نفر به جمعیت جهان افزوده می‌شود و ۹۷ درصد افزایش جمعیت جهان در کشورهای درحال توسعه خواهد بود؛ بنابراین تا سال ۲۰۲۵ نیاز به تولید غذا دو برابر خواهد شد. این پدیده موجب افزایش فشار به محیط‌زیست می‌شود (Kafi et al., 2009). تنش‌های غیرزنده عامل کاهش ۷۱ درصدی عملکرد محصولات زراعی در سطح جهان بوده که تنش خشکی ۱۷ درصد، شوری ۲۰ درصد، دمای بالا ۴۰ درصد، دمای پایین ۱۵ درصد و سایر عوامل ۸ درصد کاهش در عملکرد را سبب می‌شوند (Kafi et al., 2009). تنش شوری تأثیرات متفاوتی بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاهان مانند افزایش میزان تنفس، سمیت یونی، تغییر در رشد گیاه، توزیع عناصر، بی‌ثباتی غشا، نفوذپذیری غشاء و کاهش فتوسنتز داردکه می‌تواند مربوط به تجمع یون‌ها و سمیت مربوطه باشد (Munns and Tester, 2008).

نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی در خوزستان است و در اراضی تحت کشت این گیاه به دلیل سطح شوری بالای آب آبیاری، بالا

* نگارنده پاسخگو: مهرشاد براری. پست الکترونیک: bararym@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

آمدن سطح آب زیرزمینی و تبخیر شدید، نمک در سطح خاک در حال تجمع است (Soltani et al., 2009). نیشکر جزء گیاهان نسبتاً حساس به شوری با حد آستانه a=۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر و شیب خط به ازای هر واحددسی-زیمنس بر متر حدود ۵/۹ درصد می‌باشد (Nelson and Ham, 2000). سالیسیلیک اسید یک تنظیم‌کننده رشد درونی طبیعی می‌باشد و به گروهی از ترکیبات فنلی تعلق داشته و از نام Salix (بید) مشتق شده است (Hayat et al., 2010). گزارش شده است که سالیسیلیک اسید (SA) در گیاهانی که تحت تنش‌های محیطی قرار دارند نقش حفاظتی دارد (Joseph et al., 2010). هم‌چنین گزارش شده است که SA باعث افزایش در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مانند کاتالاز، پروکسیداز و سوپر اکسیداز دیسموتاز در کاربرد خارجی SA در تحمل به شوری در گیاهان شده است (Yusuf et al., 2008). راهکارهای مختلفی نظیر آب‌شویی نمک‌ها، مدیریت زراعی و افزایش مقاومت به شوری از طریق شیوه‌های نوین اصلاح مولکولی برای به حداکثر رساندن رشد نیشکر تحت شرایط تنش شوری به کار گرفته شده است. هم‌چنین روش‌های دیگری برای غلبه بر این تنش شوری در نظر گرفته شده است که شامل مدیریت مناسب در کاربرد خارجی تنظیم‌کننده‌های رشد می‌باشد (Ghorbani et al., 2011). این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر رشد و استقرار گیاهچه نیشکر تحت تنش شوری انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در یکی از گلخانه-های موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر صنایع جانبی خوزستان واقع در ۴۵ کیلومتری جاده اهواز- خرمشهر، با عرض جغرافیایی °۳۱ و ´۳۰ شمالی و طول جغرافیایی °۴۸ و ´۴۵ شرقی با ارتفاع ۱۵ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه شیمیایی خاک و آب در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورداستفاده در آزمایش

Table1. Physical and chemical properties of the soil used in the experiment

درصد سدیم تبادلی	هدایت الکتریکی خاک	اسیدیته	شن	سیلت	رس	بافت خاک
ESP (%)	**EC** (dS/m)	**pH**	**Sand** (%)	**Silt** (%)	**Clay** (%)	**Soil texture**
34	1.86	7.63	60	17	23	Sandy Clay Loam لوم رسی شنی

بیکربنات	سولفات	کلر	سدیم	کلسیم	منیزیم	پتاسیم	فسفر	نیتروژن
HCO_3^-	$SO4^{2-}$	Cl^-	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	P	N
---------- (meq/L) ----------								(%)
6.5	17.19	28	12.42	9	7	12	4.35	0.529

جدول ۲. ویژگی‌های کیفی آب استفاده‌شده در آبیاری

Table 2.Qualitative characteristics of water used for irrigation

هدایت الکتریکی آب آبیاری	اسیدیته	کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم	کلر	سولفات	بیکربنات
EC_w	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO^-_3
(dS/m)		(meq/L)						
EC_W< 1	7.31	2.02	1.9	8.3	0.51	3	2.5	0.8
EC_W = 3	7.4	5.68	3.9	25.5	0.44	12	5.34	1.6
EC_W = 6	7.5	6.40	4.72	82.2	1.27	27	19.14	4.2

Archive of SID

www.SID.ir

میزان روشنایی در گلخانه محل انجام آزمایش معادل ۱۱۰۰ لوکس و 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. به‌منظور فراهم کردن زهکش مناسب، گلدان‌ها ابتدا با مقداری شن درشت و سپس با خاک پر شدند. ارتفاع گلدان‌های مورداستفاده ۴۸ سانتی‌متر با قطر فوقانی ۳۵ سانتی‌متر بود و دارای حجم ۲۵ لیتر بود. پس از پر کردن گلدان‌ها و آماده‌سازی گلدان‌ها، در هر گلدان سه گیاهچه نیشکر کاشته شد. گیاهچه‌های نیشکر موردنیاز از طریق کشت بافت و در مدت شش ماه تولید شدند. تولید گیاهچه‌ها شامل مراحل (۱) کشت جوانه‌های جانبی، (۲) انتقال به محیط کشت تکثیری، (۳) انتقال شاخساره‌ها به محیط ریشه‌زایی، (۴) انتقال به فضای گلخانه‌ای و (۵) انتقال به گلدان‌های اصلی بود.

مرحله بعد اعمال تیمارها بود که به شرح ذیل انجام شد: (الف) تیمار SA (سالیسیلیک اسید) (شرکت مرک[1] آلمان) (با جرم مولکولی ۱۳۸/۱۲ و چگالی ۱/۴۴۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، به‌صورت محلول‌پاشی برگی در چهار غلظت صفر، ۰/۵، یک و ۱/۵ میلی مولار، به کمک اسپری دستی دو بار، یکی بعد از ظهور دو برگ کامل (۴۸ ساعت بعد از تیمار تنش شوری) و دیگری دو هفته بعد انجام شد. بوته‌های هر گلدان تا خیس شدن کامل سطح برگ گیاهان اسپری شد. لازم به ذکر است به‌منظور افزایش قدرت جذب سطحی به هر محلول مورداستفاده چند قطره توین-۲۰ به‌عنوان مویان[2] نیز اضافه گردید. (ب) سطوح شوری با استفاده از زه‌آب‌های کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر واقع در ۴۵ کیلومتری جنوب اهواز و پس از رقیق کردن با آب آبیاری و رساندن آن به شوری موردنظر تهیه شد. توضیح آنکه دلیل استفاده از زه‌آب مزارع نیشکر در حال آب‌شویی، داشتن ترکیب شیمیایی مشابه با شوری خاک‌های منطقه بود. در این آزمایش سه سطح شوری آب آبیاری (EC_W<۱، EC_W=۳، و EC_W=۶ دسی‌زیمنس بر متر)، بعد از استقرار گیاه و در مرحله دوبرگی استفاده شد. مدت اعمال تنش شوری از اوایل آذرماه ۱۳۹۱ لغایت پایان تیرماه ۱۳۹۲ بوده است. میزان آب آبیاری بعد از اندازه‌گیری نقاط رطوبتی FC و PWP خاک با دستگاه صفحات فشاری[3] به دست آمد که به ترتیب برابر با ۲۰ و ۱۱ درصد بود.

اندازه‌گیری نفوذپذیری نسبی غشاء

برای پی بردن به میزان خسارت اکسیداتیو واردشده به فسفولیپیدهای غشای پلاسمایی بر اثر پروکسیداسیون ناشی از رادیکال‌های آزاد، اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها یکی از بهترین روش‌ها می‌باشد. برای اندازه‌گیری نفوذپذیری نسبی غشاء ابتدا ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ سوم (قسمت میانی) در هر نمونه برداشته شد. سپس تکه‌های برگ در داخل لوله‌آزمایش حاوی ۲۰ میلی‌لیتر 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 نگهداری 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 با استفاده از فرمول ذیل محاسبه گردید (Zhao et al., 1992).

میزان نفوذپذیری نسبی غشاء (٪) =

$$[(EC_1-EC_0)/(EC_2-EC_0)]\times 100 \qquad [۱]$$

اندازه‌گیری نیتروژن برگ گیاه نیشکر با روش کجلدال صورت گرفت و غلظت عناصر سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر به دست آمد (Shomeili et al., 2011).

محاسبات آماری به کمک نرم‌افزار SAS نسخه‌ی ۹/۵ و گروه‌بندی میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. ضرایب همبستگی به‌وسیله نرم‌افزار SPSS محاسبه گردید. همچنین برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

اثر تنش شوری بر ارتفاع گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). با افزایش تنش شوری ارتفاع گیاه کاهش یافت. اثر سالیسیلیک اسید بر ارتفاع گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر این صفت در سطح پنج درصد آماری معنی‌دار شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد

[1]- Merck
[2]- Surfactant
[3]- Pressure plates

Archive of SID

www.SID.ir

که بیشترین میزان ارتفاع گیاه با میانگین ۳۷/۶۰ سانتی‌متر در تیمار یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و شرایط EC_W<1 دسی‌زیمنس بر متر و کم‌ترین میزان آن با میانگین ۲۵/۲۰ سانتی‌متر در تیمار ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید و شرایط تنش EC_W=6 دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد. تنش شوری همانند بسیاری از تنش‌های غیر زیستی رشد گیاه را محدود می‌کند (Hussain et al., 2004). کاهش ارتفاع گیاه بر اثر شوری در اثر کوتاه شدن میان گره‌ها بوده است که این کاهش در اثر کم شدن رشد سلولی و تعداد سلول‌ها در اثر شوری می‌باشدکه با گزارش‌های حسین و همکاران (Hussain et al., 2004) در گیاه نیشکر مطابقت دارد. تحت تنش شوری تقسیم سلولی و طویل شدن سلول‌ها کاهش می‌یابد، به نظر می‌رسد که سالیسیلیک اسید طویل شدن و تقسیم سلولی را به همراه مواد دیگری از قبیل اکسین تنظیم می‌کند (Shakirova, 2003). سالیسیلیک اسید سبب افزایش ارتفاع شده است. نسبت ABA/IAA یک شاخص بسیار مهم در تحمل به تنش شوری می‌باشد. این نسبت تحت شرایط شوری بیشتر است، اما احتمالاً کاربرد سالیسیلیک اسید به‌طور معنی‌داری باعث کاهش نسبت ABA/IAA شده است. به نظر می‌رسد نسبت پایین ABA/IAA ناشی از تعادل بین دو هورمون می‌باشد که به‌وسیله سالیسیلیک اسید تنظیم شده است و باعث افزایش رشد تحت شرایط تنش شده است (Fahad and Bano, 2012).

جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سالیسیلیک اسید (SA) و سطوح مختلف شوری (S) بر صفات اندازه‌گیری شده در نیشکر، واریته P69-1062

Table 3. Analysis of variance (mean square) of Salicylic Acid (SA) and Salinity(S) levels on measured characteristics of sugarcane (*Saccharum sp*. Var . CP 69-1062) plant.

(S.O.V)	منابع تغییرات	df	Height	Shoot Fresh Weight	Root Fresh Weight	Total Dry Weight	Relative membrane permeability
		درجه آزادی	ارتفاع	وزن تر اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک کل	نفوذپذیری نسبی غشاء
S	شوری	2	196.35**	124601.64**	2742.36**	19972.52**	2352.25**
SA	اسید سالیسیلیک	3	27.23**	2677.86**	225.60**	452.81**	76.66**
SA×S	شوری ×اسید سالیسیلیک	6	2.92*	1197.55**	97.47**	158.01**	18.19^{ns}
error	خطای آزمایشی	24	1.20	2245.06	7.26	13.01	9
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)	-	*3.54*	*3.55*	*7.65*	*3.88*	*11.39*

به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد، غیر معنی‌دار*،**،ns

** and * represent significant at the 0.01 and 0.05 levels, respectively, and ns represent non- significant.

وزن تر اندام هوایی

اثر تنش شوری بر وزن تر اندام هوایی گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میانگین وزن تر اندام هوایی گیاه با ۳۵۳/۳۳ گرم و کمترین میزان آن با میانگین ۱۵۷/۹۲ گرم به ترتیب در شرایط EC_W<1 دسی‌زیمنس بر متر و شرایط تنش EC_W=6 دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (جدول ۵). اثر سالیسیلیک اسید بر وزن تر اندام هوایی گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین میزان وزن تر اندام هوایی گیاه با میانگین ۲۹۰/۳۴ گرم در تیمار یک میلی مولار سالیسیلیک اسید و کم‌ترین میزان آن با میانگین ۲۵۱ گرم در تیمار ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید به دست آمد که ازلحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار ۰/۵ و یک میلی مولار داشت (جدول ۵). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر این صفت در سطح یک درصد معنی‌دار شد (شکل ۱). نتایج آزمایش نشان داد که

Archive of SID

www.SID.ir

با افزایش تنش شوری وزن تر اندام هوایی کاهش یافت. کاهش وزن اندام هوایی ممکن است در اثر سمیت ویژه یون‌ها و اختلال در جذب عناصر غذایی باشد. تحقیقات مشابه نشان داده است که همبستگی منفی و معنی‌داری بین صفت وزن تر اندام هوایی با صفاتی مانند سدیم برگ و نسبت سدیم به پتاسیم وجود دارد (Soltani et al., 2009).

جدول ۴. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سالیسیلیک اسید (SA) و سطوح مختلف شوری (S) بر صفات اندازه‌گیری شده در نیشکر واریته CP69-1062

Table 4. Analysis of variance (mean square) of Salicylic Acid (SA) and salinity (S) levels on measured characteristics of sugarcane (*Saccharum sp.* Var . CP 69-1062) plant.

نسبت پتاسیم به سدیم برگ	نیتروژن برگ	پتاسیم برگ	سدیم برگ	درجه آزادی	منابع تغییرات	
Leaf K^+/Na^+ ratio	**Leaf N**	**Leaf K^+**	**Leaf Na^+**	**df**		**S.O.V**
196.07^{**}	1.11^{**}	1.76^{**}	0.0063^{**}	2	شوری	**S**
54.65^{**}	0.078^{**}	0.51^{**}	0.0016^{**}	3	اسید سالیسیلیک	**SA**
6.73^{**}	0.051^{**}	0.03^{ns}	0.0003^{ns}	6	شوری ×اسید سالیسیلیک	**SA×S**
0.55	0.003	0.04	0.0004	24	خطای آزمایشی	**error**
5.36	*2.78*	*8.05*	*10.53*	-	ضریب تغییرات (٪)	**CV (%)**

به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد، غیر معنی‌دار*، **، ns

**and * represent significant at the 0.01 and 0.05 levels, respectively, and ns represent non- significant.

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات گیاه نیشکر واریته CP69-1062 تحت تأثیر سطوح مختلف سالیسیلیک اسید (SA) و سطوح مختلف تنش شوری

Table 5. Mean comparison for estimated characteristics of sugarcane (*Saccharum sp.* Var. CP 69-1062) plant under different levels SA and different levels of salinity.

تیمارهای آزمایشی	ارتفاع بوته	وزن تر اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک کل	نفوذپذیری نسبی غشاء	سدیم برگ	پتاسیم برگ	نیتروژن برگ	نسبت پتاسیم به سدیم برگ
Treatment	**Height**	**Shoot fresh weight**	**Root fresh weight**	**Total dry weight**	**Relative membrane permeability**	**Leaf Na^+**	**Leaf K^+**	**Leaf N**	**Leaf K^+/Na^+ ratio**
	(cm)	($g.plant^{-1}$)			(٪)	(٪ of dry weight)			
سطوح مختلف شوری (Salinity ($dS.m^{-1}$)									
EC_W< 1	34.67^a	353.33^a	51.1^a	130.05^a	12.25^a	0.16^a	2.90^a	2.30^a	18.24^a
EC_W = 3	31.55^b	305.75^b	33.58^b	99.63^b	26.5^b	0.19^b	2.40^b	1.98^b	12.67^b
EC_W = 6	26.65^c	157.92^c	21^c	49.27^c	40.25^c	0.21^b	2.14^c	1.69^c	10.38^c
سطوح مختلف سالیسیلیک اسید (Salicylic acid (mM)									
0	29.5^b	266.66^b	32.14^c	89.81^b	28.33^b	0.20^b	2.15^b	1.91^b	10.61^d
0.5	32^a	281.33^a	40.76^a	98.30^a	23.66^a	0.19^a	2.62^a	2.07^a	14.48^b
1	32.86^a	290.34^a	38^b	99.34^a	24^a	0.17^a	2.68^a	2.07^a	16.53^a
1.5	29.46^b	251^c	30^c	84.48^c	29.33^b	0.19^{ab}	2.49^a	1.91^b	13.44^c

.حروف یکسان در هر ستون نشانه عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در آزمون دانکن می‌باشد

Means with the same letters within rows are not significantly different at $p<0.05$ using Duncan´s Multiple Range Test.

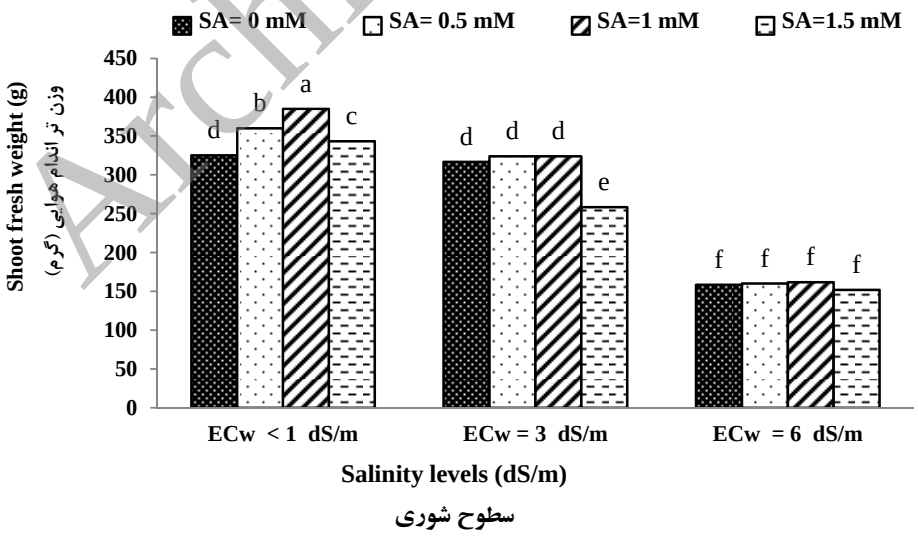
Archive of SID

www.SID.ir

وزن تر ریشه

اثر تنش شوری بر وزن تر ریشه گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). با افزایش تنش شوری وزن تر ریشه کاهش یافت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میانگین وزن تر ریشه گیاه با ۵۱/۱۰ گرم و کمترین میزان آن با میانگین ۲۱ گرم به ترتیب در شرایط تنش EC_W<1 دسی‌زیمنس بر متر و شرایط تنش 6= EC_W دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (جدول ۵). اثر سالیسیلیک اسید بر وزن تر ریشه گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بالاترین میزان وزن تر ریشه گیاه با میانگین ۴۰/۷۶ گرم در تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و کمترین میزان آن با میانگین ۳۰ گرم در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به دست آمد که ازلحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار ۰/۵ و یک میلی‌مولار داشت (جدول ۵). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر این صفت در سطح یک درصد آماری معنی‌دار شد (شکل ۲). ریشه اندامی است که وظیفه جذب آب و مواد غذایی را بر عهده دارد و تنش شوری عمدتاً از ناحیه ریشه به گیاه وارد می‌شود؛ بنابراین ریشه اولین اندامی است که با تنش شوری مواجه می‌شود و با توجه به تنظیم اسمزی و شیوه-های اجتنابی که در جهت کاهش اثر شوری انجام می‌دهد مقدار زیادی انرژی از اندام-های هوایی دریافت می‌کند که صرف مقابله با تنش شوری می‌نماید این عمل باعث کاهش کارایی ریشه در تأمین عناصر غذایی و آب برای سایر اندام‌ها می‌شود.

مجموع این عوامل کاهش وزن ریشه را به دنبال خواهد داشت (Munir and Aftab, 2011). تحقیقات نشان می‌دهد کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش وزن تر ریشه شده است (Dawood et al., 2012). افزایش در تولید ماده خشک تحت کاربرد سالیسیلیک اسید مربوط به افزایش فعالیت متابولیکی سلول‌ها و فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها در گیاهان نسبت داده شده است (Gunes et al., 2007). گزارش شده است، با افزایش تنش شوری میزان توسعه عمق مؤثر ریشه کاهش می‌یابد زیرا ریشه‌ها قادر به جذب آب نیستند و ریشه گیاه یون‌های سمی بیشتری را جذب می-کند که منجر به کاهش توسعه طولی ریشه می‌گردد؛ و سمیت ناشی از یون‌ها منجر به کاهش رشد طولی ریشه می‌شود. رابطه مثبتی بین افزایش تحمل به شوری و نمو ریشه وجود دارد.

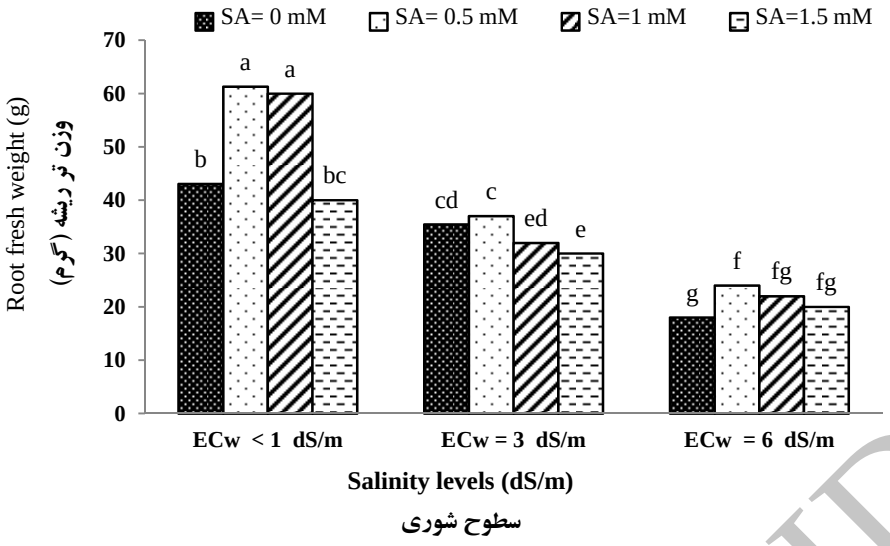


شکل ۱. اثر متقابل سطوح مختلف شوری (EC_W) و سالیسیلیک اسید (SA) بر وزن تر اندام هوایی نیشکر واریته CP69-1062

Fig. 1. Effect of Salicylic Acid and Salinity stress on shoot fresh weight of sugarcane *Saccharum sp*. Var .CP69-1062 plant

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲ - اثر متقابل سطوح مختلف شوری (EC_W) و سالیسیلیک اسید (SA) بر وزن تر ریشه نیشکر واریته CP69-1062

Fig. 2.Effect of Salicylic Acid and Salinity stress on root fresh weight of sugarcane *Saccharum sp*. Var .CP 69-1062 plant.

جدول ۶ . همبستگی صفات موردبررسی نیشکر واریته CP69-1062

Table 6. Correlation between traits of sugarcane variety CP69-1062

Traits صفات		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
ارتفاع Height	X1	1								
وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	X2	0.91**	1							
وزن تر ریشه Root fresh weight	X3	0.84**	0.86**	1						
وزن خشک کل Total dry weight	X4	0.92**	0.97**	0.91**	1					
نفوذپذیری نسبی غشاء Relative permeability membrane	X5	-0.89**	-0.91**	-0.90**	-0.93**	1				
سدیم برگ Leaf Na^+	X6	-0.64**	-0.63**	-0.73**	-0.61**	0.79**	1			
پتاسیم برگ Leaf K^+	X7	0.85**	0.71**	0.72**	0.77**	-0.71**	-0.47**	1		
نیتروژن برگ Leaf N	X8	0.89**	0.87**	0.87**	0.88**	-0.97**	-0.79**	0.73**	1	
نسبت پتاسیم به سدیم برگ Leaf K^+/Na^+ ratio	X9	0.86**	0.76**	0.85**	0.80**	-0.85**	-0.85**	0.84**	0.87**	1

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

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

Archive of SID

www.SID.ir

متراکم بودن ریشه و قدرت بالای انشعابات سیستم ریشه‌ای می‌تواند در کاهش سمیت ناشی از شوری مؤثر باشد و بنابراین می‌تواند تحمل به شوری را نشان دهد (Fahad and Bano, 2012). گزارش شده است سالیسیلیک اسید باعث بهبود سیستم ریشه و افزایش بیومس ریشه و سبب سازگاری گیاه تحت شرایط تنش شوری شده است. در این حالت سیستم ریشه حالت انتخابی در جذب و انتقال یون‌ها داشته و وظایف خود را بهتر انجام می‌دهد و وضعیت آبی گیاه بهتر حفظ می‌شود (Fahad and Bano, 2012).

وزن خشک کل

اثر تنش شوری بر وزن خشک کل گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). با افزایش تنش شوری وزن خشک کل کاهش یافت. اثر سالیسیلیک اسید بر وزن خشک کل گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید نیز بر این صفت در سطح یک درصد معنی‌دار شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک گیاه با میانگین ۱۴۳/۴۰ گرم در تیمار یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و شرایط $EC_W<1$ دسی‌زیمنس بر متر کمترین میزان آن با میانگین ۴۷/۲۲ گرم در تیمار ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید و شرایط تنش $EC_W=6$ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد. گزارش شده است، تنش شوری باعث کاهش وزن خشک کل شده است. کاهش سطح برگ و کاهش تعداد برگ منجر به کاهش فتوسنتز شده و درنتیجه تولید گیاه کاهش می‌یابد. از سوی دیگر پدیده تحمل به شوری یک پدیده انرژی‌خواه است.

گیاه برای مقابله با اثرات مضر شوری مجبور به‌صرف انرژی بیشتری می‌باشد. بدین ترتیب در این شرایط مقدار کمتری تولیدات فتوسنتزی به مصرف تولید ماده خشک و عملکرد می‌رسد؛ بنابراین وزن خشک کل در گیاه نیشکر با افزایش محتوای عناصر سمی کلر و سدیم کاهش می‌یابد (Soltani et al., 2009) . وزن خشک کل همبستگی مثبت و معنی‌داری با نسبت پتاسیم به سدیم در برگ و ریشه دارد و به‌عنوان شاخصی از تحمل ارقام نیشکر تحت تنش شوری در نظر گرفته می‌شود. کاربرد سالیسیلیک اسید تحت شرایط تنش شوری، سبب شده بود گیاه ماده خشک کل بیشتری تولید کند؛ که با نتایج حسین و همکاران (Hussein et al., 2007) در ذرت مطابقت دارد. تأثیر مثبت سالیسیلیک اسید می‌تواند به افزایش جذب CO_2 و سرعت فتوسنتز و افزایش جذب مواد معدنی به‌وسیله گیاه تنش دیده تحت تیمار سالیسیلیک اسید نسبت داد (Hussein et al., 2007). با توجه به جدول همبستگی (جدول ۶)، وزن خشک کل همبستگی مثبت و معنی‌داری با ارتفاع ($r=۰/۹۲^{**}$)، نیتروژن برگ ($r=۰/۸۸^{**}$)، دارد و همبستگی منفی و معنی‌داری با سدیم برگ ($r=-۰/۶۱^{**}$) داشت (جدول ۶).

نفوذپذیری نسبی غشاء

اثر تنش شوری بر نفوذپذیری نسبی غشاء در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). با افزایش تنش شوری میزان نفوذپذیری نسبی غشاء در برگ‌ها افزایش یافت. اثر سالیسیلیک اسید بر میزان نفوذپذیری نسبی غشاء در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر این صفت ازلحاظ آماری معنی‌دار نشد . گزارش شده است که کاربرد سالیسیلیک اسید نفوذپذیری غشاء پلاسمایی را در ذرت کاهش داد. سالیسیلیک اسید با فعال کردن سیستم دفاعی گیاهان ازجمله آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان منجر به پالایش رادیکال-های آزاد و کاهش خسارت ناشی از تنش اکسیداتیو شده است (Levent Tuna et al., 2007).

سدیم برگ

اثر تنش شوری بر سدیم برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). با افزایش تنش شوری میزان سدیم برگ افزایش یافت. اثر سالیسیلیک اسید بر میزان سدیم برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر این صفت ازلحاظ آماری معنی‌دار نشد . سدیم یکی از عناصری است که در اثر شوری غلظت آن‌هم در خاک و هم در گیاه افزایش می‌یابد. با افزایش تنش شوری میزان سدیم در برگ افزایش یافت. افزایش میزان سدیم در برگ در اثر شوری در نیشکر توسط محققان زیادی گزارش شده است (از جمله Gandonou et al., 2011; Plaut et al., 2000). این محققین گزارش کردند که محتوای یون سدیم گیاهان نیشکر با افزایش شوری افزایش یافت و واریته‌هایی که سدیم بیشتری را تجمع داده بودند کاهش بیشتری را در رشد و تجمع ماده خشک داشتند. واریته‌های متحمل کمترین تجمع سدیم در برگ و بیشترین تجمع ماده خشک را داشتند (Ashraf et al., 2007). گزارش شده است کاربرد سالیسیلیک اسید

Archive of SID

www.SID.ir

تحت شرایط شور سبب کاهش سدیم شده است و از انتقال بیشتر سدیم به بخش هوایی گیاه تحت تنش شوری جلوگیری کرده است. این می‌تواند به دلیل تأثیر آن روی پمپ‌های انتقال سدیم و پتاسیم در غشاء سلولی و سیتوسول باشد (Khan et al., 2010).

پتاسیم برگ

اثر تنش شوری بر پتاسیم برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). با افزایش تنش شوری میزان پتاسیم برگ کاهش یافت. اثر سالیسیلیک اسید بر میزان پتاسیم برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر این صفت ازلحاظ آماری معنی‌دار نشد. پتاسیم از عناصر غذایی پرمصرف می‌باشد که در نیشکر بیشتر از نیتروژن جذب می‌شود. با افزایش شوری میزان پتاسیم برگ کاهش می‌یابد که دلیل آن افزایش میزان سدیم و رابطه رقابتی بین سدیم و پتاسیم می‌باشد. وحید و همکاران (Wahid, 2004) تفاوت معنی‌داری را برای کاهش پتاسیم در شرایط شوری در گیاه نیشکر گزارش کردند و نشان دادند غلظت یون پتاسیم برگ با افزایش شوری در ارقام مختلف نیشکر کاهش یافت و ژنوتیپ‌های متحمل دارای محتوای یون پتاسیم بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس بوده است. یون پتاسیم، آثار سمی یون‌های سدیم و کلر را با جایگزین شدن به‌جای آن‌ها تعدیل کرده و ژنوتیپ متحمل را قادر به رشد بهتر در شرایط شور می‌کند که این می‌تواند به‌عنوان معیاری مناسب برای انتخاب گیاهان ازنظر تحمل به تنش شوری به کار رود (Wahid, 2004). تحقیقات نشان داد، کاربرد سالیسیلیک اسید تحت شرایط شور سبب افزایش پتاسیم برگ شده است. پتاسیم سبب می‌شود پتانسیل اسمزی لازم برای جذب آب به‌وسیله سلول‌های گیاه فراهم شود (Khan et al., 2010). پتاسیم در حفظ پتانسیل اسمزی و جذب آب نقش دارد و گیاهان با ذخیره مطلوب پتاسیم، آب کمتری را از دست می‌دهند. پتاسیم همچنین نقش حیاتی در فتوسنتز دارد و سبب افزایش مستقیم رشد و شاخص سطح برگ و لذا جذب CO_2 و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی شده است (Khan et al., 2010).

نیتروژن برگ

اثر تنش شوری بر نیتروژن برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). با افزایش تنش شوری میزان نیتروژن برگ کاهش یافت. اثر سالیسیلیک اسید بر میزان نیتروژن برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر این صفت در سطح یک درصد معنی‌دار شد. تحقیقات نشان می‌دهد که کاهش در محتوای نیتروژن در نیشکر مربوط به تجمع یون‌های مضر در بافت گیاه بوده است. یون کلر سبب کاهش فعالیت آنزیم نیترات رداکتاز تحت تنش شوری شده و از جذب نیتروژن جلوگیری می‌کند (Shomeili et al., 2011). افزایش در محتوای نیتروژن برگ در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید تحت شرایط شور گزارش شده است، درواقع سالسیلیک اسید باعث حفاظت آنزیم رابیسکو و حفظ پروتئین‌های مختلف برگ شده است (Khan et al., 2010). افزایش میزان نیتروژن برگ در ارزن مرواریدی با کاربرد سالیسیلیک اسید نیز گزارش شده است (Hussain et al., 2010).

نسبت پتاسیم به سدیم برگ

اثر تنش شوری بر نسبت پتاسیم به سدیم برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین نسبت پتاسیم به سدیم برگ با میانگین ۱۸/۲۴ و کمترین آن با میانگین ۱۰/۳۸ به ترتیب در شرایط شوری $EC_W<1$ و $EC_W=6$ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (جدول ۵). با افزایش تنش شوری نسبت پتاسیم به سدیم برگ کاهش یافت. اثر سالیسیلیک اسید بر نسبت پتاسیم به سدیم برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). بیشترین میزان نسبت پتاسیم به سدیم برگ با میانگین ۱۶/۵۳ در تیمار یک میلی مولار سالیسیلیک اسید به دست آمد و کمترین آن با میانگین ۱۰/۶۱ در تیمار صفر میلی مولار سالیسیلیک اسید به حاصل شد (جدول ۵). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر این صفت در سطح یک درصد آماری معنی‌دار شد (شکل ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین نسبت پتاسیم به سدیم برگ با میانگین ۲۳/۰۱ در تیمار یک میلی مولار سالیسیلیک اسید و شرایط $EC_W<1$ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین آن با میانگین ۸/۲۱ در تیمار صفر میلی مولار سالیسیلیک اسید و شرایط $EC_W=6$ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (شکل ۳). اختر و همکاران (Akhtar et al., 2003) تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد برای نسبت پتاسیم به سدیم در ژنوتیپ‌های مختلف نیشکر گزارش کردند. آن‌ها بیان داشتند که اگرچه با افزایش شوری این نسبت کاهش می‌یابد اما ژنوتیپ‌های متحمل

Archive of SID

www.SID.ir

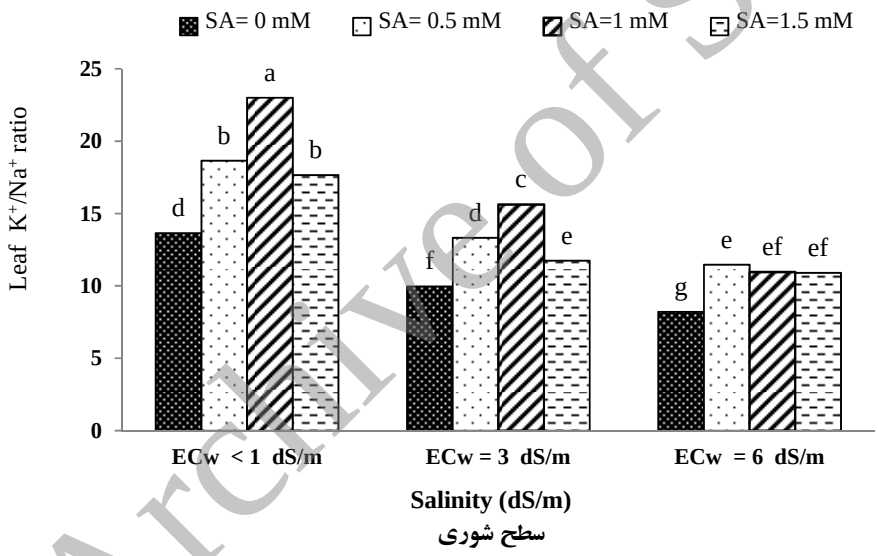
دارای نسبت پتاسیم به سدیم بالاتری هستند (Akhtar et al., 2003). هم‌چنین گزارش شده با افزایش تنش شوری نسبت پتاسیم به سدیم برگ نیشکر کاهش یافت (Wahid, 2004). کاربرد سالیسیلیک اسید نیز سبب افزایش نسبت پتاسیم به سدیم برگ ذرت شده است (Fahad and Bano, 2012). با توجه به جدول همبستگی (جدول ۶)، نسبت پتاسیم به سدیم برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن خشک کل ($r=۰/۸۰^{**}$) و همبستگی منفی و معنی‌داری بانفوذپذیری نسبی غشاء ($r=-۰/۸۵^{**}$) داشت (جدول ۶).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این بررسی محلول‌پاشی با غلظت یک میلی مولار در لیتر SA در نیشکر موجب افزایش میزان ارتفاع، وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، نیتروژن برگ، پتاسیم برگ، نسبت پتاسیم به سدیم برگ و کاهش نفوذپذیری نسبی غشاء و سدیم برگ شد. با توجه به شوری خاک و آب منطقه پیشنهاد می‌گردد در شرایط با خصوصیات آب‌وخاک مشابه محلول‌پاشی SA با غلظت‌های ذکرشده به‌شرط آنکه EC محلول خاک بیشتر از ۳ dS/m نباشد، به‌منظور کاهش اثرات تنش شوری صورت گیرد.

سپاسگزاری

از کارکنان موسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان که در اجرای این طرح ما را یاری نمودند سپاسگزاری می‌شود.



شکل ۳. اثر متقابل سطوح مختلف شوری (EC_W) و سالیسیلیک اسید (SA) بر نسبت پتاسیم به سدیم برگ نیشکر رقم CP69-1062

Fig. 3.Interaction of Salicylic Acid and Salinity stress on leaf K^+/Na^+ ratio of sugarcane *Saccharum sp.* Var .CP 69-1062 plant.

Archive of SID

منابع

Akhtar, S., Wahid, A., Rasul, E., 2003. Emergence, growth and nutrient composition of sugarcane sprouts under NaCl salinity. Journal of Plant Biology. 46(1), 113-116 .

Ashraf, M., Rahmatullah, S., Kanwar, M.A., Tahir, A., Ali, L., 2007.Differential salt tolerance of sugarcane genotypes. Pakistan Journal of Agricultural Sciences. 44(1), 85-89.

Fahad, S.H., Bano, A.S., 2012. Effect of salicylic acid on physiological and biochemical characterization of maize growth in saline area. Pakistan Journal of Botany. 44(4), 1433-1438.

Gandonou, C., Bada, F., Gnancadja, S.,Abrini, J., Skali-Senhaji, N., 2011.Effects of NaCl on Na+, Cl- and K+ ions accumulation in two sugarcane (Saccharum sp.) cultivars differing

www.SID.ir

in their salt tolerance. International Journal of Plant Physiology and Biochemistry. 3(10), 155-162.

GhorbaniJavid, M., Sorooshzadeh, A., Moradi, F., ModarresSanavy, A., 2011.The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. American Journal of Cultural Sociology. 5(6), 726-734.

Gunes, A., Inal, A., Alpaslam, M., Erslan, F., Bagsi, E.G., 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.

Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., Ahmad, A., 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environmental and Experimental Botany. 68, 14-25 .

Hussain, A., Khan, Z., Ashraf, M., Hamid Rashid, M., SaeedAkhtar, 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.

Hussain, K.H., Nawaz, K.H., Majeed, A.B., Khan, F.A., Lin, F.E., Shahazad, A., 2010. Alleviation of salinity effects by exogenous applications of salicylic acid in pearl millet (*Pennistum glaucum* L.) seedling. African Journal of Biotechnology. 9(50), 8602-8607.

Hussein, M.M., Balbaa. L.K., Gaballah, M.S., 2007. Salicylic acid salinity effect on growth of maize plants. Journal of Agricultural and Biological Science. 3(4),321-328.

Joseph, B., Jini, D., Sujatha, S., 2010. Insight in to role of exogenous salicylic acid on plant growth under salt environment. Asian Journal of Crop Science. 2(4), 226-235.

Kafi, M., 2009.Physiology of Abiotic Stresses in Plants, 1st ed. Mashhad Jihad Daneshgahi Publication. Mashhad. 502p. [In Persian].

Khan, N.A., Shabian, S., Masoud, A., Nazar, A., 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.

Munir, N., Aftab, F., 2011.Enhancement of salt tolerance in sugarcane by ascorbic acid pretreatment. African Journal of Biotechnology. 10(80), 18362-18370.

Munns, R., Tester, M., 2008.Mechanisms of Salinity Tolerance. Annual Review of Plant Biology. 59, 651–681.

Nelson, P.N., 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.

Plaut, Z., Meinzer, F.C., Federman, E., 2000. Leaf development, transpiration and ion uptake and distribution in sugarcane cultivars grown under salinity. Plant and Soil. 218, 59–69.

Shakirova, F.M., and Sahabutdinova, D.R.,2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Journal of Plant Science. 164, 317-32.

Shomeili, M., Nabipour, M., Meskarbashee, M., RajabiMemari, H., 2011. Effects of gibberellic acid on sugarcane plants exposed to salinity under a hydroponic system. African Journal of Biotechnology. 5(10), 609-616 .

SoltaniHowayzeh, M., Mir Mohammadi Maybodi, M., 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.

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 .

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.

Zhao, Y., Aspinall, D., Paleg, L.G., 1992. Protection of membrane integrity in Medicago saliva L. by glycinebetaine against the effects of freezing. Journal of Plant Physiology. 140, 541-543.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir