تأثیر شوری و سالیسیلیک اسید بر ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک سورگوم در مراحل اولیه رشد (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

زهره دیانت مهارلویی، کبری مقصودی، زهرا دیانت مهارلویی و یحیی امام*

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۱۶)

چکیده:

به منظور ارزیابی تأثیر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید (۰، ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی‌مولار) بر ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک سورگوم رقم پگاه، تحت شرایط تنش شوری (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر)، آزمایشی در سال ۱۳۹۱ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار به اجرا درآمد. نتایج نشان داد تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع ساقه و سطح برگ سورگوم گردید و این کاهش در سطح ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر، شدیدتر بود. در مقابل، برگ‌پاشی با سالیسیلیک اسید، افزایش این ویژگی‌ها را به همراه داشت. همچنین، افزایش سطح تنش شوری و نیز برگ‌پاشی سالیسیلیک اسید با افزایش مقدار فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز و نیز کلروفیل همراه بود. در مجموع می‌توان نتیجه‌گیری کرد که برگ‌پاشی سورگوم با سالیسیلیک اسید، موجب بهبود رشد و افزایش تحمل این گیاه در برابر تنش شوری گردید. در واقع، سالیسیلیک اسید با افزایش سیستم دفاع آنتی اکسیدانی موجب کاهش تنش اکسیداتیو و نیز افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و در نهایت پارامترهای رشد گردید.

کلمات کلیدی: کلرید سدیم، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز.

مقدمه:

بخش گسترده‌ای از کره زمین، بیش از ۱۰۶×۳ کیلومتر مربع یا تقریبا ۶ درصد کل سطح خشکی های جهان، تحت تاثیر شوری قرار دارند و سالانه حدود ۲ میلیون هکتار از زمین‌های کشاورزی به زمین‌های شوری تبدیل می‌شوند که فاقد کارآیی برای تولید محصول شده و یا تولید در آنها کاهش می‌یابد (Ashraf and Foolad, 2007; Manchanda and Garg, 2008). شوری یک فاکتور محیطی است که تمام مراحل رشد و نمو گیاه را از جوانه زنی تا تولید زیست توده و دانه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. البته پاسخ گیاهان به شوری بسته به نوع گیاه، مراحل نموی گیاه، شدت و مدت تنش متفاوت است (Manchanda and Garg, 2008; Jithesh *et al.*, 2006). تنش شوری تعادل بین تولید گونه‌های فعال اکسیژن و از بین بردن آن‌ها را به هم می‌زند. این تنش همچنین با القای تنش آبی موجب بسته شدن روزنه، کاهش غلظت CO_2 در سلول‌های مزوفیل برگ گیاهان تحت تنش شده و موجب تجمع NADPH در کلروپلاست می‌گردد. در این

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: yaemam@shirazu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.4.7]

شرایط مقدار $NADP^+$ در دسترس برای انجام واکنش‌های نوری فتوسنتز کاهش یافته، بنابراین O_2 به عنوان پذیرنده الکترون عمل کرده و منجر به تولید رادیکال سوپراکسید و به دنبال آن سایر گونه‌های فعال اکسیژن و در نهایت تنش اکسیداتیو می‌گردد (Abdul Jaleel *et al.*, 2009). اگرچه اکسیژن عنصری ضروری در فرآیندهای متابولیسمی هوازی می‌باشد، اما وقتی به صورت ناقص احیا شود تولید انواع گونه‌های فعال اکسیژن می‌نماید. این گونه‌ها بسیار سمی بوده و به ملکول‌های زیستی مثل لیپیدها، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و رنگیزه‌های فتوسنتزی و غشا آسیب وارد کرده و حتی منجر به مرگ سلولی می شود (Abdul Jaleel *et al.*, 2009; Jithesh *et al.,* 2006).

گیاهان برای تحمل در برای تنش اکسیداتیو ایجاد شده توسط شوری از سیستم دفاع آنتی اکسیدانی آنزیمی یا غیر آنزیمی استفاده می‌نمایند (Massood *et al.*, 2006). بررسی‌ها در گیاه گندم نیز نشان دهنده افزایش فعالیت سوپراکسیددیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز و گلوتاتیون رداکتاز در شرایط تنش خشکی می‌باشد (Agarwall *et al.*, 2005).

سالیسیلیک اسید (SA) یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید به گروهی از ترکیبات فنلی تعلق دارد که به عنوان یک مولکول مهم برای تعدیل پاسخ‌های گیاه به تنش‌های محیطی شناخته شده است (Afzal *et al.,* 2006; El-tayeb, 2005; Khodary, 2004). سالیسیلیک اسید با تغییر فعالیت آنزیم‌هایی نظیر سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز موجب افزایش موقت و جزیی در مقدار H_2O_2 گردیده که منجر به القای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سلول می‌گردد (Ben Hamed *et al.*, 2007).

گیاه سورگوم با نام علمی *Sorghum bicolor* (L.) Moench از خانواده غلات می‌باشد. و سطح زیر کشت آن در دنیا ۴۵/۸ میلیون هکتار است (FAO, 2009) و قریب به ۹۰ درصد آن به سورگوم دانه‌ای اختصاص دارد. بنابراین، این گیاه در دنیا به عنوان یک غله مطرح است، ولی با توجه به کمبود علوفه در ایران، نوع علوفه‌ای آن اولویت دارد و سطح زیر کشت آن در ایران بیش از ۴۰ هزار هکتار است (Fouman Ajirlou, 2000). سورگوم از نظر فتوسنتزی از گیاهان C_4 می‌باشد و از کارایی فتوسنتزی بالایی نسبت به گیاهان C_3 برخوردار است. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سالیسیلیک اسید بر صفات رویشی و برخی پارامترهای بیوشیمیایی سورگوم رقم پگاه، تحت شرایط تنش شوری در محیط کنترل شده به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها:

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، واقع در ۱۱ کیلومتری شمال شرقی شهر شیراز در سال ۱۳۹۱ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح سالیسیلیک اسید (۰، ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی‌مولار) و چهار سطح شوری (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر که با افزودن نمک کلرید سدیم به خاک صورت گرفت) بودند.

بذرهای سورگوم، رقم پگاه، در گلدان‌های پلاستیکی در عمق ۲ cm کاشته شدند. در هر گلدان پنج کیلوگرم مخلوط خاک و خاک‌برگ به نسبت ۱:۴ خاک و خاک برگ اضافه شد. برخی از خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک استفاده شده در این پژوهش در جدول ۱ آورده شده است. ده روز پس از کاشت و استقرار گیاهچه‌ها، سه گیاهچه در هر گلدان حفظ و سپس تیمارهای شوری اعمال شد. لازم به ذکر است برای جلوگیری از ورود شوک ناگهانی به گیاهچه‌ها تیمارهای شوری به صورت مرحله‌ای با هدایت الکتریکی پنج دسی‌زیمنس بر متر شروع و در هر روز دو دسی‌زیمنس بر متر به مقدار شوری اضافه شد. به منظور جلوگیری از خروج آب زهکش از زیر گلدانی استفاده شد و برای کنترل مقدار EC از آن‌ها نمونه‌برداری انجام می‌گرفت. این کار تا وقتی که EC تمایل به افزایش نمود، ادامه یافت. در این حالت، زیر گلدانی‌ها برداشته شدند و حجم آب آبیاری برای هر گلدان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.4.7]

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی خاک استفاده شده در پژوهش

بافت	K (mg kg^{-1})	P (mg kg^{-1})	N (%)	OM (%)	pH	EC (dS m^{-1})
لوم سیلت	۷۲۰	۱۲	۰/۱۵	۱/۱۲	۷/۰۹	۰/۶۰

نسبت به قبل افزایش پیدا کرد. به طوری که آب از زیر گلدان‌ها خارج شده و زهکشی شود. در این شرایط، مقدار EC گلدان‌ها تا حدودی ثابت مانده و از روند افزایش میزان شوری کاسته شد. یعنی در هر نوبت آبیاری EC آب جمع شده در زیر گلدانی با EC متر دیجیتالی اندازه‌گیری و کنترل می‌شد.

گلدان‌های مربوط به تیمار شاهد نیز از زمان کاشت تا انتهای آزمایش، با آب معمولی و تا حد ظرفیت زراعی آبیاری شدند. ده روز پس از اعمال تنش، بوته‌های سورگوم با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید برگ‌پاشی شدند (همزمان گیاهان شاهد نیز با آب مقطر تیمار شدند). جهت اطمینان از جذب شدن سالیسیلیک اسید توسط گیاه، عمل برگ‌پاشی در دو روز متوالی تکرار شد. اندازه‌گیری ویژگی‌های بیوشیمیایی دو هفته پس از برگ پاشی صورت گرفت. برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز به ترتیب از روش Chance و Maehly (۱۹۹۵)، Dhindsa و همکاران (۱۹۸۱)، De Pinto و همکاران (۱۹۹۹) و Giannopolitis و Ries (۱۹۷۷) استفاده شد.

محتوی کلروفیل نسبی با استفاده از دستگاه کلروفیل متر قابل حمل (SPAD Unit Model, CCM 200) اندازه گیری شد. در نهایت طول ساقه و سطح برگ بوته‌های مربوط به هر تیمار، اندازه‌گیری شدند. تجزیه واریانس داده‌های بدست آمده با نرم‌افزار آماری SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث:

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنش شوری در تمامی سطوح (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) طول ساقه سورگوم را کاهش داد. تیمار با سالیسیلیک اسید موجب افزایش طول ساقه در شرایط کنترل و نیز در شرایط تنش شوری گردید. البته این افزایش در شرایط عدم تنش شوری، معنی‌دار نبود. در حالی‌که در سه سطح تنش شوری، برگ‌پاشی سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌دار طول ساقه گردید و در ضمن تاثیر غلظت ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، بیشتر بود (شکل ۱). همچنین سطح برگ سورگوم، تحت تاثیر تنش شوری کاهش معنی‌داری یافت و در مقابل، تیمار گیاه با سالیسیلیک اسید با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار، موجب تعدیل اثر تنش شوری و کاهش افت سطح برگ در شرایط تنش گردید (شکل ۲).

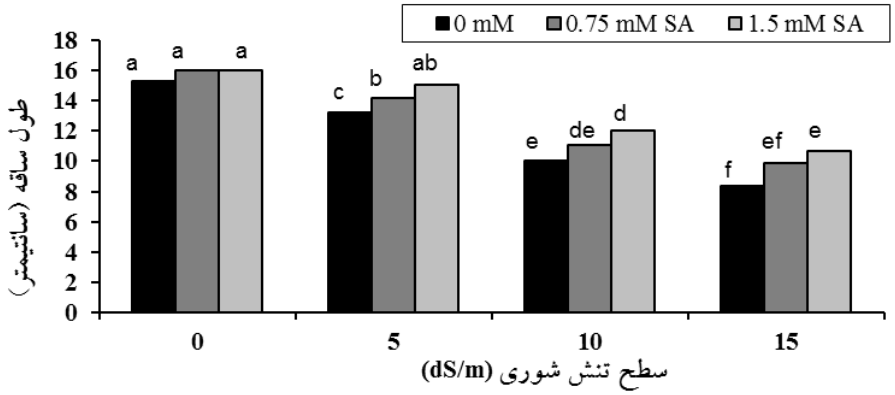
کاهش پارامترهای رشد تحت تنش شوری در گیاهان گوجه‌فرنگی (Shibli *et al.*, 2007)، عدس (Bandeoglu *et al.*, 2004) و یونجه (Wang *et al.*, 2009) نیز گزارش شده است. شوری موجب کاهش رشد، کاهش سطح برگ یا توقف گسترش سطح برگ، کاهش رشد شاخه و ریشه با نسبت‌های‌های مختلف می‌گردد (Munns, 2002). گزارش شده است که هنگامی که سالیسیلیک اسید به صورت پاشش روی گیاهان جو استفاده گردید موجب افزایش پارامترهای رشد و تحمل به تنش شوری در این گیاه گردید (El-Taye, 2005).

در این پژوهش سطوح ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم، مقدار کلروفیل برگ سورگوم را به ترتیب ۵۸، ۶۹ و ۸۱ درصد کاهش داد. در مقابل، غلظت ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، موجب افزایش مقدار کلروفیل در شرایط تنش شوری ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر گردید (شکل ۳).

سالیسیلیک اسید تاثیر خود را بر فتوسنتز از طریق تأثیر بر فاکتورهای روزنه‌ای، رنگیزه‌ها و ساختار

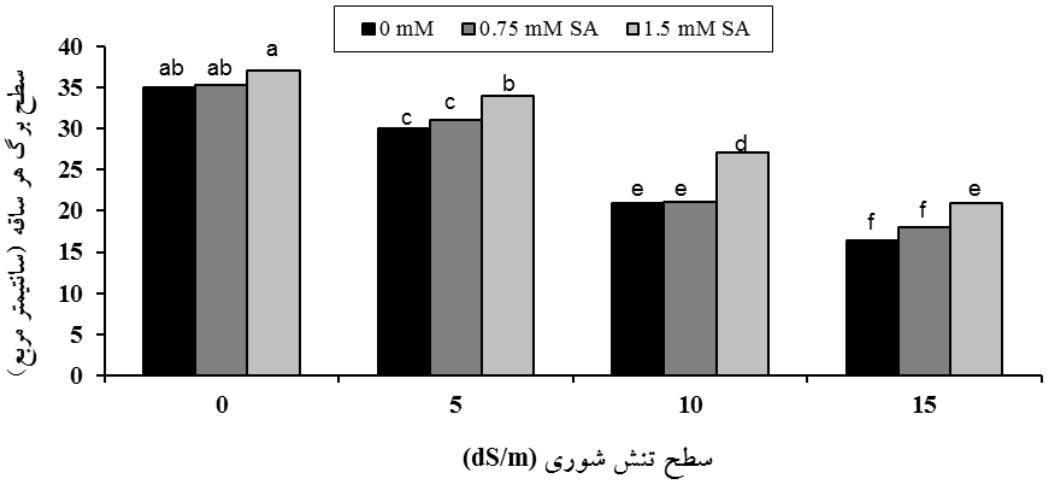
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.4.7]



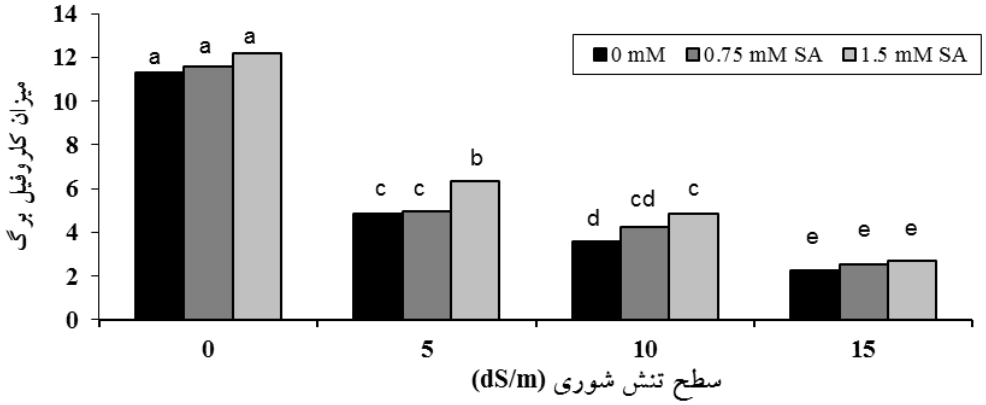
شکل ۱- برهمکنش شوری و اسید سالیسیلیک بر طول ساقه سورگوم.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری تفاوتی ندارند (آزمون دانکن و P≤ ۰/۰۵).



شکل ۲- برهمکنش شوری و اسید سالیسیلیک بر سطح برگ در هر ساقه سورگوم.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری تفاوتی ندارند (آزمون دانکن و P≤ ۰/۰۵).

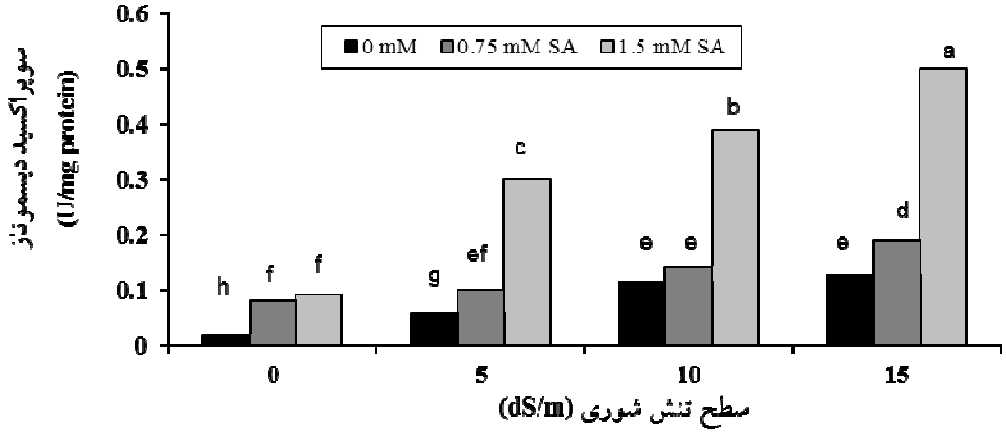


شکل ۳- برهمکنش شوری و اسید سالیسیلیک بر میزان کلروفیل برگ سورگوم.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری تفاوتی ندارند (آزمون دانکن و P≤ ۰/۰۵).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.4.7]



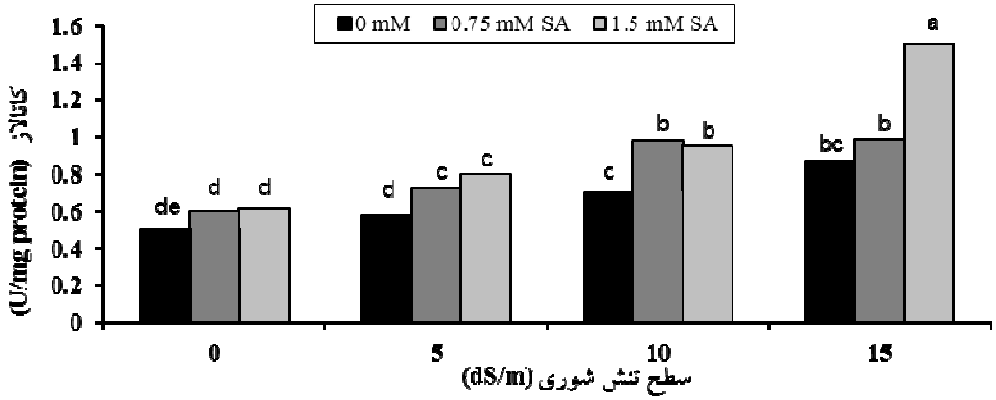
شکل ۴- برهمکنش شوری و سالیسیلیک اسید بر میزان فعالیت سوپراکسید دیسموتاز برگ سورگوم.
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری تفاوتی ندارند (آزمون دانکن و P≤ ۰/۰۵).

کلروپلاست و آنزیم‌های دخیل در مراحل فتوسنتز اعمال می‌کند. گزارش شده است که کاربرد سالیسیلیک اسید روی برگ‌های گیاه کلزا (Ghai *et al.*, 2002)، گندم (Hayat and Ahmad, 2007) و جو (El-Tayeb, 2005) محتوای کلروفیلی را افزایش داد. کاهش مقدار کلروفیل و کاروتنویید در شرایط تنش شوری در گیاه گوجه‌فرنگی (Juan *et al.*, 2005) و سویا (Abd *et al.*, 1997) گزارش شده است و این کاهش در ارقام حساس بیشتر از ارقام مقاوم بود (Juan *et al.*, 2005).گزارش‌هایی نیز وجود دارد که نشان دهنده عدم کاهش و یا افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در تنش شوری می‌باشد. افزایش مقدار کلروفیل در تنش شوری در گیاه تاج خروس گزارش شده است (Wang and Nil, 2000).

نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از آن بود که تنش شوری موجب افزایش میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز گردید (شکل ۴). همچنین مشخص گردید که برگ‌پاشی با سالیسیلیک اسید موجب افزایش میزان فعالیت این آنزیم در هر دو شرایط کنترل و تنش شوری گردید و البته این اثر در شرایط تنش شوری در مقایسه با شرایط عدم تنش، بسیار شدیدتر بود (شکل ۴). سوپراکسیددیسموتاز یکی از آنزیم‌هایی است که در خط مقدم دفاع علیه گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشد (Shen *et al.*, 2010). این آنزیم، رادیکال سوپراکسید را به H_2O_2 تبدیل کرده و H_2O_2 باید طی مراحل بعدی دفاع آنتی‌اکسیدانی سم‌زدائی گردد. فعالیت این آنزیم مقدار $O_2^{\cdot-}$ و H_2O_2 را را تنظیم کرده و خطر تولید رادیکال OH را کاهش می‌دهد. در کلروپلاست، آنزیم سوپراکسیددیسموتاز به دو صورت متصل به غشای تیلاکوئیدی و محلول در استروما وجود دارد. شکل باند شده به غشای تیلاکوئیدی رادیکال سوپراکسید را بلافاصله در محل تولید دیسموته می‌کند و شکل محلول در استروما، رادیکال های سوپراکسید منتشر شده درون استروما را پراکسید هیدروژن تبدیل می‌کند (Abdul Jaleel *et al.,* 2009; Hayat and Ahmad, 2007).

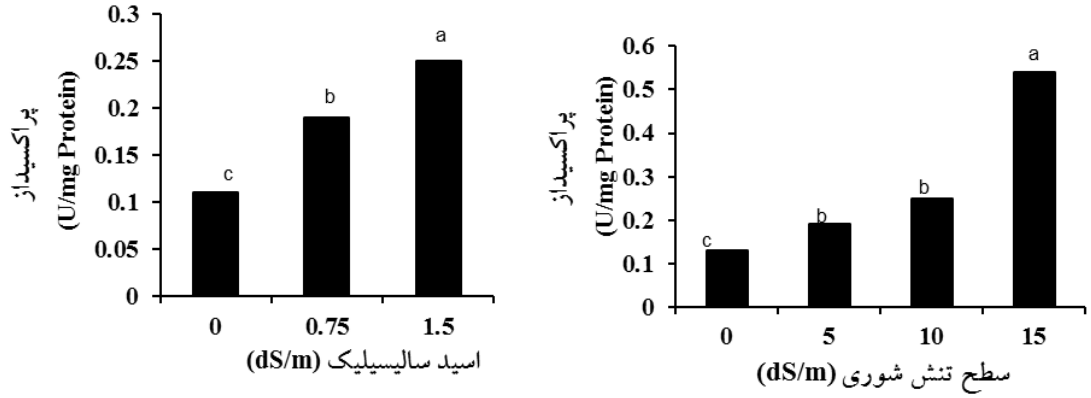
نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر آن بود که شوری ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب موجب افزایش ۲۹ و ۴۳ درصدی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز گردید (شکل ۵). همچنین تیمار با سالیسیلیک اسید در غلظت ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی‌مولار، در شرایط تنش شوری، موجب افزایش میزان فعالیت این آنزیم گردید. لازم به ذکر است که برگ‌پاشی با سالیسیلیک اسید در شرایط عدم تنش شوری، اگرچه افزایش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز را به همراه داشت اما

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.4.7]



شکل ۵- برهمکنش شوری و سالیسیلیک اسید بر میزان فعالیت کاتالاز برگ سورگوم.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری تفاوتی ندارند (آزمون دانکن و P≤ ۰/۰۵).



شکل ۶- تاثیر شوری (سمت راست) و سالیسیلیک اسید (سمت چپ) بر میزان فعالیت پراکسیداز برگ سورگوم.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری تفاوتی ندارند (آزمون دانکن و P≤ ۰/۰۵).

این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (شکل ۵). کاتالاز موجب شکسته شدن H_2O_2 به آب و اکسیژن می شود. کاتالاز نقش تجزیه H_2O_2 تولید شده طی تنفس نوری در پراکسی‌زوم‌ها و یا H_2O_2 تولید شده طی بتااکسیداسیون اسیدهای چرب در گلی‌اکسی‌زوم ها یا H_2O_2 تولید شده توسط سوپراکسیددیسموتاز را بر عهده دارد. کاتالاز دارای میل ترکیبی پایینی نسبت به H_2O_2 است، بنابراین قادر به حذف H_2O_2 در غلظت‌های بالا می‌باشد (Wang *et al.*, 2009; Hummel *et al.*, 2010).

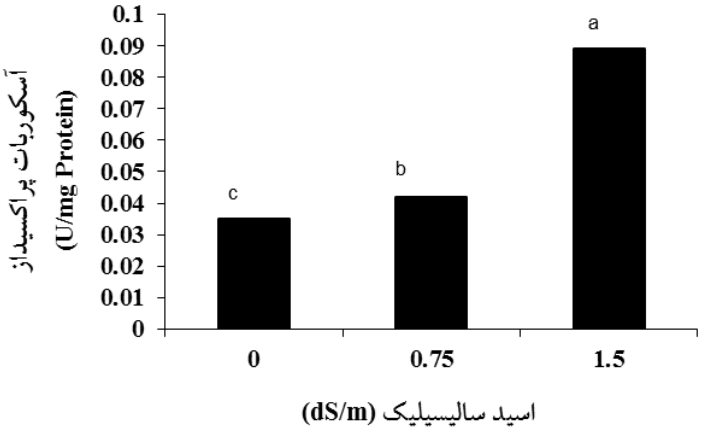
نتایج این پژوهش نشان داد که تنش شوری در سطوح ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب موجب افزایش ۳۲، ۴۸ و ۷۵ درصدی در میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز گردید. تیمار با سالیسیلیک اسید نیز در هر دو غلظت، موجب افزایش میزان فعالیت این آنزیم گردید. البته تأثیر غلظت ۱/۵ میلی مولار بیشتر بود (شکل ۶).

پراکسیدازها آنزیم‌هایی هستند که در تمام پیکره گیاهان، سیتوسول، واکوئول، کلروپلاست و فضای آپوپلاست وجود دارند و دارای نقش مهمی در سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی می‌باشند. پراکسیدازها باعث تجزیه آب اکسیژنه به وسیله اکسیداسیون یک ماده همراه می شوند و بر اساس ترکیبات همراهشان نام گذاری می‌شوند (Abdul Jaleel *et al.*, 2009).

بر اساس نتایج این پژوهش مشخص گردید که تیمار با سالیسیلیک اسید در غلظت ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی مولار،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.4.7]



شکل ۷- تاثیر سالیسیلیک اسید بر میزان فعالیت آسکوربات پراکسیداز برگ سورگوم.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری تفاوتی ندارند (آزمون دانکن و P≤ ۰/۰۵).

مقدار آسکوربات پراکسیداز برگ سورگوم را به ترتیب ۱۳ و ۲۷ درصد افزایش داد (شکل ۷). آسکوربات پراکسیداز در فعالیت چرخه آسکوربات- گلوتاتیون و چرخه آب- آب شرکت می‌کند. این چرخه در کلروپلاست‌ها، میتوکندری، پراکسی‌زوم، سیتوسل، واکوئول و آپوپلاست فعالیت می‌کند و در کلروپلاست‌ها برای سم زدایی گونه‌های فعال اکسیژن بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Abdul Jaleel *et al.*, 2009). این آنزیم از آسکوربات به عنوان عامل احیا کننده استفاده کرده و آب اکسیژنه را به آب و اکسیژن تجزیه می‌کند. در کلروپلاست، آنزیم آسکوربات پراکسیداز به دو صورت متصل به غشای تیلاکوئیدی و محلول در استروما وجود دارد. شکل باند شده به غشای تیلاکوئیدی پراکسید هیدروژن را بلافاصله در محل تولید سم‌زدایی می‌کند و شکل محلول در استروما، پراکسید هیدروژن منتشر شده درون استروما را تجزیه می‌کند (Martinez *et al.*, 2001). مطالعات روی گیاهان اسفناج نیز نشان داد شوری موجب افزایش تنش اکسیداتیو و مقدار H_2O_2 و افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز، و کاتالاز گردید (Eraslan *et al.*, 2008).

در این مطالعه برگ‌پاشی سالیسیلیک اسید موجب بهبود پارامترهای رشد هم در گیاهان کنترل و هم در گیاهان تحت تنش گردید. مشابه نتایج پژوهش حاضر، بهبود پارامترهای رشد در تیمار سالیسیلیک اسید در گیاهان مختلفی نظیر جو (El-tayeb, 2005)، گندم (Afzali *et al.*, 2006) و ذرت (Khodary, 2004) گزارش شده است. از دلایل دیگر بهبود پارامترهای رشد تحت تاثیر تیمار SA را می‌توان تاثیر سالیسیلیک اسید بر دستگاه فتوسنتزی و حفاظت از دستگاه فتوسنتزی، مقدار فتوسنتز، فعالیت آنزیم روبیسکو، مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، هدایت روزنه‌ای، سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی، کاهش تنش اکسیداتیو و نشت یونی، افزاش همبستگی غشاهای زیستی، متابولیسم نیتروژن و تغذیه معدنی گیاه را نام برد (Afzali *et al.*, 2006).

در مطالعه حاضر تیمار بوته‌های سورگوم با سالیسیلیک اسید، با افزایش فعالیت سیستم آنتی اکسیدان، موجب کاهش تنش اکسیداتیو و کاهش مقدار H_2O_2 شده و نیز موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی (به عنوان یکی از اجزای تاثیر گذار بر تولید بیومس) گردید که نتایج این تغییرات در بهبود پارامترهای رشد مشخص گردیده است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.4.7]

کاهش تنش اکسیداتیو و آسیب غشایی، همراه با افزایش پارامترهای رشد و رنگیزه های فتوسنتزی در پاسخ به برگ‌پاشی با سالیسیلیک اسید، ممکن است مربوط به القای پاسخ‌های آنتی اکسیدان باشد که سلول‌ها را از آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از تنش محافظت می نماید. هنگامی که سالیسیلیک اسید در غلظت و زمان مناسب به کار برده می‌شود موجب یک تنش اکسیداتیو موقت و گذرا در سلول‌های گیاهی شده که به عنوان یک فرآیند مقاوم سازی عمل می‌نماید و موجب افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی سلول می‌گردد (Hayat and Ahmad, 2007).

در شرایط غیرتنش بین میزان تولید گونه‌های فعال اکسیژن و ظرفیت جاروب کردن این ترکیبات توسط سیستم دفاع آنتی اکسیدانی تعادل وجود دارد. اما در شرایط تنش میزان تولید گونه‌های فعال اکسیژن از ظرفیت جاروب کردن آن‌ها توسط سیستم دفاع آنتی اکسیدانی بیشتر شده و درنتیجه تنش اکسیداتیو رخ می‌دهد (Hummel *et al.,* 2010). بنابراین برای مقابله با تنش اکسیداتیو تغییر ظرفیت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی ضروری می‌باشد. آنزیم‌هایی مانند سوپر اکسیددیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون رداکتاز از آنزیم‌های مهم سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی در گیاهان می‌باشند. در این مطالعه تنش شوری موجب افزایش فعالیت همه این آنزیم‌ها در سورگوم گردید. مشابه نتایج این پژوهش، افزایش آنزیم‌های آنتی اکسیدان در گیاهان ذرت (Azevedo Neto *et al.,* 2006) و برنج (Fadzilla *et al.,* 1997) در شرایط تنش شوری افزایش یافت. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان تحت تاثیر تیمار سالیسیلیک اسید در گیاهان جو (El-Tayeb, 2005) و برنج (Gue *et al.,* 2007) در تنش‌های مختلف محیطی گزارش شده است. در مجموع می‌توان نتیجه‌گیری کرد که برگ‌پاشی سورگوم با سالیسیلیک اسید، موجب بهبود رشد و افزایش تحمل گیاهان در برابر تنش شوری گردید. سالیسیلیک اسید با افزایش سیستم دفاع آنتی اکسیدانی موجب کاهش تنش اکسیداتیو، پراکسیداسیون لیپیدها و H_2O_2 و نیز موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و در نهایت پارامترهای رشد گردید.

منابع:

Abd, E. L., Samad, H. M. and Shaddad, M. A. K. (1997) Salt tolerance of soybean cultivars. Biological Plant 39: 263-269.

Abdul Jaleel, C., Riadh, K., Gopi, R., Manivannan, P., Ines, J., Al-Juburi, H. J., Chang-Xing, Z., Hong-Bo, S. and Panneerselvam, R. (2009) Antioxidant defense responses: physiological plasticity in higher plants under abiotic constrains. Acta Physiologiae Plantarum 31: 427-436.

Afzali, I., Basra, S. M. A., Faroog, M. and Nawaz, A. (2006) Alleviation of salinity stress in spring wheat by hormonal priming with ABA, salicylic acid and ascorbic acid. Journal of Agricultural Biology 1: 23-28.

Agarawal, S., Sairam, R. K., Srivasta, G. C. and Meena, R. C. (2005) Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. Biology Plantarum 49: 541-550.

Ashraf, M. and Foolad, M. R. (2007) Role of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany 59: 206-216.

Azevedo Neto, A. D., Prisco, J. T., Eneas- Filho, J., De Abreu, C. E. B. and Gomes- Filho, E. (2006) Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt tolerant and salt sensitive maize genotypes. Environmental and Experimental Botany 56:87-94

Bandeoglu, E., Egidogan, F., Yucel, M. and Avni Oktem, H. (2004) Antioxidant responses of shoots and roots of lentil to NaCl- salinity stress. Plant Growth Regulators 42: 69-77.

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 Regulators 53: 185-194

Chance, B. and Maehly, A. C. (1995) Assay of catalase and peroxidase. In: Methods in Enzymology (eds. Culowic, S. P. and Kaplan, N. O.). Pp. 764-765 Vol. II. Academic Press. Inc. New York.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.4.7]

mechanisms in halophytes: their role in stress defense. Journal of Genetics 85: 237-254.

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

Khodary, S. E. A. (2004) Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. International Journal of Agricultural Biology 6: 5-8.

Manchanda, G. and Garg, N. (2008) Salinity and its effects on the functional biology of legumes. Acta Physiologiae Plantarum 30:595-618.

Martinez, C. A., Loureiro, M. E., Oliva, M. A. and Maestri, M. (2001) Differential responses of superoxide dismutase in freezing resistance *Solanum curtilobum* and freezing sensitive *Solanum tuberosum* subjected to oxidative and water stress. Plant Science 160: 505-515

Massood, A., Shab, N. A., Zeeshan, M. and Abraham, G. (2006) Differential response of antioxidant enzymes to salinity stress in two varieties of Azolla (*Azolla pinnata* and *Azolla filiculcides*). Environ Experimental of Botany 58: 216-222

Munns, R. (2002) Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environment 25: 239-250

Shen, X., Zhou, Y. Duan, L., Li, Z., Eneji, A. E. and Li, J. (2010) Si effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation. Journal of Plant Physiology 167: 1248- 1252.

Shibli, R. A., Kushad, M., Yousef, G. G. and Lila, M. A. (2007) Physiological and biochemical responses of tomato micro shoots to induced salinity stress with associated ethylene accumulation. Plant Growth Regulators 51: 159-169.

Wang, Y. and Nil, N. (2000) Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 75: 623-627.

Wang, Y., Yang, Z. M., Zhang, Q. F. and Li, J. L. (2009) Enhanced chilling tolerance in *Zoysia matrella* by pre-treatment with salicylic acid, calcium chloride, hydrogen peroxide or 6-benzylaminopurine. Biology Plantarum 53: 179-182.

De Pinto, M. C., Francis, D. and Gara, L. (1999) The redox state of ascorbate-dehydroascorbate pairs a specific sensor of cell division in tobacco by-Z cells. Protoplasma 209: 90-97

Dhindsa, R. S., Plumb-Dhindsa, P. and Thorpe, T. A. (1981) Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. Journal of Experimental Botany 32: 93-101.

El-Tayeb, M. A. (2005) Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulators 42: 215-224

Eraslan, F., Inal, A., Pilbeam, D. J. and Gunes, A. (2008) Interactive effects of salicylic acid and silicon on oxidative damage and antioxidant activity in spinach (*Spinacia oleracea* L. CV. Matador) grown under boron toxicity and salinity. Plant Growth Regulators 55: 207-219.

Fadzilla, N.M. Finch, R.P. and Burdon, R.H. (1997) Salinity, oxidative stress and antioxidant responses in shoot cultures of rice. Journal of Experimental Botany 48: 325-331

FAO (2009) Food and agriculture organization of the United Nations. Quarterly bulletin of statistics. Rome, Italy.

Fouman Ajirlou, A. (2000) Sourghum research in Iran. Improving crops of the semi-arid tropics in Iran. Co-Published by ICRISAT and AREEO. Patancheru, P. O., Andhra Pradesh. 502324, India.

Ghai, N. Setia, R.C. and Setia, N. (2002) Effect of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brassica napus* L. (cv. GSL-1). Phytomorphology 52: 83-87

Giannopolitis, C. N. and Ries, S. K. (1977) Superoxide dismutase. I. occurrence in higher plants. Plant Physiology 59: 309-314.

Gue, B., Liang, Y. C., Zhu, Y. G. and Zhao, F. J. (2007) Role of salicylic acid in alleviating oxidative damage in rice roots (*Oryza sativa)* subjected to cadmium stress. Environmental Pollution 147: 743-749.

Hayat, S. and Ahmad, A. (2007) Salicylic Acid: a Plant Hormone. Speringer.

Hummel, I., Pantin, F., Sulpice, R., Piques, M., Rolland, G., Dauzat, M., Christophe, A., Pervent, M., Bouteille, M., Stitt, M., Gibon, Y. and Muller, B. (2010) Arabidopsis Plants Acclimate to Water Deficit at Low Cost through Changes of Carbon Usage: An integrated perspective using growth, metabolite, enzyme, and gene expression analysis. American Society of Plant Biologists 154: 357-372.

Jithesh, M. N., Prashanth, S. R., Sivaprakash, K. R. and Parida, A. K. (2006) Antioxidative response

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.4.7]