تأثیر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و آسکوربیک اسید بر برخی صفات فیزیولوژیک سویا (رقم ویلیامز) تحت تنش شوری

الناز شهبازی‌زاده، محسن موحدی‌دهنوی* و حمیدرضا بلوچی

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰٦/۲۷ ، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۰۵/۲۸)

چکیده:

به منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک و آسکوربیک اسید بر میزان فتوسنتز، رنگیزه‌های فتوسنتزی و کارایی مصرف آب در سویا رقم ویلیامز تحت تنش شوری، آزمایشی در تابستان ۱۳۹۱ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه یاسوج به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ٤ تکرار انجام شد. عامل اول شامل ٤ سطح شوری صفر (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و عامل دوم شامل ٤ سطح محلول-پاشی شامل آب، سالیسیلیک اسید ۳ میلی‌مولار، آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار و مخلوط سالیسیلیک اسید ۳ میلی‌مولار با آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار بودند. نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش میزان فتوسنتز، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها هدایت روزنه‌ای، پروتئین و سطح برگ به طور معنی‌داری کاهش یافتند. میزان کارایی مصرف آب برگ با افزایش سطح تنش شوری کاهش معنی‌داری داشت. به‌طوری‌که بیشترین کارایی مصرف آب برگ در سطح بدون تنش و در محلول‌پاشی با آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار بود. محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۳ میلی مولار و آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار به دلیل برتری در بیشترین سطح شوری (شوری ۱۵۰ میلی‌مولار) برای صفات کلروفیل کل، کاروتنوئید، فتوسنتز، کارایی مصرف آب برگ و محتوای رطوبت نسبی برگ به عنوان بهترین تیمار جهت تخفیف اثرات سمی شوری شناخته شد.

واژگان کلیدی: آسکوربیک اسید، سالیسیلیک اسید، سویا، کلروفیل

مقدمه:

در اکثر مناطق دنیا، تنش شوری پس از تنش خشکی، عمده-ترین تنش محیطی است که از طریق کاهش پتانسیل اسمزی و اختلال در جذب برخی عناصر غذایی، رشد و عملکرد محصولات زراعی را محدود می‌کند. گیاهانی که در خاک‌های شور رشد می‌کنند، به دلیل خواص اسمزی، علاوه بر تنش شوری با تنش کم‌آبی مواجه شده که این عامل سبب کاهش سرعت رشد گیاه می‌شود. این امر موجب اختلال در تقسیم سلول و بزرگ شدن سلول‌ها شده و تمام واکنش‌های متابولیک گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. همچنین افزایش یون‌های سدیم و کلر موجب کاهش جذب یون‌های ضروری از جمله پتاسیم، کلسیم، آمونیم و نیترات شده و از فعالیت آنزیم‌ها کاسته و ساختار غشاء را بر هم می‌زند (Kaya *et al*., 2006).

سالیسیلیک اسید یا ارتوهیدروکسی بنزوئیک اسید و ترکیبات مربوطه، به گروهی از ترکیبات فنولی تعلق دارد (El- Tayeb, 2005). سالیسیلیک اسید به‌وسیله سلول‌های ریشه تولید می‌شود و نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک مختلف مثل رشد و نمو گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی ایفا می‌کند. سالیسیلیک اسید همچنین باعث تحریک جوانه‌زنی بذر می‌شود (Raskin, 1992). سالیسیلیک

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Movahhedi1354@yu.ac.ir

اسید در سنتز پروتئین‌های خاصی به‌نام پروتئین کیناز نقش دارد. این پروتئین‌ها نقش مهمی در تنظیم تقسیم، تمایز و ریخت‌زائی سلول بازی می‌کنند (Yamada and Fukutoku 1986).

سالیسیلیک اسید بسته به غلظت، زمان و گیاه مورد استفاده دارای آثار دوگانه‌ای است، اما در غلظت‌های مناسب با کاهش تخریب رنگیزه کلروفیل، افزایش توان آنتی اکسیدانی سلول و سنتز پروتئین‌های جدید از دستگاه فتوسنتزی حمایت می‌کند (Popova *et al*., 2003). Popova و همکاران (۱۹۹۷) بیان کردند که اسید سالیسیلیک باعث تأخیر در کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش شوری شده است.طبق گزارشات Khodary (۲۰۰٤) اسید سالیسیلیک به علت تعدیل در کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی و احتمالا با حفظ ساختار و فعالیت روبیسکو باعث افزایش مقدار قندها می‌شود.

با افزایش شوری، پتانسیل اسمزی محیط اطراف ریشه نیز افزایش می‌یابد که سبب ازدیاد ترشح هورمون آبسیزیک اسید از ریشه می‌گردد. این امر موجب بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شود (Aldesuquy and Ibrahim, 2001). یافته‌های Rai و همکاران (۱۹۸٦)، نشان داد سالیسیلیک اسید اثر بازدارندگی روی بسته شدن روزنه‌ها ناشی از تنش شوری دارد و از این‌رو می‌تواند در غلظت مناسب از بسته شدن روزنه‌ها جلوگیری نماید. Khan و همکاران (۲۰۰۳) افزایش درصد تعرق و هدایت روزنه‌ای را در ذرت و سویا، در پاسخ به کاربرد اسپری سالیسیلیک اسید و دیگر سالیسیلات‌ها گزارش دادند.

محتوای رطوبت نسبی برگ همبستگی بالایی با پتانسیل آب برگ دارد. کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ در ابتدا منجر به بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز و با افزایش شوری منجر به توقف انتقال الکترون و ممانعت نوری در چرخه فتوسنتزی می‌شود. با توجه به اینکه یکی از آثار تنش شوری جلوگیری از جذب آب و ایجاد تنش خشکی است، می‌توان علت کاهش محتوای رطوبت نسبی را کاهش جذب آب از ریشه‌ها در شرایط خشک دانست (Colom and Vazzana, 2003). Agarwal و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند تیمار گندم با سالیسیلیک اسید میزان محتوای رطوبت نسبی را افزایش می‌دهد.

فتوسنتز که یک مسیر کلیدی در فیزیولوژی گیاهی است به شدت تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرد. آبسیزیک اسید تولید شده در واکنش به این تنش سبب بسته شدن روزنه‌ها شده و ورود دی‌اکسیدکربن را به گیاه محدود می‌کند (Leung *et al*., 1994). ترکیبات سالیسیلیک اسید در شرایط تنش شوری باعث افزایش سرعت فتوسنتز در گیاه ذرت و سویا شده‌اند (این گیاهان برای یک دوره ۲ و ۳ روزه محلول-پاشی شدند و ٤۸ ساعت بعد از محلول‌پاشی اندازه‌گیری صورت گرفت). این ترکیبات ظاهراً باعث افزایش مقدار فتوسنتز برای دو گونه گیاهی ویژه شده‌اند. این دو گیاه زراعی از دو خانواده مختلف و نیاز فتوسنتزی متفاوت (سویا: لگوم C_3 و ذرت: گرامینه و C_4) بودند (Khan *et al*., 2003). در ذرت و سویا نیز افزایش مقدار رنگدانه‌ها و افزایش میزان فتوسنتز تحت اثر تیمار سالیسیلات ایجاد شده است (Sinha *et al*., 1993).

فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان با سمیت‌زدایی و از بین بردن اثر مضر گونه‌های اکسیژن فعال همبستگی دارد (Ghanati *et al*., 2002). آسکوربیک اسید یک آنتی اکسیدان کوچک قابل حل در آب است که در سمیت‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن به‌ویژه پراکسید هیدروژن نقش دارد (Noctor and Foyer, 1998). مصرف خارجی آسکوربیک اسید میتواند مقاومت به تنش شوری را افزایش و سبب کاهش اثر تنش اکسیداتیو حاصله شود (Shalata and Neumann, 2001). استفاده از آسکوربیک اسید، سبب افزایش محتوی پروتئین اندام هوایی و ریشه می‌شود. در گیاهانی که در معرض تنش شوری قرار نگرفته باشند آسکوربیک اسید تأثیری در محتوای پروتئین‌های محلول آنها نشان نمی‌دهد. زیرا اثر آسکوربیک اسید به صورت غیر-مستقیم بوده و با از بین بردن رادیکال‌های اکسیژن مانع تخریب پروتئین‌ها میگردد. گونه‌های فعال اکسیژن عامل اصلی پراکسیداسیون لیپیدی هستند (Upadhyaya and Panda, 2004).

در پژوهش حاضر، اثرات تعدیل‌کننده سالیسیلیک و آسکوربیک اسید در شرایط تحمیل تنش شوری در رقم ویلیامز گیاه سویا بررسی گردید. مطالعه میزان کلروفیل به‌عنوان رنگیزه مؤثر در سنتز مواد قندی، همچنین تغییر میزان فتوسنتز، کارایی

مصرف آب برگ، هدایت روزنه‌ای، سطح برگ، محتوای رطوبت نسبی و پروتئین محلول برگ موجود در شرایط ذکر شده از اهداف این تحقیق به‌شمار می‌رود.

مواد و روش‌ها:

به این منظور آزمایشی به صورت گلدانی و در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه یاسوج در تابستان ۱۳۹۱ به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ٤ تکرار انجام شد. عامل اول شامل ٤ سطح شوری صفر (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در محلول هوگلند و عامل دوم شامل ٤ سطح محلول‌پاشی شامل: شاهد (آب مقطر)، سالیسیلیک اسید ۳ میلی‌مولار، آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار و مخلوط سالیسیلیک اسید ۳ میلی‌مولار با آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی-مولار بود. گیاه مورد مطالعه در این پژوهش، گیاه سویا (*Glycine max* L.) می‌باشد. بذرها از مرکز تحقیقات زرقان استان فارس تهیه شد.

واحدهای آزمایشی شامل گلدان‌هایی با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر بودند. جهت ایجاد زه‌کشی مناسب و جلوگیری از تجمع نمک در گلدان‌ها، دو سوراخ به فاصله ۱۰ سانتی‌متر در دو طرف از گلدان‌ها تعبیه شده و گلدان‌ها توسط ماسه نرم که از قبل به دقت و چندین بار شسته شده بودند، به نحوی پر شدند که هر گلدان حاوی ٦ کیلوگرم ماسه با شرایط ذکر شده بود. بذور سویا که با قارچ‌کش بنومیل به نسبت دو در هزار آغشته شده بودند، در گلدان‌ها کشت شدند. در هر گلدان ۹ تا ۱۲ عدد بذر به عمق حدود ۵ سانتی‌متر قرار گرفت. از مرحله کاشت تا جوانه‌زنی آبیاری با آب لوله‌کشی صورت گرفت و پس از ثبت تاریخ دقیق سبز شدن (زمانی که ۵۰ درصد سبز شدن صورت گرفت)، گلدان‌ها با محلول غذایی هوگلند (Hoagland and Arnon, 1950) با رقت ۱/٤، آبیاری شدند. با بزرگ شدن بوته‌ها با محلول نیم‌هوگلند آبیاری شدند. دو هفته بعد از استقرار، بوته‌ها تنک شدند و ۸ بوته در گلدان باقی ماند. در مرحله ٤ برگی محلول پاشی‌ها صورت گرفت و با افزودن تدریجی کلرید سدیم در محلول هوگلند، اعمال شوری آغاز شد. به‌نحوی که در ابتدا در هر نوبت آبیاری ۵۰ میلی‌مولار شوری در محلول هوگلند اعمال شد. در نوبت‌های بعدی آبیاری به-طور متناوب ۲۵ میلی‌مولار این مقادیر در هر سطح (جهت سازگار شدن گیاهان) افزایش پیدا کرد و در نهایت به سطوح شوری مورد نظر رسید. اعمال تیمارهای شوری تا پایان مرحله R_1 سویا (شروع گلدهی) و هم‌زمان با نیاز آبی گیاه ادامه داشت. به منظور جلوگیری از تجمع نمک، علاوه بر زهکشی گلدانی، آب‌شویی با آب به‌طور یکنواخت برای تمامی تیمارها صورت گرفت.

اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها: میزان کلروفیل ها از روش آرنون (Arnon, 1949) و کاروتنوئید از روش لیچتندر (Lichtenthder, 1987) اندازه‌گیری شد. برای سنجش کلروفیل، ۰/۲ گرم برگ تازه خرد شده را در یک هاون چینی ریخته و به آن ۱۰ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد سرد و ۰/۵ گرم پودر کربنات کلسیم (برای جلوگیری از تشکیل فئوفیتین) اضافه می‌نمایند تا مواد رنگی جدا شوند. هاون را در یک حمام یخی قرار داده و عملیات ساییدن نمونه‌های برگی را در محیطی با نور کم (برای جلوگیری از تجزیه کلروفیل) آنقدر ادامه می‌دهند تا مخلوطی کاملاً یکنواخت و هموژن به دست آمده و تمام کلروفیل از بافت برگ استخراج گردد. مخلوط حاصل را درون لوله‌های مخصوص سانتریفوژ ریخته و آن‌ها را در دمای پایین به مدت ۱۵ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ کرده، سپس محلول صاف شده رویی (سوپرناتانت) را برداشته و میزان جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر، در طول موج ٦٤٥ و ٦٦٣ نانومتر و برای کاروتنوئیدها در طول موج ٤٧٠ نانومتر، قرائت کردیم (Arnon, 1949). غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید (Lichtenthder, 1987) از طریق روابط زیر به‌دست آمدند.

کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) = (۰/۰۱۲۷×$OD_{٦٦٣}$)-(۰/۰۰۲٦۹×$OD_{٦٤٥}$)

کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) = (۰/۰۲۲۹×$OD_{٦٤٥}$)-(۰/۰۰٤٦۸×$OD_{٦٦٣}$)

= کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
$(۰/۰۲۰۲\times OD_{٦٤٥})+(۰/۰۰۸۰۲\times OD_{٦٦٣})$

کاروتنوئید(میلی‌گرم بر گرم وزن تر) =$[((1000\times OD_{470})-(1.82\times chla)-(85.02\times chl\ b))/198] \times (10/(1000\times 0.2)$

محتوای آب نسبی برگ: محتوای رطوبت نسبی برگ با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Mishra and Choudhuri, 1999):

RWC= {(وزن تر برگ در آون _ وزن خشک برگ) / (وزن آماس برگ در آون _ وزن خشک برگ)} × ۱۰۰

فتوسنتز و کارایی مصرف آب: اندازه‌گیری فتوسنتز برگ‌ها با استفاده از دستگاه (LCA4, ADC, Biosientific LTD, UK) در مرحله R_1 رشد سویا انجام گرفت. بدین منظور، اندازه‌گیری فتوسنتز خالص (A) و هدایت روزنه‌ای (g_s) روی جوان‌ترین برگ کاملاً باز شده در مرحله رویشی (قبل از گلدهی) و بین ساعت ۱۰ صبح تا ١٤ بعد از ظهر انجام گرفت. کارایی مصرف آب برگ نیز از تقسیم فتوسنتز خالص بر هدایت روزنه‌ای به دست آمد.

پروتئین محلول برگ: اندازه‌گیری پروتئین با روش Kar و Mishra (۱۹۷٦) و Liu و Huang (۲۰۰۰) انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی با آزمون LSD و مقایسه میانگین اثرات متقابل به روش LSMeans انجام شد.

نتایج و بحث:

رنگیزه‌های فتوسنتزی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که برهمکنش شوری و محلول‌پاشی برای کلروفیل و کاروتنوئید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. جدول ۲ نشان داد که اثر محلول‌پاشی برای کلروفیل کل فقط در سطح سوم شوری (۱۰۰ میلی‌مولار) معنی‌دار بود. در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار، محلول‌پاشی با آسکوربیک اسید و سالیسیلیک اسید با افزایش و محلول‌پاشی با آب‌مقطر با کاهش میزان کلروفیل کل همراه بودند(جدول ۳). میزان کلروفیل کل از سطح اول به سطح سوم شوری با کاهش همراه بوده است که نشان می‌دهد با افزایش شوری میزان کلروفیل کاهش می یابد. نتایج تحقیقات Ashraf و Naqvi (۱۹۹۲) نیز نشان می دهد که تنش شوری موجب تخریب کلروپلاست، تغییر تعداد و اندازه‌ی کلروپلاست‌ها و کاهش نامحسوس کلروفیل می‌شود. Parida و Das (۲۰۰۵) بیان کردند که محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدهای گیاهان، تحت تنش شوری کاهش پیدا می‌کند. اثرهای مثبت اسید سالیسیلیک به افزایش آسیمیلاسیون و درصد فتوسنتز و افزایش جذب مواد معدنی توسط گیاهان تنش دیده تحت تیمار اسید سالیسیلیک نسبت داده شده است (Szepesi *et al*., 2005). Costa و همکاران (۲۰۰۵) پیشنهاد کردند که افشانه‌سازی سالیسیلیک اسید، با افزایش توان آنتی اکسیدانی بابونه از جمله کاروتنوئیدها موجب کاهش مقدار پراکسیداسیون لیپیدها و مقدار H_2O_2 و حفاظت بیشتر از غشاهای سلولی و فتوسنتزی و رنگیزه‌های فتوسنتزی شده و از کاتابولیسم کلروفیل جلوگیری می‌کند.

بر اساس گزارش Schutz و Fangmier (۲۰۰۱) کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش مربوط به تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول است، که باعث پراکسیداسیون و تجزیه کلروفیل می‌شود. نتایج مشابهی در سویا Wang و همکاران (۲۰۰۱) گزارش شده است.

بر اساس تحقیقات انجام شده توسط Mittler (۲۰۰۲) علاوه بر پیش تیماربذر، کاربرد اسپری برگی سالیسیلیک اسید نیز به همان اندازه در افزایش رنگدانه‌ها در کلزا موثر است. آزمایشات صورت گرفته توسط این محقق نشان داد که اثرهای مضر تنش شوری روی کلروفیلa توسط کاربرد آسکوربیک اسید، خنثی می‌شود. احتمالا تغییرات در محتوای کلروفیل برگ در شرایط شور به علت کاهش بیوسنتز و یا افزایش تخریب کلروفیل تحت این شرایط، باشد.

برهمکنش تنش شوری و محلول‌پاشی بر محتوای کاروتنوئید در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۱). جدول ۲ نیز نشان داد که بین سطوح محلول‌پاشی در سطوح شوری ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری وجود داشت. مقایسه میانگین برهمکنش شوری و محلول‌پاشی (جدول ۳) نشان داد در سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار کمترین میزان کاروتنوئید در محلول‌پاشی با آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار و بیشترین در محلول‌پاشی با آب‌مقطر و سالیسیلیک

جدول ۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی در سویا رقم ویلیامز تحت تأثیر تنش شوری و محلول‌پاشی با سالیسیلیک و آسکوربیک اسید

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل کل	کاروتنوئید	فتوسنتز خالص	کارایی مصرف آب	سطح برگ	هدایت روزنه‌ای	محتوای آب نسبی برگ
شوری	۳	۰/۰۷٤**	۰/۰۰۰٤**	۲۱/۱۲**	۳۵۰٦۹**	۷٤۷۲۹۵۱**	۰/۰۰۰۲٤**	۳۵۰٦۹**
محلول‌پاشی	۳	۰/۰٤٤*	۰/۰۰۰۳**	۳/۳۸**	۱۷۰٦^{ns}	۱٦۵۳۹۱٤۰**	۰/۰۰۰۲۳**	۱۷۰٦*
شوری × محلول‌پاشی	۹	۰/۰٤۳**	۰/۰۰۰۵**	۷/۳۷**	۱٤۲٦۰**	٤۹۵۵٦۵۸**	۰/۰۰۰۱۲**	۱٤۲٦۰^{ns}
خطا	٤۸	۰/۰۱۸	۰/۰۰۰۰۵	۰/۲۹	۱۱۱۸	۷۹۵۵۵٤	۰/۰۰۰۰۲	۱۱۱۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱٦/۵۹	۱۸/۹٤	۳۰/۱۱	۳۳/٦	۱۵/٦	۲۸/۳	۳۳/٦

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ و غیرمعنی‌دار

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس برش‌دهی اثر محلول‌پاشی در سطوح شوری برای خصوصیات فیزیولوژیک سویا رقم ویلیامز

سطوح شوری	درجه آزادی	کلروفیل	کاروتنوئید	فتوسنتز	کارایی مصرف آب	سطح برگ	هدایت‌روزنه‌ای
صفر	۳	۰/۰۲۷^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۲^{ns}	۱۰۸۷۸**	۲۸۷۱۷۵۵*	۰/۰۰۰۱**
۵۰	۳	۰/۰۲۲^{ns}	۰/۰۰۰۸**	۱۸/٦۸**	۹۸۲۷**	۱۲۲۱۰۰۷٦**	۰/۰۰۰٤**
۱۰۰	۳	۰/۱۰٦**	۰/۰۰۰٦**	۰/۳۲^{ns}	۲۰٤۸۹**	۷۸٦۰۲٤۱**	۰/۰۰۰۰۳^{ns}
۱۵۰	۳	۰/۰۱۹^{ns}	۰/۰۰۰٤**	۱/۳*	۳۲۹۵*	۸٤٦٤۰٤٤**	۰/۰۰۰۰۵^{ns}

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ و غیرمعنی‌دار

اسید ۳ میلی‌مولار (۰/۰٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) بود، که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی با ترکیب سالیسیلیک اسید ۳ و آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار نداشت. در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار بیشترین میزان کاروتنوئید در محلول‌پاشی آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار و کمترین میزان آن در محلول‌پاشی با آب مقطر بود. همچنین در تنش شوری ۱۰۰ میلی‌مولار، محلول‌پاشی با ترکیب سالیسیلیک اسید ۳ و آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۳ میلی‌مولار، با محلول‌پاشی آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی مولار تفاوت معنی‌داری نداشتند. با افزایش میزان شوری از صفر تا ۱۵۰ میلی‌مولار تقریبا کاهش در کاروتنوئیدها مشاهده شد.

کاروتنوئیدها نقش حفاظتی در مقابل تنش اکسیداتیو القاء شده داشته و در سمیت‌زدایی از کلروفیل نیز نقش دارند و باعث کاهش اثرات سمی رادیکال‌های آزاد می‌شوند (Sanitata and Gabriella, 1999). گزارش‌های متعددی حکایت از کاهش محتوای کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها تحت تنش شوری دارد که از جمله می‌توان به گزارش‌هایی روی سویا (Sheteawi, 2007) و باقلا (Sanitata and Gabriella, 2008) اشاره کرد.

مطالعات انجام شده توسط Zhau و همکاران (۱۹۹۵) نشان داد که مقدار رنگیزه‌ها در گیاهان سویای تیمار شده با سالیسیلیک اسید افزایش می یابند. همچنین، مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدها در برگ‌های ذرت افزایش می‌یابد (Sinha *et al.*, 1993). Khodary (۲۰۰٤) نیز در گیاهان ذرت تحت تنش شوری و تیمار شده با سالیسیلیک اسید نتایج مشابهی به دست آورد.

مولکول کلروفیل به یک عامل فوتودینامیک برای کاهش اثر مخرب نیاز دارد در غیر این صورت تخریب کلروفیل توسط گونه‌های فعال اکسیژن افزایش می‌یابد. آسکوربیک اسید به‌دلیل خواص آنتی اکسیدانی خود از تخریب کلروفیل

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده در سویا رقم ویلیامز تحت تأثیر تنش شوری و محلول‌پاشی با سالیسیلیک و آسکوربیک اسید

سطوح شوری	محلول‌پاشی	کلروفیل کل	کاروتنوئید	فتوسنتز	کارایی مصرف آب	سطح برگ	هدایت روزنه‌ای	محتوای رطوبت نسبی برگ
(میلی مولار)		(میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)		(میکرومول بر مترمربع بر ثانیه)	(میکرومول Co_2 بر میلی‌مول H_2O)	میلی‌متر مربع	(میلی‌مول Co_2 بر مترمربع بر ثانیه)	
صفر	آب‌مقطر	۰/٦٦ a	۰/۰٤ a	۲/۹۲ a	۱٤٦/۰۰ b	٦۷۸۱ a	۰/۰۲ a	۲٤/٤٤
	سالیسیلیک اسید ۳ میلی‌مولار	۰/۸۵ a	۰/۰۵ a	۲/۵۲ a	۱۹۵/۳۵ a	۵۳۹۵ b	۰/۰۱ b	۲٦/٤٦
	آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار	۰/۷۱ a	۰/۰۳ a	۲/٤٤ a	۱۹۵/٤۲ a	۷۳۹۲ a	۰/۰۱ b	۲٦/۵٤
	سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار و آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار	۰/۷۷ a	۰/۰۵ a	۲/۷۸ a	۸۵/٦۰ C	٦۸۰٦ A	۰/۰۲ A	۲۷/۵٤
۵۰	آب‌مقطر	۰/۷۳ a	۰/۰٤ a	۰/٦٦ d	٦٦/٦۷ C	٤۰۸۲ C	۰/۰۱ C	۲۸/۲۲
	سالیسیلیک اسید ۳ میلی‌مولار	۰/٦۸ a	۰/۰٤ a	۱/۵۲ c	۱۰۷/٦۷ B	۷۰۰۹ A	۰/۰۱ C	۲۵/٦۱
	آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار	۰/۵۵ a	۰/۰۱ b	۵/۲۵ a	۱۱۵/۰۷ B	٤٦۰۸ B	۰/۰۳ A	۲٦/۵۱
	سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار و آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار	۰/٦۲ a	۰/۰۳ a	٤/۱۷ b	۱۸٦/۰۰ A	۷٦۲٤ A	۰/۰۲ B	۳۰/٦۱
۱۰۰	آب‌مقطر	۰/۳۷ b	۰/۰۲ b	۰/۲٦ a	۲۷/٦۳B	٤۵۲۹ C	۰/۰۱ A	۳۱/۰۸
	سالیسیلیک اسید ۳ میلی‌مولار	۰/٦۷ a	۰/۰٤ a	۰/٤۸ a	۵٤/۳۲ A	۵۹۰۷ B	۰/۰۱ A	۲٦/٦٦
	آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار	۰/۷۵ a	۰/۰۵ a	۰/۳۷ a	۱۸/۵۰ B	٤۱۱۹ C	۰/۰۱ A	٤۲/۰۲
	سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار و آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار	۰/٦۱ a	۰/۰۳ a	۰/۲٤ a	۳۱/۵۲ B	۷۲۰۲ A	۰/۰۱ A	۳۳/۹٤
۱۵۰	آب‌مقطر	۰/۵٤ a	۰/۰۲ b	۰/۱۹ b	۲۳/۰۰ B	٤٦۹۷ B	۰/۰۱ A	۳٤/٦۷
	سالیسیلیک اسید ۳ میلی‌مولار	۰/۵۷ a	۰/۰٤ a	۰/٦۹ b	۷٤/۰۰ A	٤۰۱۸ B	۰/۰۱ A	۳۰/٦٦
	آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار	۰/۷۰ a	۰/۰٤ a	۱/٤۸ a	۸۰/٦۷ a	٤۰۹۲ B	۰/۰۱ A	۳٦/۵٦
	سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار و آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار	۰/٦۳ a	۰/۰٤ a	۰/۳٦ b	۳۳/۹۰ ab	۷۱۱٤ a	۰/۰۱ A	۲۸/۹۷
		اثرات اصلی						
	شوری صفر	۰/۷۵٤	۰/۰٤۷	۲/٦٦	۱۵۵/۵	٦۵۹۳	۰/۰۱۹	۲٦/۲ B
	شوری ۵۰ میلی‌مولار	۰/٦٤۹	۰/۰۳٤	۲/۹۰	۱۱۸/۸	۵۸۳۱	۰/۰۲	۲۷/۷ B
	شوری ۱۰۰ میلی‌مولار	۰/٦۰٤	۰/۰۳۸	۰/۹۳	٦۹/۷	۵٤۳۹	۰/۰۱٤	۳۳/٤ A
	شوری ۱۵۰ میلی‌مولار	۰/٦۱۵	۰/۰۳٦	۰/٦۸	۵۲/۸	٤۹۸۰	۰/۰۱۲	۳۲/۵ A
	آب‌مقطر	۰/۵۷	۰/۰۳٤	۱/۰۷	٦۵/۸۱	۵۰۲۲	۰/۰۱۵	۲۹/٤ AB
	سالیسیلیک اسید ۳ میلی‌مولار	۰/٦۹	۰/۰٤٤	۱/۳۰	۱۰۷/۸	۵۵۸۲	۰/۰۱۲	۲۷/۳ B
	آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار	۰/٦۸	۰/۰۳٦	۲/۳۸	۱۰۲/٤	۵۰۵۲	۰/۰۲۱	۳۲/۹ A
	سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار و آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار	۰/٦٦	۰/۰٤۱	۱/۸۹	۸٤/۲	۷۱۸٦	۰/۰۱۸	۳۰/۲ AB

در هر ستون و هر سطح شوری حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSMeans می‌باشد.

جلوگیری کرده و به‌طور غیر مستقیم سبب افزایش آن می‌شود (دولت آبادیان و همکاران، ۱۳۸۸).

فتوسنتز: نتایج تجزیه واریانس صفات حاکی از معنی‌دار بودن برهمکنش محلول‌پاشی و سطوح تنش شوری برای

فتوسنتز در سطح ۱ درصد بود (جدول ۱). مقایسه میانگین برهمکنش شوری و محلول‌پاشی برای فتوسنتز (جدول ۳) نشان داد که در سطح تنش شوری ۵۰ میلی‌مولار، بیشترین میزان فتوسنتز در محلول‌پاشی با آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی مولار و کمترین میزان فتوسنتز در محلول‌پاشی با آب‌مقطر مشاهده شد. در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار، بیشترین میزان فتوسنتز را محلول‌پاشی با آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار و کمترین آن را محلول‌پاشی با آب‌مقطر به خود اختصاص داد. با افزایش شوری میزان فتوسنتز کاهش پیدا کرده است به‌جز سطح دوم شوری که افزایش داشتیم (جدول ۳). کاهش شدت فتوسنتز ناشی از تنش شوری احتمالا به‌دلیل عوامل متعددی نظیر دهیدراتاسیون غشاء سلول و در نتیجه کاهش نفوذپذیری CO_2، سمیت ناشی از نمک، کاهش میزان CO_2 به‌دلیل بسته شدن روزنه‌ها، تسریع در فرآیند پیری در نتیجه نمک، تغییر فعالیت آنزیم‌ها به‌دلیل تغییرات ساختاری در سیتوپلاسم می باشد (طباطبایی، ۱۳۸۷). Romeroaranda و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که انباشته شدن یون‌های Na^+ و Cl^- در برگ با بستن روزنه‌ها و کاهش میزان کلروفیل باعث کاهش محصول فتوسنتزی در گیاه گوجه‌فرنگی می‌شود. تنش شوری باعث از بین رفتن تعادل بین مقدار آب جذب شده از ریشه و آب دفع شده از برگ‌ها می‌شود. در نتیجه مقدار آب برگ‌ها کاهش خواهد یافت، روزنه‌ها بسته شده و تورژسانس مختل می‌شود و تبخیر و فتوسنتز کاهش می‌یابد (Meiri and Poljakoff- Mayber, 1969).

به‌هرحال، در سطوح شوری متوسط و شدید، استفاده از آسکوربیک اسید کلروفیل a را افزایش داده است که پیشنهاد شده که محلول‌پاشی آسکوربیک اسید دستگاه فتوسنتز را از تنش اکسیداتیو ایجاد شده توسط شوری حفظ می‌کند.

کارایی مصرف آب برگ: مقایسه میانگین میزان کارایی مصرف آب جدول (۳) نشان داد که در سطح شوری صفر بیشترین میزان کارایی مصرف آب در محلول‌پاشی با آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار و کمترین آن در محلول‌پاشی با ترکیب سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار و آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار مشاهده شد. در سطح تنش شوری ۵۰ میلی‌مولار، بیشترین میزان کارایی مصرف آب در محلول‌پاشی با آب‌مقطر و کمترین آن در محلول‌پاشی با ترکیب سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار و آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار مشاهده شد. بیشترین میزان کارایی مصرف آب را سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار و کمترین آن را محلول‌پاشی با آب مقطر در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار دارا بود. در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کمترین میزان کارایی مصرف آب در محلول‌پاشی با آب‌مقطر و بیشترین آن در محلول‌پاشی با آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار مشاهده شد. به طور کلی در تمام سطوح شوری، محلول‌پاشی با آب مقطر باعث کاهش و محلول‌پاشی با آسکوربیک اسید یا ترکیبی از آسکوربیک اسید و سالیسیلیک اسید باعث افزایش کارایی مصرف آب برگ شدند. از طرفی با افزایش تنش شوری کارایی مصرف آب به میزان زیادی کاهش پیدا کرد.

Hester و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که در مقادیر پایین‌تر شوری، که تأثیر اسمزی ناشی از شوری بر سمیت یونی آن غالب است، آسیب به فتوسنتز گیاه در مقایسه با تعرق کمتر می‌باشد و بنابراین با افزایش شوری، کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد، لیکن در شوری‌های بالا، تنش ناشی از سمیت یون‌های محلول شور نسبت به تنش اسمزی افزایش می‌یابد و در نتیجه افزایش شدید تنفس و کاهش فتوسنتز گیاه را به‌دنبال دارد. این امر سبب کاهش مقدار ماده آلی تولید شده گیاه و بنابراین کاهش کارایی مصرف آب در شوری‌های بالا می‌گردد. اما در این تحقیق با افزایش شوری کارایی مصرف آب به شدت افت نمود؛ ولی اثر جبران کنندگی سالیسیلیک و آسکوربیک اسید بر آن مشهود بود.

سطح برگ: برهمکنش تنش شوری و محلول‌پاشی برای سطح برگ در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). مقایسه میانگین برهمکنش شوری و محلول‌پاشی (جدول ۳) نشان داد، در سطح تنش شوری ۵۰ میلی‌مولار، کمترین میزان سطح برگ در محلول‌پاشی با آب‌مقطر (۴۰۸۲ میلی‌متر مربع) و بیشترین آن در محلول‌پاشی با ترکیب سالیسیلیک اسید ۳ و آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار (۷۶۲۴ میلی‌متر مربع) مشاهده شد. در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار، محلول‌پاشی با ترکیب

سالیسیلیک اسید ۳ و آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار دارای بیشترین میزان سطح برگ (۷۲۰۲ میلی‌متر مربع) و محلول‌پاشی با آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار دارای کمترین میزان سطح برگ (٤۱۱۹ میلی‌متر مربع) بود. در بیشترین سطح شوری (۱۵۰ میلی‌مولار) محلول‌پاشی با ترکیب سالیسیلیک اسید ۳ و آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار بیشترین (۷۱۱٤ میلی‌متر مربع) و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۳ میلی‌مولار کمترین (٤۰۱۸ میلی‌متر مربع) میزان سطح برگ را دارا بود.

به‌طور کلی با افزایش شوری میزان سطح برگ کاهش پیدا کرده است. Kaya و همکاران (۲۰۰۲) بیان نمودند که علائم قابل مشاهده تنش شوری بر روی گیاهان، شامل کاهش رشد بخش‌های هوایی، کاهش رشد ریشه و ایجاد برگ‌های کوچک می‌باشد. افزایش ناگهانی شوری خاک باعث می‌شود که سلول-های برگ به‌طور موقت آب خود را از دست بدهند. با گذشت زمان سرعت تقسیم و طویل شدن سلول‌ها کاهش یافته و در نتیجه، این تغییرات منجر به کوچکتر شدن اندازه نهایی برگ‌ها خواهد شد (Munns, 2002). Munns و همکاران (۱۹۸۲) بیان داشتند که در شوری زیاد، آشکارترین واکنش گیاه ناشی از تنش‌های محدودکننده رشد ریشه، به خصوص تنش آب، کاهش طول برگ می‌باشد.

Martin-Max و Larque- Saavedra (۲۰۰۱) گزارش کردند که در گیاهان زینتی مثل گلوکسینیا و بنفشه، سالیسیلیک اسید تعداد برگ‌های تشکیل شده را افزایش داد، به‌طوری‌که سطح برگ گیاهان تیمار شده، ۱۰ درصد بیشتر از گیاهان شاهد بود.

هدایت روزنه‌ای: اثرمحلول‌پاشی در سطوح شوری برای هدایت روزنه‌ای در سطح شوری صفر و ۵۰ میلی‌مولار معنی دار بود (جدول ۱). جدول ۳ نشان داد که در سطح تنش شوری صفر، کمترین میزان هدایت روزنه‌ای (۰/۰۱ میلی‌مول CO_2 بر متر مربع بر ثانیه) در محلول‌پاشی با سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار و آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار و بیشترین آن (۰/۰۲ میلی‌مول CO_2 بر متر مربع بر ثانیه) در محلول‌پاشی با آب‌مقطر و ترکیب سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار و آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار بوده است. در سطح دوم شوری (۵۰ میلی مولار)، بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای در محلول‌پاشی با آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای در محلول‌پاشی با آب‌مقطر و سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۳).

اولین واکنش گیاه به تنش، محدود کردن هدایت روزنه‌ای و کاهش انتشار CO_2 به درون کلروپلاست می‌باشد. با افزایش شوری، پتانسیل اسمزی محیط اطراف ریشه نیز افزایش می‌یابد که باعث ازدیاد ترشح هورمون آبسیزیک اسید از ریشه می-گردد که این امر موجب بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شود. افزایش مقاومت روزنه‌ای و کاهش هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش توسط Flexas و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شده است. به نظر می‌رسد در هنگام بروز تنش‌های محیطی یکی از عواملی که باعث کاهش فتوسنتز می‌شود بسته شدن روزنه‌ها است؛ Cordovilla و همکاران (۱۹۹۵) بیان کردند که تحت تأثیر شوری عوامل غیرروزنه‌ای مثل کارایی RUBP کربوکسیلاز، تولید مجدد روبیسکو، مقاومت مزوفیلی و مقدار کلروفیل کاهش می‌یابند.

محتوای آب نسبی برگ: محلول‌پاشی و شوری اثر معنی داری بر محتوای نسبی آب برگ سویا داشت، اما اثر برهمکنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). با توجه به جدول اثرات اصلی (جدول ۳) با افزایش سطوح شوری افزایش در محتوای آب نسبی برگ مشاهده شد. کمترین میزان محتوای آب نسبی برگ در محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۳ میلی مولار (۲۷/۳) و بیشترین آن در محلول‌پاشی با آسکوربیک اسید ۱/۵ میلی‌مولار (۳۲/۹) مشاهده شد. محتوای آب نسبی به‌عنوان معیاری قابل اعتماد برای اندازه‌گیری وضعیت آب در بافت‌های گیاهی محسوب شده و از این نظر نسبت به پتانسیل آب سلول برتری دارد، زیرا محتوای آب نسبی برگ از طریق ارتباط مستقیم با حجم سلول می‌تواند تعادل بین آب گیاه و سرعت تعرق را بهتر نشان دهد (Schonfield *et al*. 1988).

Zhao و همکاران (۱۹۹۲) ذکر نمودند که گیاهان با جذب یون، پتانسیل آبی خود را در سطح پایین‌تری حفظ می‌نمایند که این عمل به سازش، افزایش رشد و افزایش محتوای آب گیاهان کمک می‌کند. گیاهانی که در شرایط شور سریع‌تر به حالت تعدیل اسمزی می‌رسند، با محیط اطراف خود سریع‌تر سازگار شده و

می‌توانند محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل آب بافت‌های خود را با جذب بهتر آب حفظ کنند (Greenway and Munns, 1980).

نتیجه‌گیری:

در مجموع نتایج نشان داد که شاخص‌های فیزیولوژیک برگ سویا به خصوص فتوسنتز، با افزایش غلظت نمک کاهش یافت، البته این کاهش در سطوح بالای شوری شدیدتر بود. اما محلول‌پاشی آسکوربیک اسید عمدتا و تا حدودی سالیسیلیک اسید توانست در سطوح بالای شوری اثرات نمک را تخفیف دهد.

منابع:

دولت آبادیان، آ.، س. ع. م. مدرس ثانوی و م. شریفی. ۱۳۸۸. اثر تغذیه برگ با آسکوربیک اسید بر فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدان، تجمع پرولین و لیپید پراکسیداسیون کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط تنش شوری. فصلنامه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ، ۱۳(۴۷): ۶۲۰- ۶۱۱.

طباطبایی، س. ج. (۱۳۸۷) اثر شوری و نیتروژن بر رشد، فتوسنتز درختان زیتون (*Olea europaea*)، مجله علوم باغبانی ایران ۳۹(۱): ۱۲۴- ۱۱۵.

Agarwal, S., Sairam, R. K. Srivastava, G. C. and Meena, R. C. (2005) Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes, Biological Plant 49: 541- 550.

Aldesuquy, H. S. and Ibrahim, A. H. (2001) Interactive effect of seawater and growth bio- regulators on water relations, absicisic acid concentration, and yield of wheat plants, Journal of Agronomy and Crop Science 187: 185- 193.

Arnon, D. I. (1949) Copper enzyme in isolated chloroplast and polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*, Plant Physiology 24(1): 1- 15.

Ashraf, M. M. and Naqvi. I. (1992) Effect of varying Na^{+}/Ca^{2+} ratios in saline sand culture on some physiological parameters of four *Brassica* species, Acta Physiological Plantarum 14: 197- 205.

Colom, M. R. and Vazzana, C. (2003) Photosynthesis and PSII functionality of drought resistant and drought-sensitive weeping lovegrass plants, Environmental and Experimental Botany 49: 135- 144.

Cordovilla, M. P., Ocana, A., Ligero, F. and Liuch, C. (1995) Salinity effects on growth analysis and nutrient composition in four grain legumes-rhizobium symbiosis. Journal of Plant Nutrition 18: 1596- 1609.

Costa, M., Civell, P. M., Chaves, A. R. and Martinez, G. A. (2005) Effects of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzymes and a peroxidase- linked chlorophyll bleaching during post- harvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L.) at 20ºC. Postharvest Biology and Technology, 35: 191- 199.

El- Tayeb, M. A. 2005. Response of barley Gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation 45: 215- 225.

Flexas, J., Ribas- Carbo, M. Diaz- Espejo, A. Galmes, J. and Medrano, H. (2008) Mesophyll conductance to CO2: current knowledge and future prospects, Plant Cell and Environment 31: 602–621.

Ghanati, F., A. Morita and H. Yokota. 2002. Induction of suberin and increase of liginin content by excess Boron in Tabacco cell. Plant Nutrition, 48: 357- 364.

Greenway, H. and Munns, R. (1980) Mechanisms of salt tolerance in non- halophytes, Annual Review of Plant Physiology 31: 149- 190.

Hester, M. W., Mendelesoln, I. A. and Mckee, K. L. (2001) Species and Population variation to salinity stress in *Panicum hemitomon*, *Spartina patens*, and *Spartina alterniflora*: morphological and physiological constrains, Environmental and Experimental Botany 46: 277- 297.

Hoagland, D. R. and Arnon, D. I. (1950) The water-culture for growing plants without soil, California Agriculture Experimental Statistics Circular 347: 32.

Kar, M., and Mishra, D. (1976) Catalase, Peroxides and poly phenol oxides activities during rice leaf senescence, Plant Physiology 57: 315-319.

Kaya, C., Kirnak, H. Higgs, D. and Satali, K. (2002) Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity, Scientia Horticulture 93: 65- 74.

Kaya, M. D., Okci, G. Atak, M. Cikili, Y. and Kolsarici, O. (2006) Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.), European Journal of Agronomy 24: 291- 295.

Khan, W., Prithviraj, B. and Smith, D. L. (2003) Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates, Journal of Plant Physiology 160: 485- 492.

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

Leung, J., Bouvier- Durand, M. Morris, P. C. Guerrier, D. Chedfor, F. and Giraudat, J. (1994) Arabidopsis ABA- response gene ABI1: features of a calcium-

Romeroaranda, R., Soria, T. and Cuartero, J. (2001) Tomato plant water uptake and plant water relationships under saline growth conditions, Plant Science 160: 265- 272.

Sanitata, L. and Gabbriella, R. (1999) Response to Cd in higher plants–Review, Environment and Experimental Botany 45: 105-130.

Schonfield, M. P., Richard, J. C. Carver, B. P. and Mornhi, N. W. (1988) Water relations in water wheat as drought resistance indicators, Crop Science 28: 526- 531.

Schutz, H. and Fangmier, E. (2001) Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO_2 and water limitation, Environmental Pollutions 114: 187- 194.

Shalata, A. and Neumann, P. M. (2001) Exogenous ascorbic acid (Vitamin C) increases resistance to salt stress and reduces lipid peroxidation. Journal of Experiment Botany 52: 2207- 2211.

Sheteawi, S. A. (2007) Improving growth and yield of salt stressed soybean by exogenous application of jasmine acid and ascorbic, International Journal of Agriculture and Biology 9: 473-478.

Sinha, S. K., H. Srivastava, S. and Tripathi, R. D. (1993) Influence of some growth regulators and cautions on inhibition of chlorophyll biosynthesis by lead in Maize, Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 51: 241-246.

Stoeva, N., and Kaymakanova, M. (2008) Effect of salt stress on the growth and photosynthesis rate of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.), Journal of Central European Agriculture 9(3): 385-392.

Szepesi, A., J. Csiszar, Bajkan, S. Gemes, K. Horvath, F. Erdei, L. Deer, A. K. Simon, M. L. and Tari, I. (2005) Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt- and osmotic stress, Acta Biologica Szegediensis 49: 123-125.

Upadhyaya, H. and Panda, S. K. (2004) Responses of *Camellia sinensis* to drought and rehydration, Biologia Plantarum 48: 597- 600.

Wang, D., Shannon, M. C. and Grieve, C. M. (2001) Salinity reduces radiation absorption and use efficiency in soybean, Field Crops Research 69: 267- 277.

Yamada, Y. and Y. Fukutoku. 1986. Effect of water stress on soybean stress. Soybean in tropical and sub tropical cropping system. The anion vegetable research and development center shanbue Taiwan, China chapter, 48: 373-382.

Zhao, H. J., Lin, X. W. Shi, H. Z. and Chang, S. M. (1995) The regulating effects of phenolic compounds on the physiological characteristics and yield of soybeans, Acta Agronomica Sinica 21: 255- 351.

Zhao, K. F. and Harris, P. J. (1992) The effects of iso-osmotic salt and water stresses on the growth of halophyte and non- halophyte, Journal of Plant Physiology 139: 761- 763.

modulated protein phosphatase, Plant Science 264: 1448- 1452.

Lichtenthder, H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic bio membranes, Methods in Enzymologist 147: 350-382.

Liu, X. and Huang. B. (2000) Heat stress injury in relation to membrane lipid peroxidation in creeping Bentgras, Crop Science 40: 503-510.

Martin- Max, R. and Larque- Saavedra, A. (2001) Effect of salicylic acid in clitoria (*Clitoria ternatea* L.) bioproductivity in Yucatan, Mexico, 28th Annual Meeting. Plant Growth Regulation, Society of America, Miami Beach Florida, USA pp: 97- 99.

Mishra, A., and Choudhuri, M. A. (1999) Effects of salicylic acid on heavy metal induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice, Biologia Plantarum 42: 409-415.

Mittler, R. (2002) Oxidative stress, Antioxidant and stress tolerance, Trends in Plant Science 7: 9- 15.

Munns, R. (2002) Comparative physiology of salt and water stress, Plant Cell Environment 28:239- 250.

Munns, R., Greenway, H. Delane, R. and Gibbs, J. (1982) Ion concentration and carbohydrate status of the elongating leaf tissue of *Hordeum vulgar* growing at high external NaCl, Journal of Experimental Botany 135: 574- 583.

Noctor, A. and C. H. Foyer. 1998. Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. Annual Review in Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 49: 249- 279.

Parida, A.K. and Das, A.B. (2005) Salt tolerance and salinity effects on plants: a review, Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 324-349.

Peltzer, D., Dreyer, E. and Polle, A. (2002) Differential temperature dependencies of antioxidative enzymes in two contrasting species: *Fagus sylvatica* and *Coleus blumei*, Plant Physiology and Biochemistry 40: 141- 150.

Poljakoff- Mayber, A. and Meiri, A. (1969) The response of plant to changing salinity, Final Technical Report. Heberew University/Volkani Institute Agriculture. Recording. Jerusalem 278 pp.

Popova, L., Ananieva, V. Hristova, V. Christov, K. Geovgieva, K. Alexieva, V. and Stoinova, Z. (2003) Salicylic acid and methyl jasmonate- induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. Bulgarian Journal of Plant Physiology (Special issue) 133- 152.

Popova, L., Pancheva, T. and Uzunova, A. (1997) Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiology role, Plant Physiology 23: 85- 93.

Rai, V. K., Sharm, S. S. and Sharma, S. (1986) Reversal of ABA- induced stomatal induced by phenolic compounds, Journal of Experimental Botany 37: 129- 134.

Raskin, I. (1992) Role of salicylic acid in plants, Annual. Review in Plant Physiology and Plant Molecular Biology 43: 439- 463.