

تأثیر آسکوربیک اسید و سالیسیلیک اسید روی برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی گلرنگ تحت شرایط تنش شوری

The Effect of Ascorbic Acid and Salicylic Acid on some Physiological Characteristics of Safflower Under Salinity Stress

لیلا جعفری^۱، علیرضا یدوی^{۲*}، محسن موحدی دهنوی^۳، حمیدرضا بلوچی^۴ و عیسی مقصودی^۵

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۳۰

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آسکوربیک اسید و سالیسیلیک اسید بر خصوصیات فیزیولوژیکی گلرنگ رقم صفة تحت تنش شوری یک آزمایش گلدانی در گلخانه تحقیقاتی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه یاسوج در سال ۱۳۹۱ انجام شد. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. عامل اول شامل شوری با ۳ سطح (صفر، ۹۰ و ۱۸۰ میلی مولار NaCl) و عامل دوم شامل محلول پاشی با پنج سطح (سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی مولار، سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار، آسکوربیک اسید ۲۰۰ پی پی ام، آسکوربیک اسید ۴۰۰ پی پی ام و شاهد یا عدم محلول پاشی) بودند. نتایج نشان داد که افزایش غلظت نمک (کلرید سدیم) موجب کاهش میزان کلروفیل کل، محتوای نسبی آب و پتاسیم برگ و افزایش پرولین، قندهای محلول، نشت الکترولیت ها، میزان مالون دی آلدهید و سدیم برگ شد. محلول پاشی با آسکوربیک اسید ۴۰۰ پی پی ام و سالیسیلیک اسید ۰/۵ و ۱ میلی مولار موجب افزایش میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل و پتاسیم برگ و کاهش میزان نشت الکترولیت ها، مالون دی آلدهید و سدیم برگ شد ولی تأثیری بر محتوای نسبی آب برگ نداشت. براساس نتایج به دست آمده می توان اظهار داشت که محلول پاشی با سالیسیلیک اسید و آسکوربیک اسید از طریق افزایش میزان پرولین و قندهای محلول و همچنین کاهش میزان نشت الکترولیت ها و میزان سدیم برگ موجب تعدیل اثرات سوء تنش شوری بر گلرنگ می شود.

واژه های کلیدی: پتاسیم، پرولین، سدیم، کلروفیل، محتوای آب نسبی

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵. به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشیاران و دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

Email: Yadavi@yu.ac.ir

*: نویسنده مسئول

ریختن سازمان گراناها و کاهش محتوی کلروفیل می شود (ناجاکار و همکاران، ۱۳۸۵).

سالیسیلیک اسید نقشی مهمی در تعدادی از فرایندهای رشدی و فعالیت های فیزیولوژیک گیاه، مانند تقسیم سلولی، گسترش دیواره سلولی، کنترل تنفس، بسته شدن روزنه ها، جوانه زنی بذر، رسیدن میوه، گلیکولیز، گلدهی و تولید گرما ایفا می کند (هائو^۵ و همکاران، ۲۰۱۲). افزایش در محتوای کلروفیل با کاربرد سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار برای گیاه جو (J- طیب^۶، ۲۰۰۵) گزارش شده است. محتوای نسبی آب برگ به عنوان بهترین معیار اندازه گیری وضعیت آب گیاه معرفی شده است، رطوبت نسبی بافت ها با افزایش شدت شوری کاهش می یابد (پاک نژاد^۷ و همکاران، ۲۰۰۷). یکی از پارامترهایی که به عنوان شاخصی از تخریب غشا در اثر تنش شوری اندازه گیری می شود، نشت الکترولیت ها است. جواد پور و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند تنش شوری موجب کاهش معنی دار محتوی نسبی آب برگ در گلرنگ گردید. آسکوربیک اسید یک آنتی اکسیدان کوچک قابل حل در آب است که در سمیت زدایی گونه های فعال اکسیژن به ویژه پراکسید هیدروژن نقش دارد. مصرف خارجی آسکوربیک اسید می تواند مقاومت به تنش شوری را افزایش و سبب کاهش اثر تنش اکسیداتیو حاصله شود (شالاتا و نومن^۸، ۲۰۰۱). استفاده از آسکوربیک اسید، سبب افزایش محتوی پروتئین اندام هوایی و ریشه می شود. در گیاهانی که در معرض تنش شوری قرار نگرفته باشند آسکوربیک اسید تأثیری در محتوای پروتئین های محلول آن ها نشان نمی دهد؛ زیرا اثر آسکوربیک اسید به صورت غیرمستقیم بوده و با از بین بردن رادیکال های اکسیژن مانع تخریب پروتئین ها می گردد. گونه های فعال اکسیژن عامل اصلی پراکسیداسیون لیپیدی هستند (آبادیا و پاند^۹، ۲۰۰۴). کاربرد آسکوربیک اسید سبب کاهش اکسیداسیون چربی های غشای سلولی در برگ های گیاه کلزا گردیده است (دولت آبادیان و صالح جونتانی^{۱۰}، ۲۰۰۸). در بررسی اثر تنش شوری بر گیاهان، اندازه گیری یون های سدیم و پتاسیم و نسبت بین آن ها می تواند به عنوان شاخصی از تحمل به شوری مورد استفاده قرار گیرد (شرف و اولری^{۱۱}، ۱۹۹۶). افزایش شدت تنش شوری به طور معنی داری موجب افزایش میزان سدیم و کاهش میزان

گلرنگ با نام علمی (*Carthamus tinctorius L.*) بومی مناطقی از آسیا، خاورمیانه و آفریقا است که در گذشته برای استفاده از گل هایش جهت تهیه رنگ برای مواد غذایی و پوشاک، کشت می شده است. گلرنگ بیشتر برای استخراج روغن از دانه آن کشت می شود (خواجه پور، ۱۳۸۵). تنش شوری عاملی است که به طور جدی تولید محصولات زراعی را در مناطق مختلف از جمله مناطق خشک و نیمه خشک محدود می کند. آبیاری با آب های نامناسب و شور مهم ترین عامل افزایش نمک و شور شدن خاک و در نتیجه ایجاد تنش شوری است. نمک از طریق افزایش فشار اسمزی محلول خاک، سمیت یون ها و برهم زدن تعادل یون ها یا کمبود تغذیه ای موجب آسیب رسیدن به گیاه می شود (دولت آبادیان و همکاران، ۱۳۸۸). از جمله راهکارهای مختلف برای سازگاری فیزیولوژیکی به شوری می توان به مصرف خارجی ترکیبات شیمیایی مانند پرولین، گلاسین بتائین و هورمون های تنظیم کننده رشد مانند آسکوربیک اسید و سالیسیلیک اسید اشاره کرد (وحدتی مشهدیان و همکاران، ۱۳۹۴؛ ابراهیمیان و بایبوردی^۱، ۲۰۱۲). شوری موجب ساخته شدن اسید آمینه پرولین ذخیره شده در سیتوپلاسم شده که در آنجا انباشته می شود تا پتانسیل اسمزی واکوئل متعادل شود (مستجران و رحیمی^۲، ۲۰۰۹).

قندهای محلول دسته دیگری از محافظت کننده های اسمزی هستند که تجمع آن ها در پاسخ به تنش های محیطی در ارتباط با تنظیم اسمزی و یا حفاظت غشاهای سلولی می باشد. عمل فیزیولوژیک این قندها، ممانعت از اتصال بین غشاهای مجاور هم در طول تنش، نگهداری از لیپیدها و پایداری پروتئین می باشد (هو^۳ و همکاران، ۲۰۰۱). در سویا مقدار قندهای محلول در گیاهانی که تحت محلول پاشی با اسید آسکوربیک و تنش شوری واقع شده بودند نسبت به گیاهانی که تنها در معرض تنش شوری قرار داشتند، افزایش بیشتری یافت (شتیایوی^۴ و همکاران، ۲۰۰۷). باقری و محمدعلی پور (۱۳۹۰) با بررسی سطوح مختلف اسید سالیسیلیک (۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ میلی مولار) و غلظت های مختلف شوری روی سویا گزارش کردند که افزایش شوری و اسید سالیسیلیک منجر به افزایش میزان پرولین شد. شوری موجب ایجاد تغییرات در کلروپلاست، چروکیدگی، از دست دادن ساختمان تیلاکوئیدی و به هم

5. Hao
6. El-Tayeb
7. Paknezhad
8. Shalata and Neumann
9. Upadhyaya and Panda
10. Dolatabadian and Saleh Jouneghani
11. Ashraf and Oleary

1. Ebrahimian and Bybordi
2. Mostajeran and Rahimi
3. Ho
4. Shetyavi

در نهایت به سطوح شوری موردنظر رسید. هر هفته گلدانها یک نوبت با آب برای جلوگیری از تجمع نمک شستشو گردیدند.

محلول پاشی در دو مرحله انجام گرفت. مرحله اول محلول پاشی در زمان پنج‌برگی گیاه و مرحله دوم به فاصله ۲۰ روز بعد از اولین محلول پاشی انجام گرفت. در مرحله شروع گلدهی مقدار پرولین آزاد برگ (پاکوئین و لچاسئور^۳، ۱۹۷۹)، قندهای محلول (ایریگوین^۴ و همکاران، ۱۹۹۲)، مالون‌دی‌آلدئید (هیت و پاکر^۵، ۱۹۶۸) و کلروفیل برگ (آرنون^۶، ۱۹۶۷) از جوان‌ترین برگ‌های توسعه یافته بوته‌ها اندازه‌گیری شدند. هم‌چنین در این مرحله میزان نشت الکترولیت‌ها برگ (بلترانو و رونکو^۷، ۲۰۰۸)، محتوای نسبی آب برگ (میشرا و چودهوری^۸، ۱۹۹۹)، سدیم و پتاسیم برگ (پترسون^۹، ۱۹۸۴) اندازه‌گیری شدند. در نهایت بعد از انجام تست نرمال بودن خطا (باقیمانده) مربوط به داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد هم‌چنین در صورت معنی‌دار بودن برهم‌کنش تیمارها تجزیه واریانس برش‌دهی انجام شد و مقایسه میانگین برهم‌کنش‌ها نیز به روش میانگین‌های حداقل توان‌های دوم (L.S.means) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

میزان کلروفیل کل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که محلول پاشی، شوری و برهم‌کنش آن‌ها بر میزان کلروفیل کل برگ تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۱). با توجه به معنی‌دار شدن اثر برهم‌کنش شوری و محلول پاشی بر میزان کلروفیل کل، جدول تجزیه واریانس برش‌دهی نشان داد که در تمامی سطوح شوری، محلول پاشی بر کلروفیل کل اثر معنی‌داری دارد (جدول ۲). با توجه به جدول مقایسه میانگین برهم‌کنش تنش شوری و محلول پاشی مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت کلرید سدیم، محتوای کلروفیل کل کاهش یافت. هم‌چنین در سطح صفر میلی‌مولار شوری، میزان کلروفیل کل در سطح محلول پاشی ۴۰۰ پی‌پی‌ام

پتاسیم ریشه و اندام هوایی گوجه‌فرنگی شد ولی با استفاده از تیمار سالیسیلیک‌اسید (۱ میلی‌مولار) به‌طور قابل‌توجهی محتوای سدیم کاهش و در عوض پتاسیم افزایش یافت (هی و ژو^۱، ۲۰۰۸). مالون‌دی‌آلدئید نشان‌دهنده میزان خسارت رادیکال‌های آزاد به غشاهای سلولی تحت شرایط تنش است (ملک‌احمدی و همکاران، ۱۳۸۴). با افزایش تنش شوری مالون‌دی‌آلدئید در اندام هوایی و ریشه گیاه جو افزایش یافت ولی تیمار با سالیسیلیک‌اسید منجر به کاهش مالون‌دی‌آلدئید تولید شده در برگ‌ها و ریشه‌های گیاه گردید (ال‌طیب، ۲۰۰۵). با توجه به این‌که در بسیاری از مناطق کشور به دلیل کمبود آب و خشکی مسأله شوری خاک و آب از مهم‌ترین مشکلات تولیدات کشاورزی محسوب شده و با توجه به اهمیت گلرنگ به‌عنوان یک گیاه روغنی بومی کشور، این تحقیق باهدف بررسی محلول پاشی سالیسیلیک‌اسید و آسکوربیک‌اسید بر گلرنگ و نقش آن‌ها در واکنش این گیاه به تنش شوری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عامل اول شامل شوری با ۳ سطح (صفر، ۹۰ و ۱۸۰ میلی‌مولار NaCl) و عامل دوم شامل محلول پاشی با پنج سطح (سالیسیلیک‌اسید ۰/۵ میلی‌مولار، سالیسیلیک‌اسید ۱ میلی‌مولار، آسکوربیک‌اسید ۲۰۰ پی‌پی‌ام، آسکوربیک‌اسید ۴۰۰ پی‌پی‌ام و شاهد یا عدم محلول پاشی) بود. واحدهای آزمایش برای هر تیمار شامل گلدان‌هایی به قطر ۱۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر بود. گلدان‌ها توسط ماسه شسته شده به‌نحوی پر شدند که سطح ماسه هر گلدان تا دهانه آن پنج سانتی‌متر فاصله داشت. درون هر گلدان تعداد ۱۰ عدد بذر گلرنگ به عمق سه سانتی‌متر قرار گرفت. گلدان‌ها از مرحله کاشت تا مرحله سبزشدن با آب به مقدار یکسان برای هر گلدان آبیاری شدند و پس از سبز شدن، گلدان‌ها با محلول نیم‌هوگلند (هوگلند و آرنون^۲، ۱۹۵۰) و بعد از سه هفته با محلول هوگلند آبیاری شدند. در این مرحله گیاهان به چهار بوته در هر گلدان تنک شدند و وقتی گیاهان وارد مرحله چهار برگی شدند تنش شوری به‌تدریج اعمال شد، و سپس با افزودن تدریجی کلرید سدیم تنش شوری اعمال گردید، به‌نحوی که ابتدا در هر نوبت آبیاری ۴۵ میلی‌مولار شوری در محلول هوگلند اعمال شد. در نوبت‌های بعدی این مقادیر افزایش پیدا کرد و

3. Paquine and Lechasseur
4. Irigoyen
5. Heath and Pacher
6. Arnon
7. Beltrano and Ronco
8. Mishra and Choudhuri
9. Patterson

1. He and Zhu
2. Hogland and Arnon

آسکوربیک اسید (۱/۳ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) و ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید (۱/۲ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) افزایش معنی داری نسبت به شاهد بدون محلول پاشی داشته است. در سطح ۹۰ میلی مولار شوری میزان کلروفیل کل در همه سطوح محلول پاشی در مقایسه با شاهد بدون محلول پاشی افزایش معنی داری داشت. در سطح ۱۸۰ میلی مولار شوری نیز هر دو سطح محلول پاشی سالیسیلیک اسید نسبت به شاهد بدون محلول پاشی افزایش معنی داری در میزان کلروفیل کل داشت (جدول ۴). در گندم بهاره افزایش شدت تنش شوری موجب ایجاد تغییراتی در ساختمان کلروفیل ها و از بین رفتن ساختار تیلاکوئیدی کلروپلاست شده، که این امر در نهایت موجب کاهش محتوی کلروفیل کل گیاه شده است (ناجگار و همکاران، ۱۳۸۵). برای خنثی کردن اثر سمی گونه های اکسیژن فعال ایجاد شده در تنش، یک سیستم آنتی اکسیدان با کارایی بالا نیاز است. به خوبی مشخص شده است که کاروتنوئیدها می توانند دستگاه فتوسنتزی را از گزند مولکول های اکسیژن فعال حفاظت نمایند. همچنین کاروتنوئیدها می توانند مستقیماً اکسیژن های فعال را غیرفعال کنند و یا به وسیله این اکسیژن ها خودشان اکسید شوند. بنابراین به طور غیرمستقیم تولید گونه های اکسیژن را کاهش می دهند. همچنین کاروتنوئیدها از طریق مکانیسمی که چرخه زانتوفیل نامیده می شود باعث مصرف اکسیژن و حفاظت از کلروفیل در مقابل فتواکسیداسیون می شوند. بنابراین نقش حفاظتی کاروتنوئیدها در تنش شوری و همچنین در طی مصرف سالیسیلیک اسید قابل توجه است. بنابراین گیاهان برای کاهش خسارت حاصل از تنش اکسیداتیو، مقدار کاروتنوئیدها را افزایش می دهند تا بتوانند از کاهش کلروفیل در شرایط تنش شوری جلوگیری کنند (خدری^۱ و همکاران، ۲۰۰۶). افزایش محتوای کلروفیل کل در اثر محلول پاشی سالیسیلیک اسید در شرایط شوری برای سویا گزارش شده است (باقری و محمدعلی پور، ۱۳۹۰).

پرولین برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تأثیر تیمارهای شوری و محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد و برهم کنش آن ها در سطح احتمال پنج درصد بر پرولین برگ معنی داری بود (جدول ۱). تجزیه واریانس برش دهی اثر محلول پاشی در سطوح مختلف شوری نشان داد که تنها در

سطوح ۹۰ و ۱۸۰ میلی مولار شوری اثر محلول پاشی بر مقدار پرولین برگ معنی دار بود، ولی در سطح صفر میلی مولار شوری، محلول پاشی تأثیر معنی داری بر این صفت نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین برهم کنش شوری و محلول پاشی بر پرولین نشان داد که به طور کلی با افزایش شدت تنش شوری میزان پرولین در برگ افزایش می یابد. در سطح ۹۰ میلی مولار شوری تمام سطوح محلول پاشی نسبت به سطح شاهد بدون محلول پاشی افزایش معنی داری در میزان پرولین برگ داشت که در این بین، بیشترین مقدار پرولین (۶/۷ میکرومول بر گرم وزن تر برگ) مربوط به تیمار محلول پاشی با سالیسیلیک اسید (۰/۵ میلی مولار بود (جدول ۴)). همچنین در سطح شوری ۱۸۰ میلی مولار سطوح محلول پاشی آسکوربیک اسید ۴۰۰ پی پی ام و سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار نسبت به شاهد بدون محلول پاشی برای این صفت افزایش معنی داری داشتند (جدول ۵). احتمالاً دلیل افزایش پرولین در شرایط تنش شوری، انباشته شدن این متابولیت سازگار جهت مقاومت و تحمل به تنش می باشد. افزایش پرولین منجر به حفظ تورم و کاهش خسارت غشا در گیاهان می شود؛ به همین علت با تعدیل اسمزی، تحمل به تنش را افزایش می دهد. همچنین گزارش شده که با افزایش غلظت شوری در گیاه کلزا پرولین آن افزایش یافت که البته مصرف آسکوربیک اسید نیز در این شرایط با افزایش بیشتر میزان پرولین برگ ها، سبب کاهش اثرات مضر تنش شوری شده است (دولت آبادیان و همکاران، ۱۳۸۸). گیاهانی که مقادیر فراوان آنتی اکسیدان تولید می کنند، دارای سازگاری و تطابق بیشتری نسبت به تخریب اکسیداتیو هستند. تنش شوری منجر به شکل گیری گونه های فعال اکسیژن مانند سوپراکسید و هیدروژن پراکسید می شود. که این گونه های فعال اکسیژن می توانند به شدت متابولیسم طبیعی گیاه را از طریق آسیب اکسیداتیو به لیپیدها و نوکلئیک اسیدها و پروتئین ها مختل سازند. بنابراین گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید نسبت به شاهد به طور مؤثرتری رادیکال های آزاد اکسیژن را از بین می برد و خسارت سلول کمتر می شود (شاکیرووا^۲ و همکاران، ۲۰۰۳). به کارگیری سالیسیلیک اسید می تواند مصرف متابولیک قندهای محلول را برای شکل گیری ساختارهای سلولی جدید فعال سازد که خود به عنوان مکانیسمی جهت تحریک رشد و نهایتاً افزایش تجمع پرولین در نظر گرفته می شود و موجب کاهش اثرات تخریبی تنش شوری می شود.

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده در برگ گلرنگ

Table 1: Results of analysis of variance of measured physiological traits in safflower leaf

مالون دی‌آلدهید Malondialdehyd	پتاسیم برگ Leaf potassium	سدیم برگ Leaf sodium	نشت الکترولیت‌ها Electrolyte leakage	محتوای نسبی آب برگ Relative water content	قند محلول برگ Soluble carbohydrate	کلروفیل کل برگ Total chororophyl	پرولین برگ Leaf proline	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
27.7**	29715123**	109707817**	518.8**	448.2**	44.1**	0.66**	60.3**	2	شوری (A) Salinity
3.02*	25327382**	8195022**	105.2*	123.3 ^{ns}	9.8**	0.16**	3.1**	4	محلول‌پاشی (B) Foliar aplication
0.44 ^{ns}	10018349**	498053**	42.1 ^{ns}	20.1 ^{ns}	2.2**	0.028*	1.4*	8	شوری × محلول‌پاشی Salinity ×Foliar
0.409	1150959	628501	29.78	76.53	0.55	0.007	0.49	30	خطا Error
19.50	12.8	21.8	9.01	13.4	13.5	10.3	15	-	ضریب تغییرات (درصد) Coefficient variability (%)

*, **, و Sn: به ترتیب بیانگر معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار می‌باشد

*, ** and ns: Indicate significant at 5%, 1% probability levels and non-significant, respectively

قندهای محلول برگ

تیمارهای شوری، محلول پاشی و برهم کنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی داری بر قندهای محلول برگ داشتند (جدول ۱). باتوجه به معنی دار شدن اثر برهم کنش شوری و محلول پاشی بر این صفت، تجزیه واریانس برش‌دهی اثر محلول پاشی در سطوح مختلف شوری انجام شد. نتایج برش‌دهی نشان داد که اثر محلول پاشی بر میزان قندهای محلول در سطوح ۹۰ و ۱۸۰ میلی‌مولار شوری معنی دار بود (جدول ۳). باتوجه به مقایسه میانگین برهم کنش شوری و محلول پاشی بر این صفت مشاهده شد که میزان قندهای محلول در برگ با افزایش شوری روند افزایشی داشته است. همچنین در سطح ۹۰ میلی‌مولار شوری همه سطوح محلول پاشی نسبت به شاهد بدون محلول پاشی افزایش معنی داری در این صفت ایجاد کردند که البته بیش‌ترین میزان قندهای محلول (۷/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به تیمار محلول پاشی با سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار بود. در سطح ۱۸۰ میلی‌مولار شوری نیز، همه سطوح محلول پاشی در مقایسه با تیمار شاهد بدون محلول پاشی افزایش معنی داری را در میزان قندهای محلول برگ موجب شدند. در این سطح شوری بیش‌ترین غلظت قندهای محلول (۸/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به تیمار آسکوربیک اسید ۴۰۰ پی‌پی‌ام بود (جدول ۴). افزایش غلظت قندهای محلول و ساکارز تحت شرایط تنش شوری موجب ایجاد تحمل به شوری می‌شود و از بین ترکیبات مختلف تنظیم‌کننده اسمزی، قندها بیش از ۵۰ درصد مجموع مواد متشکله پتانسیل اسمزی را تشکیل می‌دهند (جهولت^۱ و همکاران، ۲۰۰۵).

براساس نتایج به‌دست‌آمده افزایش قندهای محلول در سلول‌هایی گیاهی که تحت تنش شوری بوده‌اند می‌توان به گزارش‌هایی روی آفتابگردان (شرف و توفایل^۲، ۱۹۹۵) و سویا (شتاوی^۳، ۲۰۰۷) اشاره کرد. نتایج این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که در تیمارهایی که تحت تنش شوری و تیمارهای سالیسیلیک اسید واقع شده بودند در مقایسه با تیمارهایی که تنها تحت تنش شوری قرار داشتند، در غلظت‌های یکسان کلرید سدیم، افزایش در محتوای قندهای محلول مشاهده شده است. همچنین گزارشاتی مبنی بر افزایش مقدار قندهای محلول در گیاهانی که تحت اسپری با آسکوربیک اسید و تنش شوری واقع شده بودند نسبت به گیاهانی که تنها در معرض تنش

شوری قرار داشتند وجود دارد که می‌توان به تحقیقات شتاوی (۲۰۰۷) در سویا اشاره کرد.

محتوای نسبی آب برگ

باتوجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مشاهده می‌شود که تنها تیمار شوری در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی داری بر محتوای نسبی آب برگ داشته است (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر شوری بر محتوای نسبی آب برگ نشان داد که با افزایش شدت شوری محتوای آب نسبی برگ کاهش یافت. به طوری که کم‌ترین محتوای نسبی آب در سطح ۱۸۰ میلی‌مولار شوری (۵۸/۸ درصد) و بیش‌ترین آن در سطح شاهد (۶۹/۴ درصد) مشاهده شد. ولی بین سطح صفر و ۹۰ میلی‌مولار شوری اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۳). کاهش محتوای نسبی آب برگ در اثر افزایش شدت تنش شوری را می‌توان به کاهش توان جذب آب توسط ریشه‌ها و به دنبال آن انتقال آب کمتر به برگ‌ها ارتباط داد. جوادی‌پور و همکاران (۱۳۹۱) نیز در گلرنگ کاهش معنی دار محتوای نسبی آب برگ در اثر تنش شوری را گزارش کردند. ایشان علت را از دست رفتن فشار تورژسانس در نتیجه محدود شدن دسترسی آب برای سلول دانسته‌اند.

نشت الکترولیت‌ها برگ

باتوجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مشاهده می‌شود که تیمارهای شوری و محلول پاشی به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد تفاوت معنی داری در میزان نشت الکترولیت‌ها برگ گلرنگ ایجاد نمودند ولی برهم کنش آن‌ها تأثیر معنی داری بر این صفت نداشت (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر شوری بر نشت الکترولیت‌ها برگ نشان داد که با افزایش شدت شوری این صفت افزایش یافت؛ به طوری که کم‌ترین میزان نشت الکترولیت‌ها (۵۴/۳ درصد) مربوط به سطح صفر میلی‌مولار شوری و بیش‌ترین میزان آن (۶۶/۱ درصد) مربوط به سطح ۱۸۰ میلی‌مولار شوری بود (شکل ۱). مقایسه میانگین اثر محلول پاشی بر نشت الکترولیت‌ها نشان داد که همه سطوح محلول پاشی در مقایسه با تیمار شاهد (بدون محلول پاشی) کاهش معنی داری را در این صفت ایجاد کرده است (جدول ۴). با افزایش شدت تنش شوری و افزایش رادیکال‌های آزاد حاصل از سمیت یونی و تخریب کلروفیلی ایجاد شده از تنش شوری پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی می‌تواند عامل افزایش نشت الکترولیت‌ها برگ باشد. در آفتابگردان نیز با افزایش تنش شوری نشت الکترولیت‌های برگ

1. Geholt
2. Ashraf and Tufail
3. Sheteawi

الکترولیت‌های برگ در شرایط تنش شوری را کاهش می‌دهد و این حاکی از نقش مثبت سالیسیلیک‌اسید در بهبود تحمل به تنش شوری در گیاهان می‌باشد.

افزایش یافت (صفاری و همکاران، ۱۳۹۲). در این راستا // - طیب (2005) براساس تحقیقات خود روی گیاه جو در شرایط تنش شوری نشان داد که کاربرد سالیسیلیک‌اسید میزان نشت

جدول ۲: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر محلول‌پاشی در سطوح مختلف شوری برای صفات فیزیولوژیک گلرنگ
Table 2: Analysis of variance (Mean squares) cutting effect of foliar application in different levels of salinity for physiological traits of safflower

پتاسیم برگ Leaf potassium	سدیم برگ Leaf sodium	قند محلول برگ Soluble sugar	کلروفیل کل برگ Total chlorophyll	پرولین برگ Leaf proline	درجه آزادی df	شوری (میلی‌مولار) Salinity (mM)
17370400**	414918 ^{ns}	0.51 ^{ns}	0.119**	0.049 ^{ns}	4	0
13389111**	857937**	7.62**	0.032**	1.64*	4	90
14604490**	9132014*	6.17**	0.072**	4.34**	4	180

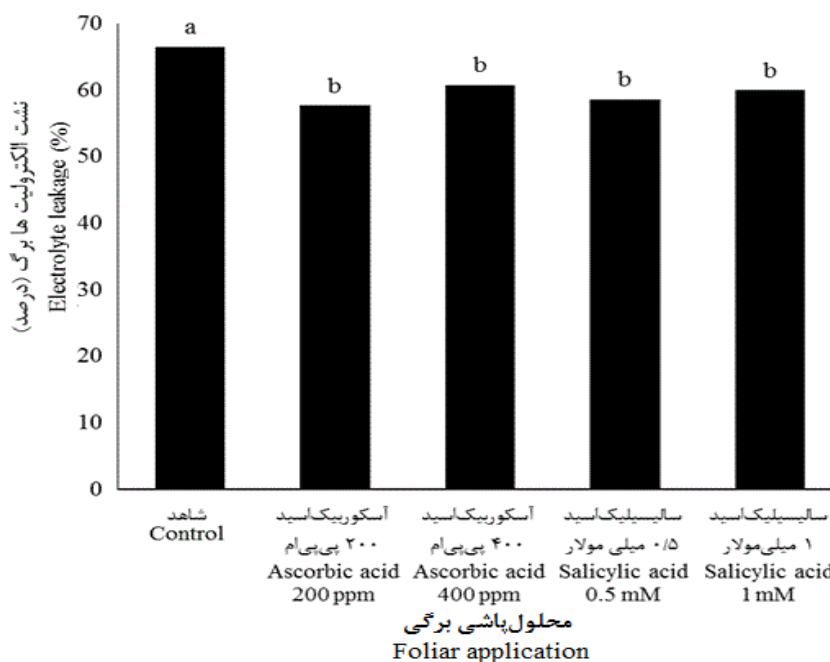
ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد
ns, * and **: Indicat that not significant and significant at 5 and 1% level respectively

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر شوری روی برخی صفات فیزیولوژیک در برگ گلرنگ

Table 3: Mean comparison effect of salinity on some physiological characteristics in leaves of safflower

مالون‌دی‌آلدئید برگ (میکرومول بر گرم وزن تر برگ) Malondialdehyd ($\mu\text{m/g}$)	نشت الکترولیت‌ها برگ (درصد) Electrolyte leakage (%)	محتوای نسبی آب برگ (درصد) Relative water content (%)	شوری (میلی‌مولار) Salinity (mM)
1.7c	54.39c	69.48a	0
3.63b	61.19b	66.41a	90
4.43a	66.11b	58.86b	180

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد
Common letters in each column indicant no significant difference in the level of five percent based on the LSD test



شکل ۱: تأثیر آسکوربیک‌اسید و سالیسیلیک‌اسید بر نشت الکترولیت‌ها برگ
Fig. 1: Effect of ascorbic acid and salicylic acid on electrolyte leakage of leaves

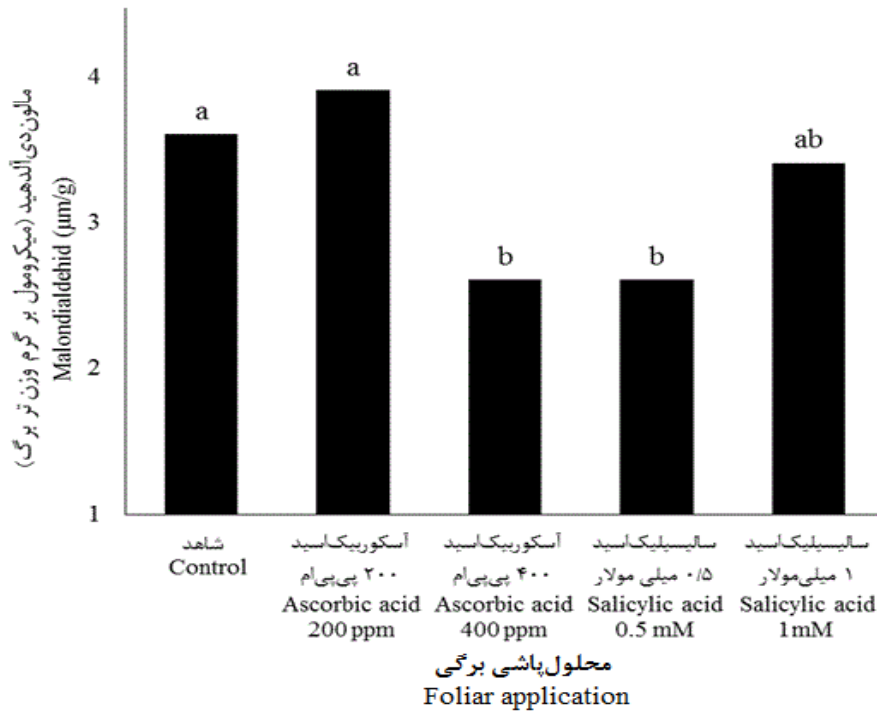
میانگین اثر شوری بر میزان مالون‌دی‌آلدئید نشان داد که با افزایش شدت شوری، میزان مالون‌دی‌آلدئید افزایش یافت؛ به طوری که بیش‌ترین (۴/۴۳) میکرومول بر گرم وزن تر برگ و کم‌ترین (۱/۷۷) میکرومول بر گرم وزن تر برگ مقدار مالون‌دی‌آلدئید به ترتیب از تیمارهای ۱۸۰ و صفر میلی‌مولار

مالون‌دی‌آلدئید برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری و محلول‌پاشی بر میزان مالون‌دی‌آلدئید برگ به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود. ولی برهم‌کنش شوری و محلول‌پاشی بر این صفت تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). مقایسه

به غشاهای سلولی تحت شرایط تنش است (ملک احمدی و همکاران، ۱۳۸۴). با افزایش تنش شوری میزان مالون‌دی‌آلدهید در اندام هوایی و ریشه گیاه افزایش می‌یابد ولی استفاده از سالیسیلیک اسید موجب می‌شود تا مالون‌دی‌آلدهید تولید شده در برگ‌ها و ریشه‌های گیاه کاهش یابد (ال‌طیب، ۲۰۰۵).

شوری حاصل شد (جدول ۴). هم‌چنین مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی برای این صفت مشخص کرد که در بین تیمارهای محلول‌پاشی، تنها محلول‌پاشی با آسکوربیک اسید ۴۰۰ پی‌پی‌ام و سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار توانست نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری در این صفت ایجاد کند (شکل ۲). مالون‌دی‌آلدهید نشان‌دهنده میزان خسارت رادیکال‌های آزاد



شکل ۲: تأثیر آسکوربیک اسید و سالیسیلیک اسید بر میزان مالون‌دی‌آلدهید برگ
Fig. 2: Effect of ascorbic acid and salicylic acid on malondialdehyd of leaves

اثرات شوری در گلرنگ بوده است؛ برای این‌که از تجمع سدیم در برگ گلرنگ کاسته است. در بررسی اثر تنش شوری بر گیاهان، اندازه‌گیری یون‌های سدیم و پتاسیم و نسبت بین آن‌ها می‌تواند به‌عنوان شاخصی از تحمل به شوری مورد استفاده قرار گیرد (شرف و اولری، ۱۹۹۶). نتایج بررسی تنش شوری و سالیسیلیک اسید روی گیاه گوجه‌فرنگی نشان داد که با افزایش شدت شوری افزایش معنی‌داری در محتوای سدیم و کاهش معنی‌داری بر محتوای پتاسیم در ریشه و اندام هوایی این گیاه ایجاد می‌شود ولی با استفاده از تیمار سالیسیلیک اسید به‌طور قابل‌توجهی محتوای سدیم کاهش و پتاسیم افزایش یافت (هی و ژو، ۲۰۰۸).

سدیم برگ

تأثیر شوری، محلول‌پاشی و برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر میزان سدیم برگ معنی‌داری بود (جدول ۱). با توجه به معنی‌دار شدن اثر برهم‌کنش شوری و محلول‌پاشی بر این صفت تجزیه واریانس برش‌دهی اثر محلول‌پاشی در سطوح مختلف شوری انجام شد. نتایج برش‌دهی نشان داد که اثر محلول‌پاشی بر میزان سدیم برگ در سطوح ۹۰ و ۱۸۰ میلی‌مولار شوری معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری و محلول‌پاشی بر این صفت مشاهده شد که در سطح ۹۰ میلی‌مولار شوری، همه سطوح محلول‌پاشی نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی کاهش معنی‌داری در سدیم برگ موجب شدند. در سطح ۱۸۰ میلی‌مولار شوری نیز همه سطوح محلول‌پاشی نسبت به سطح شاهد بدون محلول‌پاشی کاهش معنی‌داری را در این صفت نشان دادند (جدول ۴). این نتایج نشان‌دهنده تأثیر مثبت محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و آسکوربیک اسید بر کاهش

جدول ۴: مقایسه میانگین برهمکنش شوری و محلول پاشی بر صفات فیزیولوژیک اندازه گیری شده گلرنگ

Table 4: Mean comparison the interaction of salinity and foliar application on measured physiological traits of safflower

پتاسیم برگ (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک برگ) Leaf potassium (mg/kg)	سدیم برگ (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک برگ) Leaf sodium (mg/kg)	قند محلول (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) Soluble sugar (mg/g)	پروکلین (میکرومول بر گرم وزن تر برگ) Proline (µm/g)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) Total chlorophyll (mg/g)	محلول پاشی Foliar application	شوری (میلی مولار) Salinity (mM)
9355.8c	1951.1a	3.1a	2.4a	0.86b	شاهد Control	
9723.7bc	1128.3a	3.7a	2.2a	0.90b	آسکوربیک اسید ۲۰۰ پی پی ام Ascorbic acid 200 ppm	
5980.7d	1672.9a	3.1a	2.3a	1.32a	آسکوربیک اسید ۴۰۰ پی پی ام Ascorbic acid 400 ppm	0
12331.6a	1922.5a	3.9a	2.5a	0.96b	سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی مولار Salicylic acid 0.5 mM	
11211.7ab	2109.9a	3.9a	2.54a	1.20a	سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار Salicylic acid 1 mM	
5418.7c	7892.5a	3.8c	3.4c	0.53c	شاهد Control	
10711.5a	4154.9cd	5.9b	4.8b	0.68b	آسکوربیک اسید ۲۰۰ پی پی ام Ascorbic acid 200 ppm	
8116.2b	5256.04bc	6.7ab	5.7ab	0.78b	آسکوربیک اسید ۴۰۰ پی پی ام Ascorbic acid 400 ppm	90
7119.2bc	3003.9d	7.7a	6.7a	0.82ab	سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی مولار Salicylic acid 0.5 mM	
10282.8a	5723.1b	5.7b	5.6ab	0.94a	سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار Salicylic acid 1 mM	
4085.3c	9144.8a	4.6d	5.2b	0.56bc	شاهد Control	
6554.8b	7045.3bc	6.07c	6.3ab	0.50c	آسکوربیک اسید ۲۰۰ پی پی ام Ascorbic acid 200 ppm	
3987.6b	4814.2d	8.1a	7.3a	0.67ab	آسکوربیک اسید ۴۰۰ پی پی ام Ascorbic acid 400 ppm	180
6870.5b	8338.6ab	8.0ab	6.1b	0.73a	سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی مولار Salicylic acid 0.5 mM	
10030.8a	5987.2cd	7.05bc	6.4a	0.74a	سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار Salicylic acid 1 mM	

حروف مشترک در هر ستون برای هر سطح شوری نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار براساس آزمون L.S. means می باشد

Common letters in each column indicant no significant difference in the level of five percent based on the LSD test

میزان پتاسیم برگ

براساس جدول تجزیه واریانس تأثیر شوری، محلول پاشی و برهم کنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر میزان پتاسیم برگ گلرنگ معنی داری بود (جدول ۱). با توجه به معنی دار شدن اثر برهم کنش شوری و محلول پاشی بر این صفت تجزیه واریانس برش‌دهی نشان داد که اثر محلول پاشی بر میزان پتاسیم برگ در همه سطوح شوری معنی دار بود (جدول ۳). با توجه به مقایسه میانگین برهم کنش شوری و محلول پاشی بر این صفت مشاهده شد که در سطح صفر میلی مولار شوری تنها دو سطح ۰/۵ و ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید نسبت به شاهد بدون محلول پاشی افزایش معنی داری را در پتاسیم برگ نشان داده‌اند. در سطح ۹۰ میلی مولار شوری همه سطوح محلول پاشی بجز سطح ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید در مقایسه با سطح شاهد بدون محلول پاشی افزایش معنی داری در این صفت نشان دادند. در سطح ۱۸۰ میلی مولار شوری نیز همه سطوح محلول پاشی نسبت به شاهد (بدون محلول پاشی) افزایش معنی داری در پتاسیم برگ نشان دادند به طوری که بیش‌ترین میزان پتاسیم برگ (۱۰۰۳۰/۸ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک برگ) مربوط به سطح ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید و کم‌ترین میزان پتاسیم در برگ (۴۰۸۵/۳ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک برگ) مربوط به سطح شاهد بدون محلول پاشی بود (جدول ۴). پتاسیم از عناصر غذایی مهم مورد استفاده گیاه است که در اثر افزایش سدیم و ایجاد سمیت در گیاه، مقدار آن کاهش می‌یابد (کوچکی و سرمدنی، ۱۳۸۷).

در این آزمایش نیز با افزایش سطح شوری و افزایش تجمع سدیم میزان آن در بخش‌های مختلف گیاه تقریباً کاهش نشان داد. قربانلی و نیاکان (۱۳۸۴) گزارش کردند که تأثیر افزایش میزان شوری خاک بر محتوای یونی دو رقم سویا به صورت کاهش مقدار پتاسیم می‌باشد ولی با این حال مقدار این عنصر در برگ‌ها بیشتر از سایر قسمت‌ها بود که این مسئله به دلیل نقش اصلی پتاسیم در مکانیسم تنظیمی برای حفظ تعادل اسمزی برگ تحت تنش شوری می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان اظهار داشت که افزایش سطوح مختلف شوری باعث افزایش نشت الکترولیت‌ها، مالون‌دی‌آلدئید، قند محلول، پرولین و سدیم برگ و کاهش میزان پتاسیم گردید؛ به طوری که تنش شوری ۱۸۰ میلی مولار بیش‌ترین تأثیر را بر صفات مذکور داشت. از طرف دیگر محلول پاشی گلرنگ با آسکوربیک اسید و سالیسیلیک اسید از طریق بهبود صفات فیزیولوژیک نظیر افزایش میزان پرولین، قندهای محلول، محتوای پتاسیم برگ و کاهش صفاتی نظیر نشت الکترولیت‌ها و میزان سدیم برگ موجب تعدیل اثرات سوء تنش شوری در گلرنگ شده که در این میان نقش سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی مولار در تعدیل اثرات منفی شوری چشمگیرتر می‌باشد. با وجود این تحقیقات بیشتری جهت بررسی اثرات این مواد بر گلرنگ در سطح مزرعه، به‌منظور مقایسه ضروری به‌نظر می‌رسد.

منابع

- باقری، ع. و محمد علی پور، ز. ۱۳۹۰. اثر سالیسیلیک اسید بر اجزاء عملکرد و رشد سویا تحت شرایط تنش شوری. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، ۳ (۸): ۲۹-۴۱.
- جوادی پور، ز.، موحدی‌دهنوی، م. و بلوچی، ح. ر. ۱۳۹۱. تغییرات میزان پرولین، قندهای محلول، گلیسین بتائین و پروتئین محلول برگ شش رقم گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تنش شوری. فرآیند و کارکرد گیاهی، ۱ (۲): ۱۳-۲۴.
- خواجه پور، م. ر. ۱۳۸۵. گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه اصفهان، ۵۸۰ صفحه.
- دولت آبادیان، ا.، مدرس‌ثانوی، س. ع. م. و شریفی، م. ۱۳۸۸. اثر تغذیه برگ با آسکوربیک اسید بر فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، تجمع پرولین و لیپید پراکسیداسیون کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط تنش شوری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳ (۴۷): ۶۲۰-۶۱۱.
- صفری، ر.، مقصودی‌موعود، ع. ا. و صفری، و. ر. ۱۳۹۲. اثر تنش شوری بر فلورسانس کلروفیل و عملکرد دانه برخی ارقام آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.). مجله به‌زراعی نهال و بذر، ۲۹ (۱): ۱۳۰-۱۰۹.
- قربانلی، م. و نیاکان، م. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی بر روی میزان قندهای محلول، پروتئین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترازدوکتاز گیاه سویا رقم گرگان ۳، نشریه دانشگاه تربیت معلم. دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان، ۵ (۱): ۵۵۰-۵۳۷.

- ملک احمدی، ف.، منوچهری کلانتری، خ. و ترک زاده، م. ۱۳۸۴. اثر تنش غرقابی بر القای تنش اکسیداتیو و غلظت عناصر در گیاه فلفل. مجله زیست‌شناسی ایران، ۱۸ (۲): ۱۱۹-۱۱۰.
- ناجاکار، ن.، خدادادی، ا.ا.، تاج‌بخش، م. و اکبری، غ. ۱۳۸۵. تأثیر تنش شوری بر کربوهیدرات‌های محلول و کلروفیل و محتوای یونی ارقام گندم بهاره. نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، پردیس ابوریحان، تهران.
- وحدتی مشهدیان، ن.، تهرانی فر، ع.، سلاح ورزی، ی. و طبسی، ع. ۱۳۹۴. اثر پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک بر جوانه زنی بذر شبدر سفید و قرمز تحت شرایط تنش شوری. تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۸ (۱): ۱۳۰-۱۲۷.
- Arnon, D. I. 1967. Copper enzyme in isolated chloroplast and polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24 (1): 15-20.
- Ashraf, M. and Oleary, M. W. 1996. Response of some newly developed salt tolerant genotypes of spring wheat to salt stress. I. yield components and ion distribution. Journal of agronomy and crop science, 176: 91-101.
- Ashraf, M. and Tufail, M. 1995. Variation in salinity tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Agronomy and Soil Sciences, 174: 351-362.
- Beltrano, J. and Ronco, M. G. 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: effect on growth and cell membrane stability. Brazilian Journal of Plant Physiology, 20: 29-31.
- Dolatabadian, A. and Saleh Jouneghani, R. 2008. Impact of exogenous ascorbic acid on antioxidant activity and some physiological traits of common bean subject to salinity stress. Notulae Botanica Hortae Agrobotanicae, 37: 165-172.
- Ebrahimian, E. and Bybordi, A. 2012. Effect of salinity, salicylic acid, silicium and ascorbic acid on lipid peroxidation, antioxidant enzyme activity and fatty acid content of sunflower. African Journal of Agricultural Research, 7 (25): 3685-3694.
- El-Tayeb, M. A. 2005. Response of barley gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation, 45: 215-225.
- Geholt, H. S., Purohit, A. and Shekhawat, N. S. 2005. Metabolic changes and protein patterns associated with adaptation to salinity in *Sesamun indicum* cultivars. Journal of Cell and Molecular and Biological, 4: 31-39.
- Hao, J. H., Dong, C. J. Zhang Z. G., Wang, X. L. and Shang, Q. M. 2012. Insights into salicylic acid responses in cucumber (*Cucumis sativus* L.) cotyledons based on a comparative proteomic analysis. Plant Science, 187: 69- 82.
- He, Y. and Zhu, Z. J. 2008. Exogenous salicylic acid alleviates NaCl toxicity and increases antioxidative enzyme activity in *Lycopersicon esculentum*. Biological Plantarum, 4: 792- 795.
- Heath, R. L. and Pacher, L. 1968. Photo peroxidation in isolated chloroplast Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Arch Biochemical Biophysics, 125: 189-198.
- Ho, S., Chao, Y., Tong, W. and Yu, S. 2001. Sugar coordinately and differentially regulates growth and stress-related gene expression via a complex signal transduction network and multiple Control mechanisms. Plant Physiology, 46: 281-285.
- Hoagland, D. R. and Arnon, D. I. 1950. The water- culture for growing plants without soil. Berkeley, Calif. : College of Agriculture, University of California, 39 p.
- Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiological Plantarum, 84: 55-60.
- Khadri, M., Tejera, N. and Liuch, C. 2006. Alleviation of salt stress in common bean (*phaseolus vulgaris*) by exogenous abscisic acid supply. Journal of Plant Growth Regulation, 25: 110-119.
- 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.
- Mostajeran, A. and Rahimi, V. 2009. Effects of drought stress on growth and yield of Rice (*Oryz sativa* L.) cultivars and accumulation of prolin and soluble sugars. American Eurasian Journal Agriculture and Environment Science, 5: 264-272.
- Paknejad, F., Nasri, M., Tohidi Moghadam, H. R., Zahedi, H. and Jami Alahmad, M. 2007. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. Journal of Biological Science, 7 (6): 841-847.
- Paquine, R. and Lechasseur, P. 1979. Observations sur une methode de dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. Canadian Journal of Botany, 57: 1851-1854.
- Patterson, B., Macrae, E. and Ferguson, I. 1984. Estimation of hydrogen peroxide in plant extracts using titanium (IV). Analytical Biochemistry, 139: 487-492.
- Shakirova, F. M., Sakhabutdinova, A. R., Bezrukova, M. V., Fatkhutdinova, R. A. and fatkhutdinova, D. R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedling induced by salicylic acid and salinity. Plant Science, 164: 317-322.
- 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 (3): 473-478.
- Upadhyaya, H. and Panda, S. K. 2004. Responses of *Camellia sinensis* to drought and rehydration, Biologia Plantarum, 48: 597-600.

The Effect of Ascorbic Acid and Salicylic Acid on some Physiological Characteristics of Safflower Under Salinity Stress

Jafari¹, L., Yadavi^{2*}, A., Movahedi Dehnavi³, M., Balouchi⁴, H. and Maghsoudi⁵, E.

Abstract

In order to investigate the effect of different levels of ascorbic acid and salicylic acid on physiological characteristics of safflower (Sofeh cv.) under salinity stress, a pot experiment was conducted in research greenhouse of agronomy and plant breeding department of Yasouj university in 2012. This experiment was carried out as a factorial in based on completely randomized design with three replications. Experimental factors consisted of salinity with three levels (0, 90 and 180mM NaCl) and foliar application with five levels including salicylic acid (0.5 and 1mM), ascorbic acid (200 and 400ppm) and control (without foliar application). The results indicated that increasing the salt concentration (Sodium chloride) lead to decreased total chlorophyll content, relative water content and potassium of leaf and increased prolin, soluble carbohydrate, electrolyte leakage, malondialdehyd and sodium of leaf. Foliar application of 400 ppm ascorbic acid and 0.5 and 1mM salicylic acid increased prolin, soluble carbohydrate, chlorophyll and potassium of leaf and decreased electrolyte leakage, malondialdehyd and sodium of leaf significantly but it had not effect on relative water content of leaf. Based on obtained result can stated that foliar by salicylic acid and ascorbic acid via increasing prolin and soluble carbohydrate and also decreased electrolyte leakage and sodium of leaf caused moderate the adverse effects of salinity stress on the safflower.

Keywords: Potassium, Prolin, Sodium, Chlorophyll, Relative water content

1, 2, 3, 4 and 5. MSc Graduated, Associate Professors and PhD Student, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran

*: Corresponding author

Email: Yadavi@yu.ac.ir