تأثیر اسیدسالیسیلیک بر برخی صفات کمی، کیفی و رشد گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت تنش شوری

مهدی افشار [۱] و علیرضا لادن‌مقدم [۲*]

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی‌ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران، mehdi1987.afshar@gmail.com

۲*- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران، dr.ladan91@yahoo.com

Evaluation the effect of Salicylic acid on some quantitative, qualitative and growth on salt stress in Basil(*Ocimum basilicum L.*) *plant*

Mehdi Afshar[1] and Ali Reza Ladan Moghadam[2*]

1- Graduated MS.c, Department of Horticulture, Agriculture college, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran, mehdi1987.afshar@gmail.com

2*- Assistant Professor, Department of Horticulture, Agriculture college, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran, dr.ladan91@yahoo.com

چکیده

تحقیقات زیادی در زمینه مهار تنش شوری در گیاهان صورت گرفته است. در این پژوهش به منظور بررسی اثرات محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در مهار تنش شوری در رشد و عملکرد گیاه ریحان، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ تیمار، ۳ تکرار و هر تکرار حاوی ۵ گیاه، انجام شد. کلرید سدیم با دو غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و همچنین اسیدسالیسیلیک در دو سطح ۱ و ۲ میلی‌مولار بکاررفت. آب مقطر نیز به عنوان شاهد استفاده گردید. محلول‌پاشی با اسیدسالیسیلیک و آبیاری خاکی با محلول کلرید پتاسیم (۲۰۰ میلی‌لیتر به ازای هر گلدان) به مدت یک هفته هر دو روز یک‌بار انجام شد. صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه مانند وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، کلروفیل کل برگ، ویتامین ث، پرولین و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که تیمار اسیدسالیسیلیک ۲ میلی‌مولار بیشترین تأثیر را در بهبود صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی داشت و نتایج در سطح ۱ درصد معنی‌دار شدند.

کلمات کلیدی: اسیدسالیسیلیک، پرولین، ریحان، سوپراکسید دیسموتاز

Abstract

Many researches have been done on the inhibition of salt stress in plants. In this study was to evaluate the effect of foliar application of salicylic acid in inhibition of salt stress on plant growth and yield Basil, an experiment were done in a completely randomized design with 9 treatments, 3 replicates each containing 5 plants. Sodium chloride at a concentration of 50 and 100 mg per liter and also salicylic acid in both Level 1 and 2 mM was used. Distilled water is used as the control. Salicylic acid spraying and soil iirigation with potassium chloride solution (200 mL per pot) was conducted for one week every two days. Morphological and physiological traits such as fresh and dry weight of shoot and root, leaf chlorophyll content, vitamin C, proline and superoxide dismutase activity was evaluated. The results showed that treatment with salicylic acid 2 mM greatest impact on improving the morphological and physiological traits and all of results were significant at 1% level. Also the correlations between all traits at 1% level statistically, were significant.

Key words: Basil, Prolin, Salcylic acid, Superoxide dismutase

فصلنامه زیست شناسی سلولی و مولکولی گیاهی

سال ۱۳۹۴، دوره ۱۰، شماره ۱ و ۲، صص ۴۳-۳۵

مقدمه و کلیات

ریحان (*Ocimum basilicum L.*) یکی از گیاهان مهم متعلق به تیره نعناع (Lamiaceae) است که اکوتیپ‌های آن تنوع مورفولوژیکی زیادی دارند. این جنس شامل حداقل ۶۰ گونه و تعداد زیادی واریته بوده و بطور وسیعی در خاور دور به ویژه در چین و هند استفاده می‌گردد. محل اصلی رشد و تکثیر این گیاه نواحی استوایی قاره آفریقا است. امروزه بیشتر در کشورهای حوزه دریای مدیترانه در باغ‌ها و مزارع کشت می‌شود. بعضی از محققین معتقدند که ریحان بومی ایران، افغانستان و هند بوده و از قدیم نیز به پرورش آن در مصر اقدام شده است. این گیاه در اغلب نواحی ایران کشت می‌شود. به علاوه به حالت نیمه‌وحشی نیز در بعضی نواحی دیده شده است. برگ و سرشاخه‌های جوان آن به مصرف تغذیه می‌رسد ولی برای اسانس‌گیری از آن باید کلیه قسمت‌های گیاه تازه را مورد استفاده قرار داد (امیدبیگی، ۱۳۷۹). افزایش شوری در خاک موجب کاهش رشد و میزان عملکرد اقتصادی می‌گردد. شوری بر تمام فرآیندهای اصلی مانند رشد، فتوسنتز، سنتز پروتئین، متابولیسم لیپید و تولید انرژی تأثیرگذار است. در نتیجه، تمام مراحل زندگی گیاه، از جوانه‌زنی تا تولید بیوماس و دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. گیاه، تحت شوری بالا آسیب می‌بیند و غلظت زیاد نمک موجب کاهش رشد ریشه و جوانه، کاهش عملکرد و مرگ گیاه می‌شود که مهمترین واکنش گیاه به افزایش شوری خاک، توقف رشد رویشی گیاه و توسعه برگ است. همچنین مطالعات بیوشیمیایی نشان داده که تحت تنش شوری در گیاهان، تعدادی از ترکیبات آلی محلول‌های سازگارکننده تجمع می‌یابد که این ترکیبات، تداخلی در فرآیندهای بیوشیمیایی وارد نمی‌کنند. از این ترکیبات می‌توان به انواعی از کربوهیدرات‌های محلول (مانیتول، ساکارز، رابینوز و الیگوساکاریدها) و ترکیبات نیتروژنه (اسیدآمینه پرولین و گلایسین بتائین) اشاره کرد. ترکیبات سازگارکننده نقش مهمی در بهبود تنظیم اسمزی در گیاهان تحت تنش دارند. تجمع ترکیبات و محلول‌های سازگار تحت تنش شوری، واکنش طبیعی گیاه است (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). اسیدسالیسیلیک برای اولین‌بار در سال ۱۸۳۸ از سالیکس استخراج شد. در طول قرن نوزدهم از برخی از گیاهان سالیسیلات‌های دیگری مثل متیل استرها و گلوکوزیدها استخراج شده‌اند که به آسانی به اسیدسالیسیلیک تبدیل می‌شوند. اسیدسالیسیلیک یا ارتوهیدروکسی بنزوئیک یک ترکیب فنلی است که در طبیعت وجود داشته و در برخی بافت‌های گیاهی هم به فراوانی یافت می‌شود (Zhigang *et al*, 2007). در نهایت در سال ۱۹۹۰، اسیدسالیسیلیک به عنوان یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی معرفی شد. ولی هنوز نقش هورمونی این ترکیب شناخته نشده و برخی آن را به عنوان یک مولکول علامت دهنده می‌شناسند. به هر حال خواص فیزیکی اسیدسالیسیلیک نشان می‌دهد که می‌تواند انتقال یافته و به صورت متابولیزه تبدیل شود (Vasykova *et al*, 2007). اسیدسالیسیلیک و ترکیبات متعلق به آن از مشتقات فنل‌های گیاهی می‌باشند که معمولاً در آب و حلال‌های قطبی آلی به صورت محلول هستند. یکی از آنالوگ‌های این ترکیب استیل اسیدسالیسیلیک (آسپرین) است که پس از جذب به سرعت به اسیدسالیسیلیک تبدیل می‌شود. یکی دیگر از مشتقات اسیدسالیسیلیک، متیل اسیدسالیسیلیک است که استر نیمه فرار بنزوئیک‌اسید بوده و این ترکیب در اتمسفر به سرعت جذب گیاهان شده و در سیگنال‌های ارتباطی بین سلول‌ها، گیاهان، حیوانات و میکروارگانیزم‌ها شرکت می‌کند (Hayat and Ahmad, 2007). فرجی‌آرمان و همکاران در سال ۱۳۹۲ به منظور بررسی جوانه‌زنی بومادران کبیر در سطوح مختلف تنش شوری و خشکی دو آزمایش جداگانه انجام دادند. برای آزمایش شوری از ۴ سطح غلظت NaCl (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ میلی‌مولار) با ۳ تکرار و برای تنش خشکی از ۵ سطح غلظت PEG(صفر، ۱۰٪، ۱۵٪، ۲۰٪ و ۲۵٪) با ۳ تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. نتایج نشان داد که با افزایش تنش شوری و خشکی بطور معنی‌داری از سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول ساقه چه

کاسته شد. بهترین محدوده رطوبتی برای جوانه‌زنی بذرهای بومادران کبیر شرایط عدم تنش تا غلظت PEG٪۲۰ تعیین گردید. به نظر می‌رسد که طول ساقه‌چه در بین سایر صفات از حساسیت بالاتری نسبت به تنش شوری و خشکی برخوردار بود. علاوه بر آن مشاهده گردید که در بین تیمارهای اعمال شده جوانه‌زنی بذرهای بومادران کبیر تا حدودی شرایط تنش شوری را بهتر از شرایط خشکی تحمل می‌کند. همچنین به منظور بررسی تأثیر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک، میزان اسانس و انباشت عناصر در گیاه دارویی ریحان تحت شرایط کشت هیدروپونیک، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی روی سه توده سبز جهرم، بنفش و سبز اصفهان (قهجاورستان) با پنج سطح شوری کلرید سدیم (صفر، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار) و سه تکرار در شرایط کنترل شده گلخانه انجام شد. نتایج حاصل حاکی از کاهش معنی‌دار در ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه با افزایش سطح شوری بود. توده بنفش دارای بیشترین بیومس نسبت به دو توده دیگر بود. هم‌چنین، با افزایش سطح شوری، میزان یون سدیم در اندام هوایی گیاه و ریشه افزایش یافت. در صورتی‌که میزان یون‌های Ca_2+ و K^+ و نسبت‌های Ca_2^+/Na^+ و K^+/Na^+ در اندام هوایی و ریشه کاهش نشان دادند. در هر سه توده، مقدار این نسبت‌ها در اندام هوایی بیشتر از ریشه بود. میزان اسانس با افزایش سطح تنش افزایش پیدا کرد. البته افزایش اسانس در سطوح شوری بالا به‌دلیل کاهش شدید بیوماس حائز اهمیت نیست. ولی در سطوح شوری متوسط این افزایش اسانس می‌تواند با توجه به مقدار بیوماس تولیدی جبران کننده باشد. در بین ارقام، توده سبز جهرم دارای بیشترین میزان اسانس بود (آرچنگی، ۱۳۹۳). هاشمی و همکاران نیز در سال ۱۳۸۹ پژوهشی پیرامون اثرات پیش تیمار بذر شاهی توسط اسیدسالیسیلیک بر رشد و برخی از شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی انجام دادند. شاهی با غلظت‌های ۰، ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک پیش‌تیمار شد. مطالعه نشان داد در گیاهان تیمار شده با اسیدسالیسیلیک ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار، طول ساقه و ریشه افزایش یافت. علاوه بر این محتوای پراکسیدهیدروژن در تیمارهای ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار در مقایسه با شاهد افزایش نشان دادند. تیمار ۰/۰۱ میلی‌مولار جذب روی و منگنز را نسبت به شاهد افزایش داد، در حالیکه محتویات کارتنوئید و آنتوسیانین در غلظت‌های ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار نسبت به شاهد کاهش یافتند. فعالیت آنزیم کاتالاز و محتوای مالون‌دی‌آلدئید در غلظت‌های ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک نسبت به شاهد کاهش یافت. نتایج مشخص نمود که اسیدسالیسیلیک سبب افزایش طول ساقه می‌شود. بالاترین مقدار طول ساقه در تیمار ۰/۱ میلی‌مولار بوده است. تیمارهای ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک موجب افزایش طول ریشه نسبت به شاهد گردید. افزایش غلظت اسیدسالیسیلیک موجب کاهش معنی‌دار آنتوسیانین گیاه شد. غلظت ۰/۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک کمترین غلظت را به خود اختصاص داد و در بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. تیمار ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک موجب کاهش کارتنوئید نسبت به شاهد شد و کمترین محتوی مربوط به تیمار ۰/۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک بود، همچنین افزایش اسیدسالیسیلیک موجب کاهش معنی‌دار مالون‌دی‌آلدئید در گیاه شد. تیمار ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک موجب افزایش محتوای پراکسیدهیدروژن نسبت به شاهد گردید و بالاترین میزان مربوط به تیمار ۰/۰۵ میلی‌مولار بود. تیمار ۰/۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک موجب افزایش جذب روی در گیاه نسبت به شاهد شد. با افزایش غلظت اسیدسالیسیلیک جذب منگنز افزایش یافت. بالاترین غلظت منگنز در تیمار ۰/۱ میلی‌مولار و پائین‌ترین غلظت در شاهد دیده شد. اسیدسالیسیلیک نقش مهمی در رشد گیاه دارد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که پیش‌تیمار بذر شاهی با اسیدسالیسیلیک اثر

مثبتی بر رشد ریشه و ساقه شاهی داشته است. اسیدسالیسیلیک با افزایش محتوای پراکسیدهیدروژن، موجب کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز شده و در ادامه موجب کاهش پراکسیداسیون لیپید می‌گردد. همچجنین کریمی و همکاران در سال ۱۳۹۰ پژوهشی به منظور بررسی اثر گلوکز و اسیدسالیسیلیک بر جوانه‌زنی گیاهان شنبلیله و تربچه انجام دادند. اسیدسالیسیلیک در غلظت‌های ۰، ۲، ۴ و ۶ گرم در لیتر و گلوکز در غلظت ۰، ۲، ۴ و ۶ گرم در لیتر مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تأثیر غلظت‌های مختلف گلوکز بر جوانه‌زنی بذور هر گیاه به مراتب بهتر از غلظت‌های اسیدسالیسیلیک بوده است. با این حال همه تیمارها اثر مثبتی بر جوانه‌زنی بذور نسبت به تیمار شاهد داشتند و در این رابطه اثرات مثبت کاربرد این مواد به عنوان پیش‌تیمار در شنبلیله نسبت به تربچه واضح‌تر بوده است. همچنین غلظت ۶ گرم در لیتر گلوکز بیشترین اثر مثبت بر جوانه‌زنی بذور را داشت و در این رابطه اثرات مثبت کاربرد این ماده به عنوان پیش‌تیمار در شنبلیله و نسبت به تربچه در شرایط شوری آب واضح‌تر بوده است. آزمایشی نیز به منظور بررسی واکنش گیاه بابونه کبیر به کاربرد اسیدسالیسیلیک به صورت محلول‌پاشی در غلظت‌های (۴۵۰ppm-۳۰۰-۱۵۰-۰) روی قسمت‌های هوایی گیاه مورد ارزیابی قرار گرفت. اسیدسالیسیلیک ارتفاع گیاه، ارتفاع ساقه گلدهنده، تعداد پاجوش‌ها، تعداد گل، قطر گل، سطح برگ، میزان کلروفیل، وزن تر و خشک گیاه و همچنین میزان اسانس را افزایش داد. در مرحله تمام گل اندام‌های هوایی گیاه پس از خشک کردن در دمای محیط (در سایه) به روش تقطیر با آب و با بکارگیری دستگاه کلونجر اسانس‌گیری شد. بازده اسانس در تیمار ۳۰۰ppm اسیدسالیسیلیک ۰/۶۶٪ بدست آمد که نسبت به سایر تیمارها افزایش قابل ملاحظه‌ای نشان داد. ترکیب‌های متشکله اسانس بوسیله دستگاه‌های GC و GC/MS مورد بررسی قرارگرفت که از بین ترکیب‌های شناسایی شده در تمامی تیمارها کامفور (۶۹/۵۶-۳/۵۲٪)، کریزانتنیل استات (۵۵/۲۹٪-۳۸/۲۴)، کامفن (۰۷/۸٪-۷/۶)، پی- سیمن (۲/۵٪-۸/۳) و آلفا- پینن (۷۳/۱٪-۴/۱) بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند (نجفیان و همکاران، ۱۳۸۸). حاجی‌حسنی و همکاران در سال ۱۳۹۲ تحقیقی برای بررسی اثر اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش شوری بر برخی خصوصیات فیزیولوژی گیاه اسطوخودوس انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو تیمار اسیدسالیسیلیک در ۴ سطح ppm ۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ و NaCl در ۴ سطح ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار در سه تکرار انجام شد. س اسیدسالیسیلیک به صورت محلول‌پاشی برگی و در ۳ مرحله به فواصل ۷ روز یکبار و یک هفته پس از استقرار گیاهان در بستر جدید انجام شد. نتایج نشان داد که تنش شوری در سطح ۳ و یک میلی‌مولار بر افزایش مقدار پرولین و نشت الکترولیت برگ بیشتر از سایر غلظت‌ها اثر گذاشته و اسیدسالیسیلیک نیز در غلظت ۳۰۰ppm بیشتر از سایر غلظت‌ها موجب افزایش پرولین و کاهش نشت الکترولیت شد ولی تیمار شوری و اسیدسالیسیلیک تأثیر معنی‌داری روی محتوای نسبی آب برگ نداشتند. در مجموع نتایج حاصل نشان داد که محلول‌پاشی برگی اسیدسالیسیلیک در مناطق مستعد به شوری می‌تواند موجب مقاومت گیاه اسطوخودوس در برابر تنش شود.

فرآیند پژوهش

به منظور مطالعه اثرات محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در مهار تنش شوری در رشد و عملکرد گیاه ریحان، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ تیمار، ۳ تکرار و هر تکرار حاوی ۵ گیاه، انجام شد. کلرید سدیم با دو غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و همچنین اسیدسالیسیلیک در دو سطح ۱ و ۲ میلی‌مولار بکار رفت. آب مقطر نیز به عنوان شاهد استفاده گردید. محلول‌پاشی با اسیدسالیسیلیک و آبیاری خاکی با محلول کلرید پتاسیم (۲۰۰ میلی‌لیتر به ازای هر گلدان) به مدت یک هفته هر دو روز یک‌بار انجام شد. سپس در مرحله مناسب

برداشت، نمونه‌برداری و ارزیابی صفات مورد نظر انجام شد. صفات مورد ارزیابی شامل:

وزن تر اندام هوایی و ریشه: وزن تر اندام هوایی و ریشه در روز معین توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ توزین گردید (Clicle, 2002).

وزن خشک اندام هوایی و ریشه: وزن خشک اندام هوایی و ریشه در روز معین پس از ۷۲ ساعت قرارگیری در دمای ۶۰ درجه‌سانتیگراد، توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ توزین گردید (Clicle, 2002).

کلروفیل کل برگ: برای سنجش کلروفیل برگ از روش Arnon در سال ۱۹۴۹ استفاده شد. ابتدا قطعات ۰/۳ گرمی از برگ را جدا و در حلال استون ۸۰ درصد در داخل هاون چینی سائیده و ترکیب حاصل به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه‌سانتیگراد قرار داده شد. سپس جذب در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ قرائت گردید و برای محاسبه محتوای کلروفیل از فرمول زیر انجام و در نهایت بصورت میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بیان گردید.

Total Cl=20/2(A645 nm)+8/02(A645 nm)

ویتامین ث: ویتامین ث موجود در گیاه به روش تیتراسیون دو مرحله‌ای اکسیداسیون- احیا اندازه‌گیری شد. مقدار ویتامین ث به صورت گرم در لیتر محاسبه و سرانجام به صورت میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر گزارش شد. عمل تیتراسیون با محلول حاوی غلظت های مشخص از ویتامین ث استاندارد (۱۰، ۲۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) تکرار شده و پس منحنی استاندارد رسم گردید (ابراهیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲).

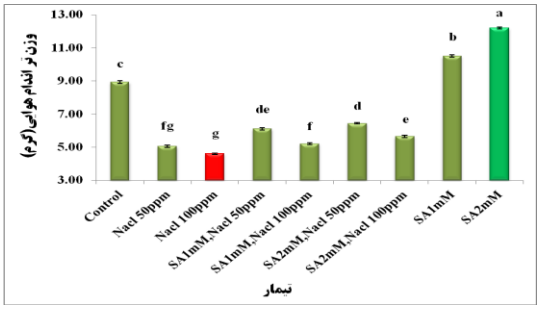
پرولین: برای اندازه‌گیری پرولین از روش (Bates *et al*, 1973) استفاده شد. استانداردهای پرولین محلول در فاز تولوئن را به اندازه لازم در کووت دستگاه اسپکتروفتومتر ریخته و مقدار پرولین را در صول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت کرده و منحنی استاندارد رسم شد. سپس میزان جذب در نمونه‌های گیاهی را قرائت کرده و با قرار دادن در معادله خط مقدار پرولین بدست آمد.

آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: ابتدا تهیه عصاره آنزیم بر اساس روش Ezhilmathi و همکاران در سال ۲۰۰۷ از یک گرم گلبرگ انجام گرفت و سپس فعالیت این آنزیم بر اساس باز داشتن احیاء فتوشیمیایی Nitro-blue tetrazolium (NBT) به روش Bayer and Fridovich در سال ۱۹۸۷ اندازه‌گیری شد. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بر اساس واحد آنزیم بر گرم وزن تر گلبرگ بیان شد. یک واحد آنزیم سوپراکسید دیسموتاز تعریف می‌شود به مقداری از آنزیم که نیاز است ۵۰٪ بازدارندگی احیاء NBT را در طول موج ۵۶۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر انجام دهد.

اطلاعات مورد نظر پس از اندازه‌گیری وارد نرم‌افزار Excel شده و توسط نرم‌افزار آماری SPSS آنالیز داده‌ها انجام گردید. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱٪ و ۵٪ ارزیابی شد. برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

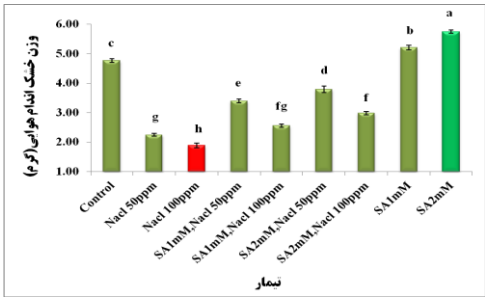
وزن تر اندام هوایی: تیمار SA 2mM با ۱۲/۲۲ گرم، بیشترین و تیمار Nacl 100ppm با ۴/۶۱ گرم، کمترین وزن تر اندام هوایی را دارند (نمودار ۱).



نمودار ۱: تغییرات وزن تر اندام هوایی

Table 1: Shoot fresh weight changes

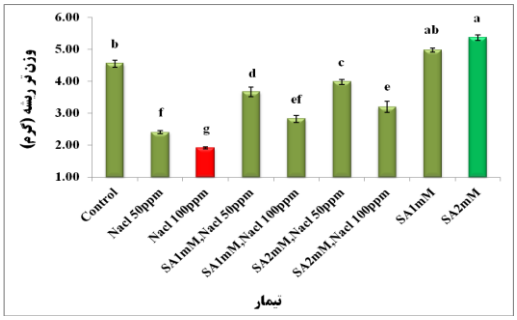
وزن خشک اندام هوایی: تیمار SA 2mM با ۵/۷۵ گرم، بیشترین و تیمار Nacl 100ppm با ۱/۸۹ گرم، کمترین وزن خشک اندام هوایی را دارند (نمودار ۲).



نمودار ۲: تغییرات وزن خشک اندام هوایی

Table 2: Shoot dry weight changes

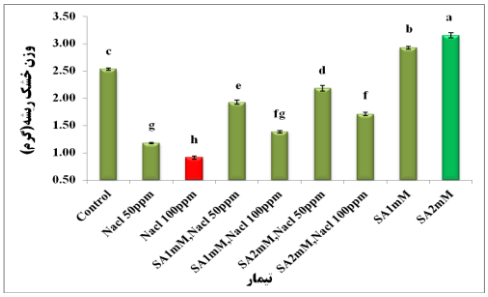
وزن تر ریشه: تیمارSA 2mM با ۵/۳۶ گرم، بیشترین و تیمار Nacl 100ppm با ۱/۹۲ گرم، کمترین وزن تر ریشه را دارند (نمودار۳).



نمودار ۳: تغییرات وزن تر ریشه

Table 3: Root fresh weight changes

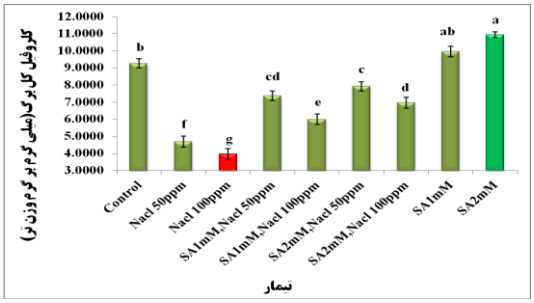
وزن خشک ریشه: تیمارSA 2mM با ۳/۱۵ گرم، بیشترین و تیمار Nacl 100ppm با ۰/۹۱ گرم، وزن خشک ریشه را دارند(نمودار۴).



نمودار ۴: تغییرات وزن خشک ریشه

Table 4: Root dry weight changes

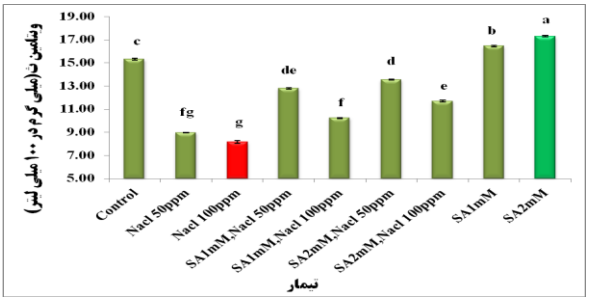
کلروفیل کل برگ: تیمار SA 2mM با ۱۰/۹۴۱۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ، بیشترین و تیمار Nacl 100ppm با ۳/۹۶۹۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ، کمترین کلروفیل کل برگ را دارند (نمودار ۵).



نمودار ۵: تغییرات کلروفیل کل برگ

Table 5: Leaf total chlorophyll changes

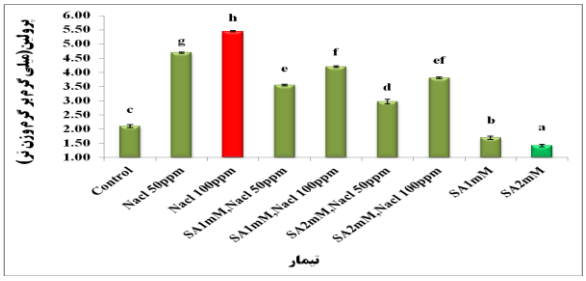
ویتامین ث: تیمار SA 2mM با ۱۷/۳۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر، بیشترین و تیمار Nacl 100ppm با ۸/۱۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر، کمترین ویتامین ث را دارند (نمودار ۶).



نمودار ۶: تغییرات ویتامین ث

Table 6: Vitamin C changes

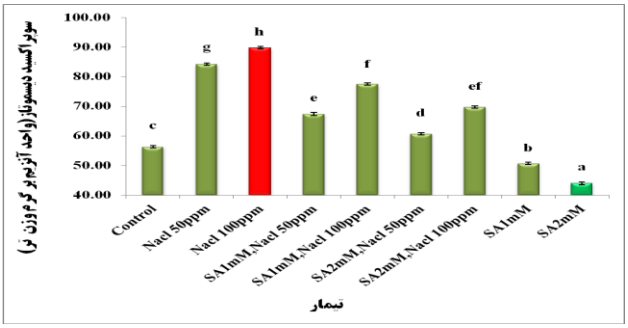
پرولین: تیمار Nacl 100ppm با ۵/۴۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، بیشترین و SA 2mM با ۱/۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، کمترین پرولین را دارند (نمودار ۷).



نمودار ۷: تغییرات پرولین

Table 7: Poline changes

آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: تیمار Nacl 100ppm با ۸۹/۸۱ واحد آنزیم بر گرم وزن تر، بیشترین و تیمار SA 2mM با ۴۳/۹۶ واحد آنزیم بر گرم وزن تر، کمترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را دارند (نمودار ۸).



نمودار ۸: تغییرات فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

Table 8: Superoxide dismutase enzyme activity changes

شوری میزان انرژی لازم برای حفظ شرایط طبیعی سلول را افزایش می‌دهد و در نتیجه مقدار انرژی کمتری برای رشد باقی می‌ماند. بنابراین گیاهان در شرایط شوری بطورکلی ضعیف‌تر بوده و برگ‌های کوچکتری نسبت به گیاه معمولی دارند. در شرایط شوری با افزایش فشار اسمزی محیط، رشد رویشی گیاهان کاهش می‌یابد. کاهش سطح برگ در اثر شوری یا در نتیجه کاهش تعداد برگ در اثر کاهش مقدار فتوسنتز و یا کاهش اندازه برگ در اثر کاهش فشار تورژسانس است. همچنین با افزایش تنش شوری میزان کارتنوئید کاهش می‌یابد که این گاهی به دلیل اکسید شدن آنها توسط اکسیژن فعال و تخریب ساختار آنها می‌باشد. افزایش تنش موجب افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن و در نتیجه افزایش فعالیت آنتی اکسیدانت‌ها و در نتیجه موجب جمع‌آوری رادیکال‌های

آزاد سمی می‌گردد (Min *et al*, 2011). اسیدسالیسیلیک یک ترکیب فنلی ساده است که در تنظیم بسیاری از فرآیندهای رشد و نمو گیاه نقش ایفا می‌کند. این ماده به عنوان یک ترکیب فنلی فراگیر در قلمرو گیاهی تعدادی از فرآیندهای فیزیولوژی را در گیاه تنظیم می‌نماید. خصوصات فیزیولوژی اسیدسالیسیلیک برای حرکت در بافت آبکش گیاه ایده‌آل است، از این رو علاوه بر اینکه بطور فعال در گیاه حرکت کرده، وارد چرخه متابولیکی شده یا به شکل غیرآزاد در می‌آید، می‌تواند به سرعت از نقطه تماس با گیاه یا محل سنتز به بافت‌های دورتر حرکت کند. برخی از مواد شیمیایی از جمله اسیدسالیسیلیک به عنوان مولکول‌های نشانگر اثر مطلوبی بر رشد و گسترش گیاه دارند. همچنین، اسیدسالیسیلیک تأثیر تنظیمی در فعال کردن مسیرهای بیوشیمیایی وابسته به مکانیسم‌های تحمل به تنش در گیاه را دارا می‌باشد. امروزه اسیدسالیسیلیک به عنوان یک ماده تنظیم‌کننده رشد گیاهی شناخته می‌شود، زیرا کاربرد بیرونی آن محدوده وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی رشد گیاه نظیر تبخیر و تعرق، جذب یون‌ها توسط ریشه، جلوگیری از رسیدن میوها، جلوگیری از بیوسنتز و اثر اتیلن در بافت‌های گیاهی، تنظیم زمین‌گرایی، جلوگیری از پیری برگ‌ها، باز و بسته شدن روزنه‌ها، جوانه‌زنی بذور، میزان محصول، گلیکولیز، فعال شدن ژن‌های عامل ایجاد مقاومت به بیماری‌ها و تنش‌های مختلف، فعال‌شدن مسیر جایگزین تنفس، فعال‌شدن سیستم مقاومت القایی سیستماتیک در گیاهان، گلدهی و تولید گرما را در گیاهان تحت تأثیر قرار می‌دهد. اسیدسالیسیلیک منجر به حفظ کلروفیل در گیاه شده و در گیاهان در حال رشد نیز کابرد آن منجر به افزایش کلروفیل می‌گردد (Hatfiekd *et al,* 2001). این اسید منجر به افزایش عمر گلجایی در گیاهان زینتی می‌شود و نفوذپذیری غشاء و تواوش آنتوسیانین را کاهش می‌دهد. تحقیقات نشان داده است که غلظت‌های مختلف اسیدسالیسیلیک موجب کاهش اثرات سوء تنش‌های محیطی همچون تنش خشکی و شوری در گیاهان و افزایش مقاومت سلول‌های گیاهی می‌شود. بطورکلی اسیدسالیسیلیک اثرات کلیدی در گیاهان، از جمله تأثیر در جذب عناصر غذایی، پایداری غشاء، روابط آبی، عملکرد روزنه‌ها، بازدارندگی سنتز اتیلن، افزایش رشد و افزایش مقاومت به تنش‌های گرمایی، سرمازدگی و شوری دارد. اسیدسالیسیلیک و مشتقات آن موجب جلوگیری از تولید اتیلن می‌شوند که این تأثیرات به نقش آنتاگونیستی اسیدسالیسیلیک در مقابل اثر اتیلن نسبت داده می‌شود. پژوهشگران این آثار آنتاگونیستی را به نقش اسیدسالیسیلیک در جلوگیری از تبدیل آمینوسیکلوپروپان ۱- اسیدکربوکسیلیک به اتیلن ارتباط می‌دهند. از طرفی دیگر نیز کابرد اسیدسالیسیلیک و استیل اسیدسالیسیلیک بطور موثری از تبدیل ACC به اتیلن جلوگیری می‌کند. اسیدسالیسیلیک به عنوان یک ترکیب طبیعی پتانسیل بالایی در افزایش مدت ماندگاری محصول و جلوگیری از تولید و اثر اتیلن دارد. تحقیقات نشان داده است که تیمار اسیدسالیسیلیک به وسیله جلوگیری از فعالیت آنزیم ACCسنتاز، ACCاکسیداز و همچنین کاهش در میزان اتیلن تولیدی، فرآیند رسیدن و پیری را به تأخیر می‌اندازد (Raskin, 1992).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که تیمار اسیدسالیسیلیک ۲ میلی‌مولار بیشترین تأثیر را در بهبود صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه مانند وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، کلروفیل کل برگ، ویتامین ث، پرولین و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز داشت و نتایج تجزیه واریانس در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شدند.

منابع

۱- ابراهیم‌زاده، ا. عبدوسی، و. مشهدی اکبربوجار، م. ۱۳۹۲. بررسی اثرات تنش شوری بر برخی خصوصیات کمی و کیفی گیاه حسن‌یوسف. دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد گرمسار.

۲- امیدبیگی، ر. ۱۳۷۶. رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی. انتشارات طراحان نشر، جلد دوم، صفحات ۳۰۵-۳۰۰.

۳- آرچنگی، آ. خدام‌باشی، م. ۱۳۹۳. تأثیر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک، میزان اسانس و انباشت یونی در گیاه ریحان(*Ocimum basilicum*) تحت شرایط کشت هیدروپونیک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای سال پنجم، شماره هفدهم.

۴- فرجی‌آرمان، م ه. رجبی، م. درگاهی‌خو، ا. ۱۳۹۲. بررسی اثر تنش خشکی و شوری بر جوانه‌زنی بومادران کبیر (*Achillea millefolium*). دانشگاه علمی- کاربردی شهید مدنی استان همدان.

۵- کافی، م. برزوئی، ا. صالحی، م. کمندی، ع. معصومی، ع. نباتی، ج. ۱۳۸۸. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ اول.

۶- کریمی، ا. ایران‌نژاد، ف. فیروزی، آ. نعمت‌اله ثانی، ر. ۱۳۹۰. بررسی اثر گلوکز و اسیدسالیسیلیک بر جوانه‌زنی گیاهان شنبلیله و تربچه در شرایط شوری آب. ششمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان.

۷- هاشمی، ش. اسرار، ز. پورسیدی، ش. ۱۳۸۹. اثر پیش‌تیمار بذر توسط اسیدسالیسیلیک بر رشد و برخی از شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در شاهی. مجله زیست‌شناسی گیاهی ایران. سال ۲. شماره ۲.

8- Arnon, DI., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in vulgaris. Plant Physiol., 24(1):1–15.

9 - Bates, L S. Waldren, R P. Teare, I D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. Volume 39, pp 205–207.

10- Bayer, W.F and I. Fridovich.1987. Assaying for superoxide dismutase activity: some large consequences of minor changes in condition. Annals Biochem. 161:559–566.

11- Celicel, F.G and M.S. 2002. Postharvest handling of stock(*Matthiola incana*). Hort. Sci. 37: 144-147.

12- Ezhilmathi, K., V.P. Singh, A. Arora and R.K. Sairam.2007. Effect of 5-sulfosalicylic acid on antioxidant activity in relation to vase life of *Gladiolus* cut flowers. Plant growth regul. 51:99-108.

13- Hatfiekd, R and W, vermerris. 2001. Lignin formation in plants. The dilemma of linkage specificity. Plant Physiol. 126: 1351-1357.

14- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M and A, Ahmad. 2010. Effect of exogenous SA under changing environment. A review. Environmental and Experimental Botany. 68(1): 14-25.

15- Hayat, A. and Ahmad, teds,2007. Salicylic Acid. A plant Hormon, Salicylic acid: biosynthesis, metabolisms and physiological role in plants.

16- Min, B.L and Feng, Liu. 2011. Salinity-induced oxidative stress and regulation of antioxidant defense system in the marine macroalga Ulva prolifera, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 409(1): 223-228.

17- Vasyukova, N.I. and Ozeretskovskaya, O.L, 2007. Induced in plant Resistance and salicylic acid:Areview 439(4):367-373.

18- Zhigang, Li., Wang, Xu., Chen, F.and HyuJin, Kim, 2007. Chemical changes and overexpressed genes in sweet basil(Ocimum basilicum L).Upon methyljasmonate treatment.Journal of Agriculture And Food Chemistry 55(3):706-713.