مقاله پژوهشی

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال شانزدهم، شماره ۶۲، تابستان ۱۴۰۰ / صفحات: ۱۵۰-۱۳۹
Doi: 10.30495/iper.2021.679545 ***Dor: 20.1001.1.76712423.1400.16.62.10.0***

بررسی اثر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهچه‌های پسته (*Pistacia vera* L.) رقم اکبری تحت تنش شوری

کبری مهدویان*

گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۲/۰٤ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۵/۰٤

چکیده

سالیسیلیک اسید، یک تنظیم کننده رشد گیاهی است که در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی و پاسخ گیاه به شرایط نامطلوب زیستی از قبیل شوری، نقش دارد. در تحقیق حاضر سعی شده است تا تاثیر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید، شوری و برهمکنش آنها بر پارامترهای مورفولوژیکی و بیوشیمیایی در پسته بررسی شود. شوری با غلظت‌های صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار و سالیسلیک اسید با غلظت‌های صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار به صورت محلول‌پاشی در یک طرح کاملاً تصادفی، به صورت فاکتوریل در سال ۱۳۹۸ در شرایط گلخانه‌ای مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که شوری باعث کاهش معنی‌دار رشد اندام هوایی و ریشه، کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، هم‌چنین کاهش کلروفیل، کاروتنوئید و آنتوسیانین شد؛ در حالی که در گیاهان پیش تیمار شده با سالیسیلیک اسید، اثر شوری را بر پارامترهای یاد شده تعدیل کرد. با بررسی مطالب فوق می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد سالیسیلیک اسید، باعث افزایش تحمل‌پذیری گیاه در برابر تنش شوری گشت.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، پسته، پارامترهای رشد، کلروفیل، کاروتنوئید، شوری

مقدمه

گیاهان در معرض تنش‌های مختلف محیطی قرار دارند، که اغلب به کاهش رشد و عملکرد گیاه منجر می‌شود. تنش شوری یکی از متداول‌ترین تنش‌هایی است که باعث آلودگی خاک و آب در سراسر جهان می‌شود. سالیسیلیک اسید، یک هورمون گیاهی است و اثرهای بهبود دهنده‌اش در برابر تنش‌های غیرزیستی مانند شوری ثابت شده است. شوری تاثیر منفی بر روی عملکرد محصول دارد که سبب بر هم زدن تعادل یونی گیاهان شده و در نتیجه منجر به کاهش جذب عناصر معدنی، رشد و عملکرد گیاه می‌شود. تجمع بیش از حد یون‌های سدیم منجر به کاهش محتوای نسبی برگ شده و در نتیجه نشت الکترولیت‌ها را افزایش می‌دهد (Ha-Tran et al., 2021; Ahmad et al., 2015). غلظت‌های بالا و طولانی مدت تنش شوری منجر به استرس ثانویه معروف به استرس اکسیداتیو می‌شود. استرس اکسیداتیو با تولید گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) ایجاد شده است، و بسیار واکنش‌پذیر هستند و می‌توانند به مولکول‌های زیستی و سایر فعالیت‌های آنزیمی سلول آسیب برسانند (Ors et al., 2021). طبیعت گیاهان به سیستم‌های دفاعی مختلف مجهز شده است که شامل پرولین، گلیسین بتائین و کاروتنوئیدها است (Ahanger and Agarwal, 2017; Ahmad et al., 2016; Ahmad et al., 2015).

*نویسنده مسؤل: k.mahdavian@pnu.ac.ir

برخی مواد از جمله سالیسیلیک اسید، همچنین ارتو هیدروکسی بنزوئیک اسید، باعث کاهش آثار سوء تنش شوری در گیاهان می‌شوند (Mahdavian, 1396). سالیسیلیک اسید یک فیتوهورمون برای تنظیم رشد گیاه، فتوسنتز و سایر فرایندهای متابولیکی است. جدای از این سالیسیلیک اسید گزارش شده است که مکانیسم‌های تحمل به تنش‌های غیر زیستی مختلف را افزایش می‌دهد (Kaya et al., 2002; Khan et al., 2011; Ahmad et al., 2014). همچنین Kaya و همکاران نیز کاهش تنش شوری را با استفاده از سالیسیلیک اسید گزارش دادند (Kaya et al., 2002). نقش مثبت سالیسیلیک اسید تحت تنش ممکن است به علت افزایش جذب آب و مواد معدنی و ترمیم فتوسنتز، ثبات غشایی و غیره باشد (Ahmad et al., 2011). سالیسیلیک اسید یک ملکول سیگنالی است و می‌تواند با مسیرهای سیگنالی ROS در تعامل باشد در نتیجه می‌تواند در تنظیم تنش‌های محیطی بر علیه استرس اکسیداتیو کمک کند (Borsani et al., 2001). همچنین گزارش شده است که سالیسیلیک اسید باعث بهبود پارامترهای رشد و رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان مختلف می‌شود (Ahmad et al., 2018; Rajeshwari and Bhuvaneshwari, 2017). این پژوهش با هدف تاثیر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید، شوری و برهمکنش آنها بر پارامترهای مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه پسته انجام شد.

مواد و روش‌ها

شرایط کشت گیاهان: این آزمایش در تابستان سال ۱۳۹۸ به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای طراحی و اجرا شد. ابتدا بذرهای پسته (*Pistacia vera* L.) با هیپوکلریت سدیم پنج درصد به مدت دو دقیقه ضدعفونی شده و سپس سه مرتبه با آب مقطر شستشو شدند. پنج بذر در گلدان‌هایی با خاک مزرعه، شن شسته شده و کود برگ با نسبت ۱:۱:۲ کاشته شده و در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۵ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۶ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) نگهداری شدند. هنگامی که گیاه بعد از دو هفته به مرحله سه تا چهار برگی رسید، تیماردهی آغاز شد. در این آزمایش از پنج غلظت کلرید سدیم شامل صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار برای آبیاری و چهار غلظت سالیسیلیک اسید شامل صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار برای محلول‌پاشی استفاده شد. در مرحله تیمار دهی، ابتدا سالیسیلیک اسید هر روز و به‌مدت یک هفته روی برگ‌ها اسپری شد. محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در اولین ساعات صبح، با اسپری فشار ثابت و به‌طور کاملاً یکنواخت انجام شد. میزان محلول‌پاشی به اندازه‌ای بود که قطرات محلول بر روی برگ‌ها قابل مشاهده بود. همچنین جهت تیمار سالیسیلیک اسید از تریتون X-100 به‌مقدار یک صدم درصد به‌عنوان سورفکتانت استفاده شد و سپس تیمارهای شوری هر روز به مدت یک هفته استفاده گردید. به منظور جلوگیری از تجمع نمک، علاوه بر زهکشی گلدانی، از زمان اعمال تیمار شوری آب‌شویی با آب به طور یکنواخت برای تمامی تیمارها صورت گرفت.

تعیین وزن‌تر و خشک اندام هوایی و ریشه: اندام هوایی و ریشه ۳۵ روز پس از آغاز آزمایش، برای اندازه‌گیری وزن خشک، اندام هوایی و ریشه گیاه به طور جداگانه به مدت ٤٨ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد و پس از خشک شدن کامل نمونه‌ها، وزن خشک آنها اندازه گیری شد.

اندازه‌گیری طول اندام هوایی و ریشه: یک هفته بعد از پایان تیماردهی، طول اندام هوایی و ریشه با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد. طول اندام هوایی از یقه تا

قسمت انتهای اندام هوایی و طول ریشه از یقه تا انتهای ریشه در نظر گرفته شد. مقادیر بر اساس سانتی‌متر گزارش شد.

رنگدانه‌های فتوسنتزی: اندازه‌گیری مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها با استفاده از روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) انجام پذیرفت. مقدار ۰/۲ گرم از برگ‌های تازه گیاه با ۱۵ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد سائیده شده و پس از عبور از صافی، جذب آنها با دستگاه اسپکتروفتومتر (Carry 50 استرالیا) در طول موج‌های ٦٤٦/٨، ٦٦٣/٢٠ و ٤٧٠ نانومتر خوانده شد و غلظت رنگیزه‌ها با استفاده از فرمول های زیر و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه گردید:

Chla= (12.25 A663.2 - 2.79 A646.8)
Chlb= (21.21 A646.8 - 5.1 A663.2)
ChlT= Chla + Chlb
Car= [1000 A470 - 1.8 Chla - 85.02 Chlb] /198

در این فرمول Chla، Chlb، ChlT و Car به‌ترتیب غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها (شامل کاروتن‌ها و گزانتوفیل‌ها) می‌باشد (Lichtenthaler, 1987).

سنجش مقدار آنتوسیانین‌ها: برای اندازه‌گیری آنتوسیانین از روش واگنر (۱۹۷۹) استفاده شد. برای این کار ۱۰۰ میلی‌گرم بافت تر برگ به تعداد ۳ تکرار در هر تیمار وزن شد. سپس با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول خالص و اسید کلریدریک خالص به نسبت حجمی ۹۹:۱) درون هاون چینی یک دست شد تا در نهایت محلول همگن به‌دست آمد. عصاره حاصل به‌مدت ٢٤ ساعت در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. پس از آن عصاره حاصل به‌مدت ۱۰ دقیقه در ٤٠٠٠ دور سانتریفوژ گردید و جذب محلول رویی در ۵۵۰ نانومتر خوانده شد. غلظت آنتوسیانین در هر نمونه با ضریب خاموشی ۳۳۰۰۰ مول بر سانتی‌مترمکعب طبق فرمول زیر محاسبه شد (Wagner, 1979).

$$A=\varepsilon.b.c$$

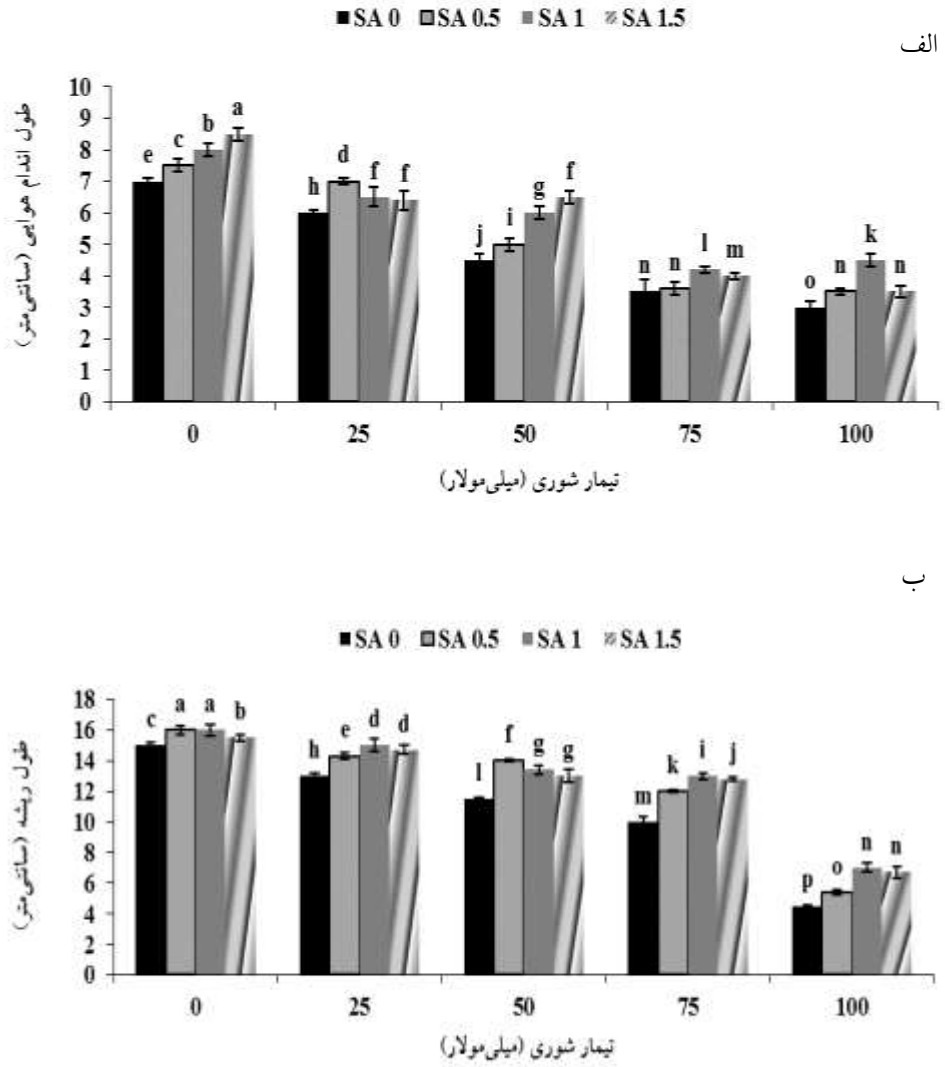
A= میزان جذب نوری عصاره؛ ε= ضریب خاموشی b= عرض کووت؛ c= غلظت نمونه بر حسب مولار

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه آماری در این پژوهش براساس طرح کاملاً تصادفی انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد و با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. برای ارزیابی اثر برهمکنش دو فاکتور بر صفات اندازه‌گیری شده، همه داده‌های به دست آمده نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه واریانس دو طرفه شدند.

نتایج

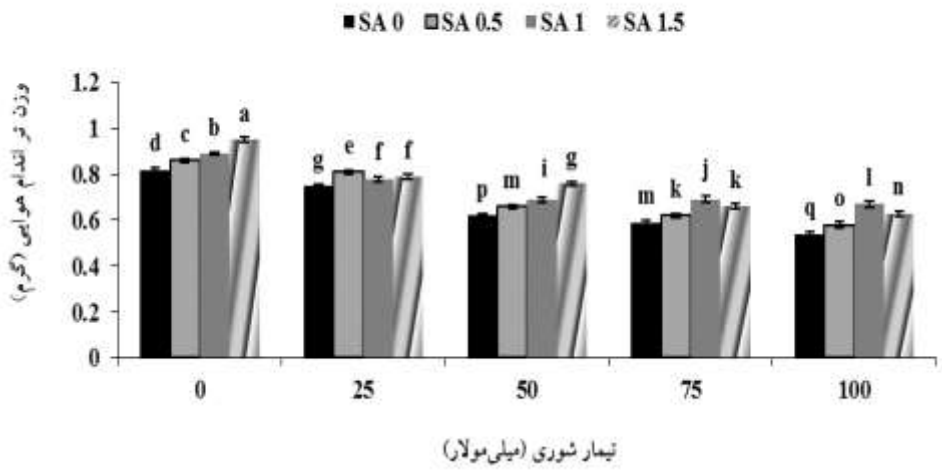
نتایج نشان داد که طول اندام هوایی و ریشه در تنش شوری با غلظت ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. همچنین نتایج حاصل از تیمار توأم سالیسیلیک اسید و شوری نشان می‌دهد که تیمار توأم سالیسیلیک اسید با غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار و شوری با غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار باعث افزایش معنی‌دار طول اندام هوایی و ریشه گیاه نسبت به گیاهانی که فقط با شوری تیمار شده‌اند می‌شود. کمترین طول اندام هوایی و ریشه در تیمار شوری ۱۰۰ میلی‌مولار مشاهده می‌شود که نسبت به شاهد به‌ترتیب ۵۷ و ۷۰ درصد کاهش نشان دادند (شکل ۱).



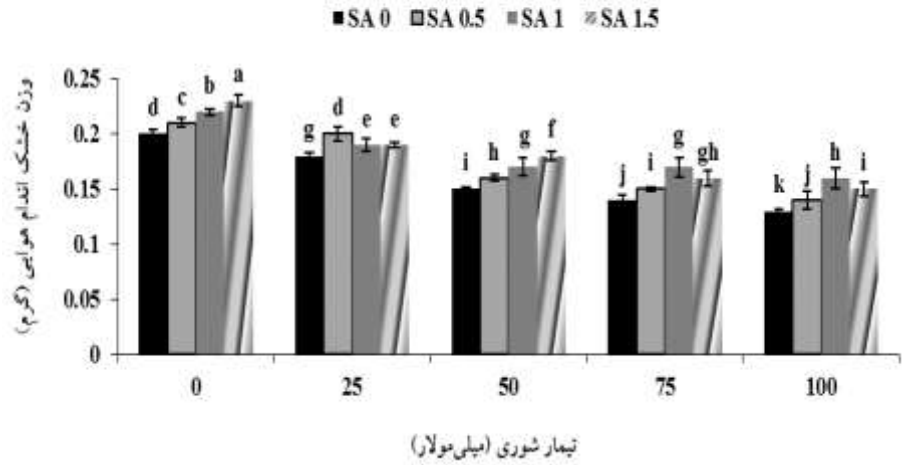
شکل ۱: اثر سالیسیلیک اسید در سطوح مختلف شوری بر طول اندام هوایی (الف) و ریشه (ب) در گیاه پسته.
ستون‌های دارای حروف غیر مشابه در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار است.

بررسی نتایج حاصل از اندازه‌گیری وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه گیاه پسته تحت تیمار غلظت‌های مختلف شوری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار نشان داد که وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه پسته تحت تیمار غلظت‌های مختلف شوری نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (شکل ۲). نتایج حاصل از تیمار توأم سالیسیلیک اسید و شوری نشان می‌دهد که تیمار توأم سالیسیلیک اسید در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار و شوری باعث افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه نسبت به گیاهانی که فقط با شوری تیمار شده‌اند می‌شود. بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید مشاهده می‌شود که به ترتیب نسبت به شاهد ۱۶ و ۱۵ درصد افزایش نشان دادند (شکل ۲).

الف

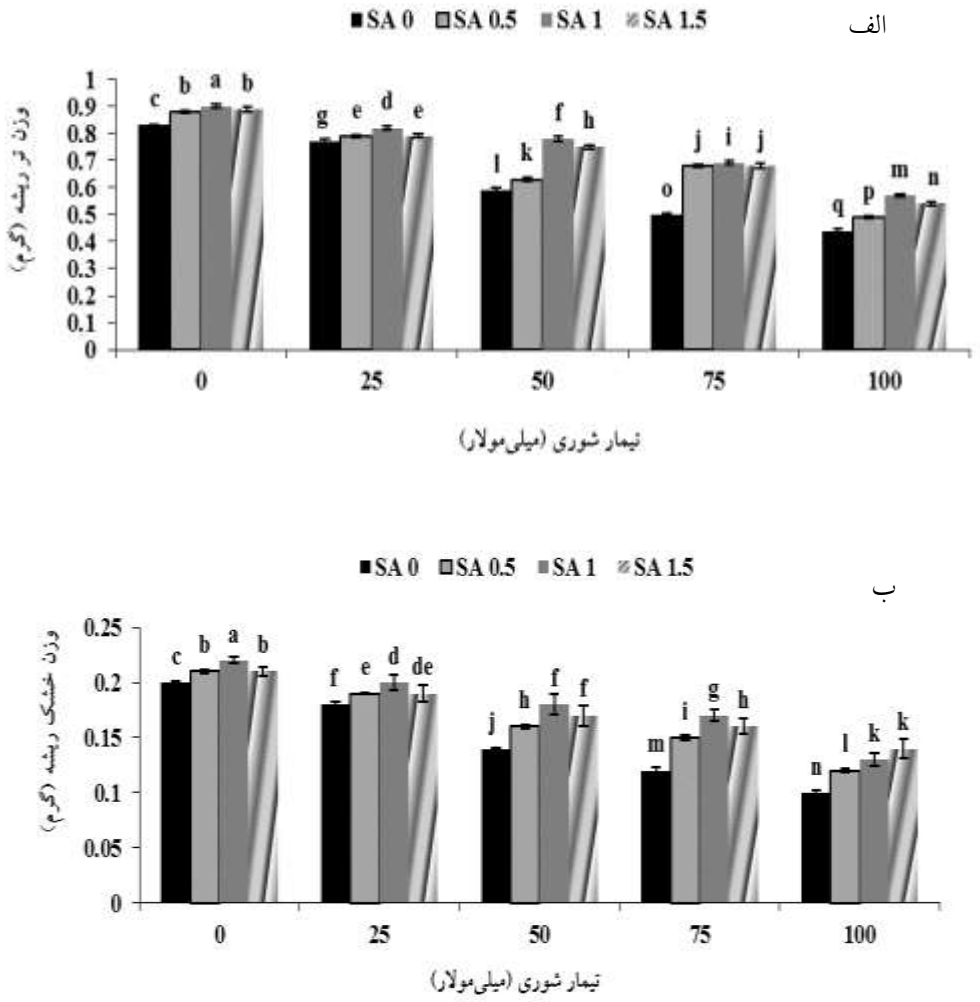


ب



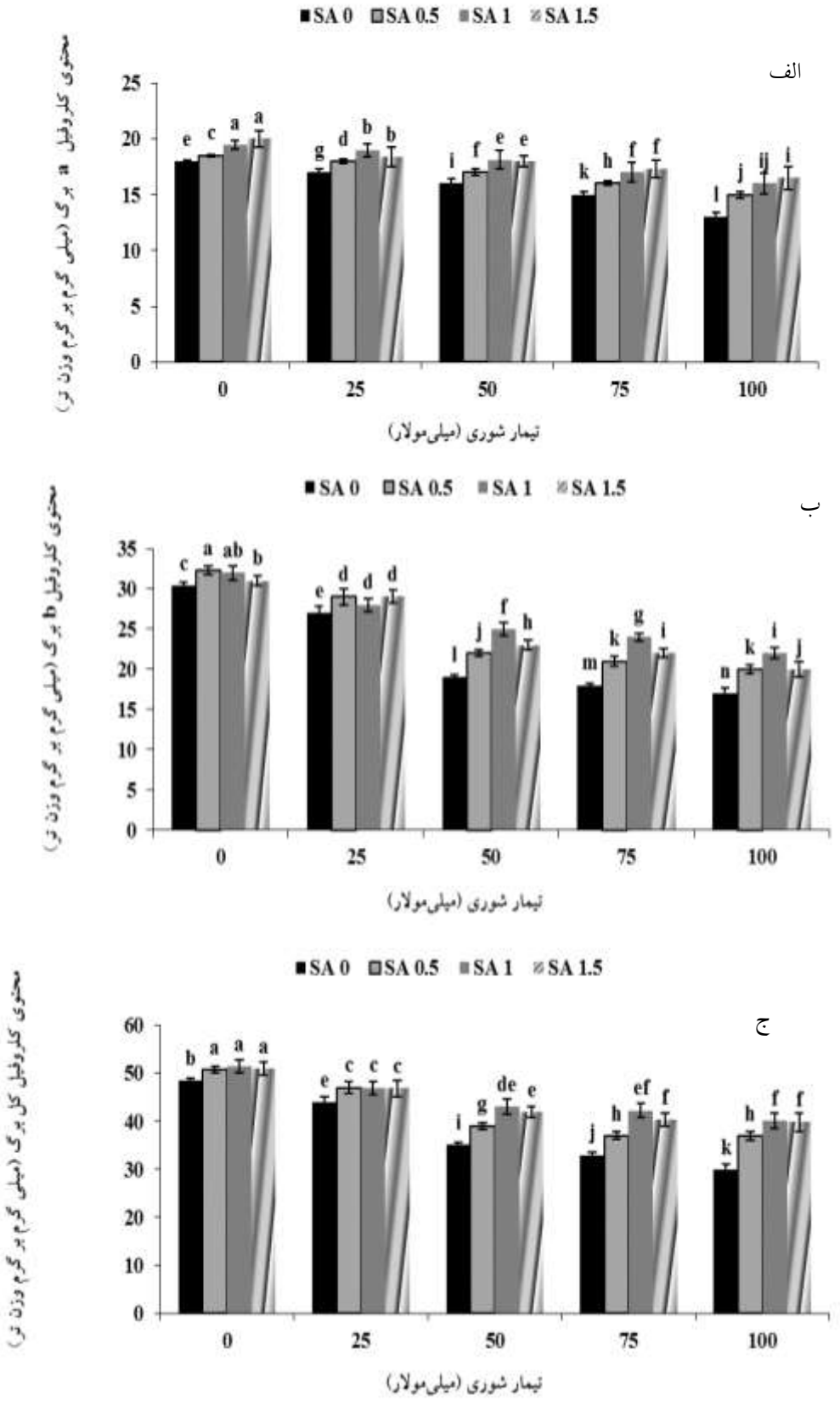
شکل ۲: اثر تیمار توأم سالیسیلیک اسید و شوری بر وزن تر و خشک اندام هوایی در گیاه پسته. ستون‌های دارای حروف غیر مشابه در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار است.

بررسی نتایج حاصل از اندازه‌گیری وزن تر و خشک ریشه گیاه پسته تحت تیمار غلظت‌های مختلف شوری نسبت به شاهد به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (شکل ۳). نتایج حاصل از تیمار توام سالیسیلیک اسید و شوری نشان می‌دهد که تیمار توام سالیسیلیک اسید در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار و شوری باعث افزایش وزن تر و خشک ریشه نسبت به گیاهانی که فقط با شوری تیمار شده‌اند می‌شود. بیشترین وزن تر و خشک ریشه در تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید مشاهده می‌شود که به‌ترتیب نسبت به شاهد ۸ و ۱۰ درصد افزایش نشان دادند (شکل ۳).



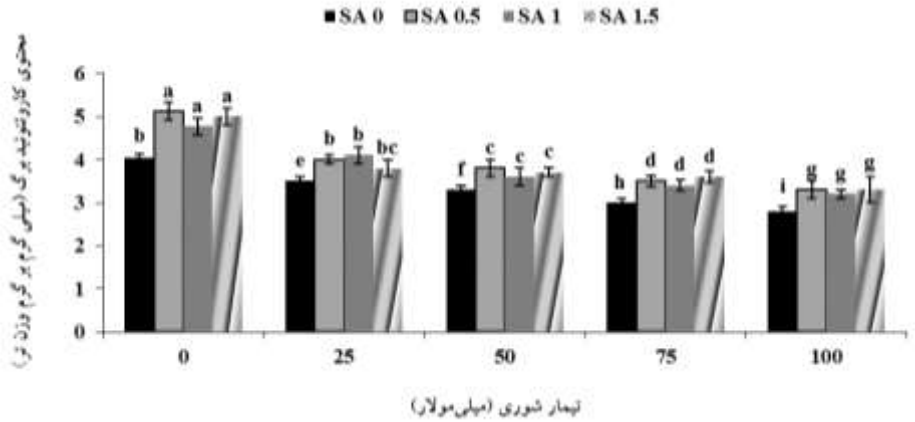
شکل ۳: اثر تیمار توأم سالیسیلیک اسید و شوری بر وزن تر و خشک ریشه در گیاه پسته.
ستون‌های دارای حروف غیرمشابه در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار است.

نتایج حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف شوری نشان می‌دهد که کلروفیل a، b و کل در برگ گیاه در تیمار با غلظت‌های مختلف شوری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان می‌دهند. نتایج حاصل از تیمار توأم سالیسیلیک اسید و شوری نشان می‌دهد که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید سبب بهبود غلظت کلروفیل برگ پسته در شرایط تنش شوری در مقایسه با گیاهانی می‌شود که تحت اثر تیمار سالیسیلیک اسید قرار نگرفتند. بنابراین کمترین مقدار کلروفیل a، b و کل در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار شوری مشاهده می‌شود که نسبت به شاهد به‌ترتیب ۲۸، ٤٤ و ۳۸ درصد کاهش نشان داد (شکل ٤).



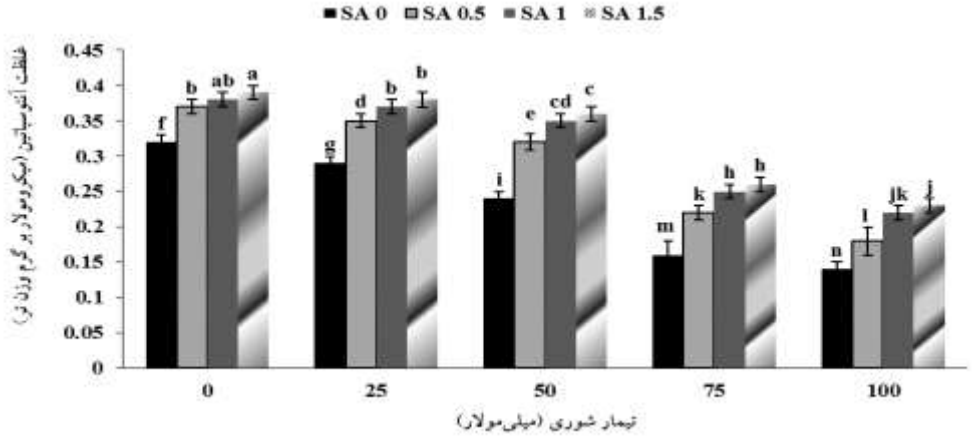
شکل ٤: اثر تیمار توأم سالیسیلیک اسید و شوری بر مقدار کلروفیل a (الف)، کلروفیل b (ب) و کلروفیل کل (ج) در گیاه پسته. ستون‌های دارای حروف غیر مشابه در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار است.

نتایج حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف شوری نشان می‌دهد که کاروتنوئید در برگ گیاه در تیمار با غلظت‌های مختلف شوری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان می‌دهد. نتایج حاصل از تیمار توأم سالیسیلیک اسید و شوری نشان می‌دهد که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید سبب بهبود غلظت کاروتنوئید برگ پسته در شرایط تنش شوری در مقایسه با گیاهانی می‌شود که تحت اثر تیمار سالیسیلیک اسید قرار نگرفتند. کمترین مقدار کاروتنوئید در ۱۰۰ میلی‌مولار شوری مشاهده می‌شود که نسبت به شاهد ۳۰ درصد کاهش نشان داد (شکل ۵).



شکل ۵: اثر تیمار توأم سالیسیلیک اسید و شوری بر مقدار کاروتنوئید در گیاه پسته. ستون‌های دارای حروف غیرمشابه در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار است.

نتایج حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف شوری نشان می‌دهد که آنتوسیانین در برگ گیاه در تیمار با غلظت‌های مختلف شوری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان می‌دهد. نتایج حاصل از تیمار توأم سالیسیلیک اسید و شوری باعث افزایش مقدار آنتوسیانین نسبت به گیاهانی که فقط با شوری تیمار شده‌اند می‌شود. همچنین. کمترین مقدار آنتوسیانین در ۱۰۰ میلی‌مولار شوری مشاهده می‌شود که نسبت به شاهد ٥٦ درصد کاهش نشان داد (شکل ٦).



شکل ٦: اثر تیمار توأم سالیسیلیک اسید و شوری بر مقدار آنتوسیانین در گیاه پسته. ستون‌های دارای حروف غیر مشابه در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار است.

بحث

مشخص شده است که در گیاهان مقاوم در برابر شوری، پارامترهای رشد کاهش نیافته اما در گونه‌های نیمه حساس و حساس، کاهش می‌یابد (Kao et al., 2006). مهار تقسیم سلولی، کاهش سطح برگ، تحت تاثیر قرار گرفتن دستگاه فتوسنتزی، تغییر در مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، تنش اکسیداتیو، پراکسیداسیون لیپیدها، از جمله دلایلی است که در شرایط تنش شوری باعث کاهش رشد گیاه شده است (Mahdavian, 1396; Shibli et al., 2007; Ors et al., 2021). کاربرد سالیسیلیک اسید موجب تعدیل آثار ناشی از تنش شوری می‌شود (Pirasteh-Anosheh et al., 2021). مطالعه های انجام شده توسط Mahdavian (۱۳۹۶) نیز نشان داد که کاربرد سالیسیلیک اسید در گیاهان تحت تنش شوری به‌طور معنی‌داری رشد را افزایش می‌دهد (Mahdavian, 1396). در این مطالعه معین شده است که سالیسیلیک اسید پارامترهای رشد را در گیاه پسته در مقایسه با شاهد افزایش داد. مشابه این یافته‌ها برای جو و آفتابگردان گزارش شده است که نشان می‌دهد سالیسیلیک اسید اثر مثبتی بر پارامترهای رشد ریشه و ساقه دارد (Mahdavian, 1396).

با توجه به اینکه هورمون‌های اکسین و سیتوکنین در شرایط تنش کاهش می‌یابند، کاهش آن‌ها موجب کاهش رشد می‌شود. بنابراین سالیسیلیک اسید با تأثیر بر هورمون‌های اکسین و سیتوکنین می‌تواند موجب بهبود رشد در گیاهان تحت تنش گردد (Sakhabutdinova et al., 2003). همچنین گزارش شده است که طول ریشه و اندام هوایی در آفتابگردان (Mahdavian, 1396) ، جو (Mahdavian, 1396)، باقلا (Ahmad et al., 2018) و ریحان (Kahveci et al., 2021) با کاربرد سالیسیلیک اسید افزایش یافته است.

گزارش شده است که تیمار شوری بعضی از پارامترهای رشد مانند وزن خشک را در ریشه و ساقه گیاه آفتابگردان کاهش می‌دهد (Mahdavian, 1396). همچنین در این تحقیق پیش تیمار سالیسیلیک اسید موجب بهبود پارامترهای رشد گیاهان تحت تنش گردید. نتایج تحقیقات بر روی گوجه فرنگی (Stevens et al., 2006) ، آفتابگردان (Mahdavian, 1396)، جو (Mahdavian, 1396)، باقلا (Ahmad et al., 2018) و ریحان (Kahveci et al., 2021) نشان داده‌اند که سالیسیلیک اسید، اثرهای منفی تنش شوری بر وزن تر و خشک گیاهان را تعدیل کرده است. همچنین گزارش شده است که وزن ماده خشک در گیاهان تحت تنش شوری در پاسخ به سالیسیلیک اسید افزایش می‌یابد، که ممکن است در ارتباط با القاء پاسخ آنتی اکسیدانی و نقش حفاظتی غشاهایی که مقاومت گیاه به آسیب را افزایش می‌دهد باشد (Gunes et al., 2007).

تنش شوری و خشکی باعث کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شود و این کاهش بستگی به نوع گیاه، مدت و شدت تنش گیاه دارد. در این بررسی نیز تنش شوری موجب کاهش مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدها درگیاه پسته شد. در شرایط تنش شوری مقدار کلروفیل و کاروتنوئید در گیاهان زیتون، آفتابگردان، جو و باقلا کاهش یافت (Larbi et al., 2020; Mahdavian, 1396; Ahmad et al., 2018). در شرایط تنش شوری، کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌تواند به دلیل تخریب ساختار کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها، واکنش آن‌ها با اکسیژن یکتایی، تخریب پیش ماده‌های سنتز کلروفیل و ممانعت از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید و فعال شدن آنزیم‌های تجزیه کننده کلروفیل و اختلالات هورمونی باشد (Stepien and Klobus, 2006). کاربرد سالیسیلیک اسید در

گیاهان نخود (Popova et al., 2009)، آفتابگردان (Mahdavian, 1396)، جو (Mahdavian, 1396)، باقلا (Ahmad et al., 2018) و مریم گلی (Es-sbihi et al., 2021) موجب افزایش مقدار کلروفیل در شرایط شوری گردید. تنش شوری اثر منفی بر رشد و محتوای کلروفیل در گیاه باقلا دارد. به هر حال، گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید، مقدار وزن تر و خشک ساقه و ریشه و محتوای کلروفیل بالاتری را تحت تنش شوری داشتند (Ahmad et al., 2018). همچنین گزارش شده است که تیمار سالیسیلیک اسید محتوی کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها را تحت تنش شوری افزایش داد (Mahdavian, 1396; Ahmad et al., 2018).

کاروتنوئیدها انرژی زیادی را از فتوسیستم I و II به‌صورت گرما، یا واکنش‌های شیمیایی بی‌ضرر دفع کرده و می‌توانند غشاهای کلروپلاستی را حفظ نمایند (Juan et al., 2005). در این تحقیق پیش تیمار سالیسیلیک اسید موجب افزایش مقدار کلروفیل و محتوای کاروتنوئیدها در گیاهان تحت تنش گردید که نشان دهنده توانایی سالیسیلیک اسید برای بهبود رشد می‌باشد. سالیسیلیک اسید به دلیل خواص آنتی اکسیدانی خود از تخریب کلروفیل جلوگیری کرده و به طور غیر مستقیم سبب افزایش آن می‌شود. همچنین سالیسیلیک اسید با افزایش توان آنتی اکسیدانی گیاه از جمله کاروتنوئیدها موجب کاهش مقدار پراکسیداسیون لیپیدها و حفاظت بیشتر از غشای سلولی و رنگیزه‌های فتوسنتزی شده و از کاتابولیسم کلروفیل جلوگیری می‌کند. سالیسیلیک اسید در گیاه ذرت (Khodary, 2004)، آفتابگردان (Mahdavian, 1396) ، جو (Mahdavian, 1396) و باقلا (Ahmad et al., 2018)، موجب افزایش کاروتنوئید گردید. در این تحقیق شوری باعث کاهش معنی‌دار آنتوسیانین شد؛ در حالی که در گیاهان پیش تیمار شده با سالیسیلیک اسید، مقدار این کاهش تعدیل شده است. سالیسیلیک اسید از طریق فعالسازی سیستم آنتی اکسیدانی سبب جلوگیری از افزایش اکسیژن‌های فعال شده و همچنین مقاومت غشا را افزایش می‌دهد و از این طریق سبب مقاومت گیاه به تنش می‌شود. گزارش شده است که سالیسیلیک اسید در گیاهان آفتابگردان (Mahdavian, 1396) و جو (Mahdavian, 1396) نیز موجب افزایش آنتوسیانین شده است.

نتیجه‌گیری نهایی

در تحقیق حاضر تنش شوری بر پارامترهای رشد و رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه پسته اثر گذاشت. با این حال، گیاهان سازوکارهایی برای مقابله با این نوع تنش‌های محیطی دارند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که شوری باعث کاهش رشد اندام هوایی و ریشه، وزن تر و خشک، کلروفیل، کاروتنوئید و آنتوسیانین می‌شود؛ در حالی که بر اساس نتایج ذکر شده در این تحقیق، در گیاهان پیش‌تیمار شده با سالیسیلیک اسید این کاهش تعدیل شده است. همچنین نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که پیش تیمار گیاه پسته با غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، باعث افزایش تحمل گیاه نسبت به تنش شوری می‌شود. بنابراین افزایش مقدار آنتوسیانین، کلروفیل و کاروتنوئید نشان دهنده نقش سالیسیلیک اسید بر افزایش مقاومت گیاه پسته در برابر تنش شوری است. بنابراین می توان استفاده از سالیسیلیک اسید را در کاهش اثرهای مخرب ناشی از تنش شوری برای گیاه پسته پیشنهاد کرد.

سپاسگزاری

نگارنده از حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه پیام نور به خاطر حمایت مالی از پژوهش حاضر، صمیمانه سپاسگزاری می‌نماید.

References

Ahanger, M.A. and Agarwal, R.M. (2017). Potassium up-regulates antioxidant metabolism and alleviates growth inhibition under water and osmotic stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). Protoplasma. 254(4): 1471–1486.

Ahmad, P., Abdel Latef, A.A., Hashem, A., Abd-Allah, E.F., Gucel, S. and Tran, L.S.P. (2016). Nitric oxide mitigates salt stress by regulating levels of osmolytes and antioxidant enzymes in chickpea. Frontiers in Plant Science. 7: 347.

Ahmad, P., Alyemeni, M.N., Ahanger, M.A., Egamberdieva, D., Wijaya, L. and Alam, P. (2018). Salicylic acid (SA) induced alterations in growth, biochemical attributes and antioxidant enzyme activity in *Faba Bean* (*Vicia faba* L.) seedlings under NaCl toxicity. Russian Journal of Plant Physiology. 65 (1): 104-114.

Ahmad, P., Hashem, A., Abd-Allah, E.F., Alqarawi, A.A., John, R. and Egamberdieva, D. (2015). Role of *Trichoderma harzianum* in mitigating NaCl stress in Indian mustard (*Brassica juncea* L.) through antioxidative defense system. Frontiers in Plant Science. 6: 868.

Ahmad, P., Nabi, G. and Ashraf, M. (2011). Cadmium induced oxidative damage in mustard *Brassica juncea* L. Czern. & Coss. plants can be alleviated by salicylic acid. South African Journal of Botany. 77: 36–44.

Borsani, O., Valpuesta, V. and Botella, M.A. (2001). Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. Plant Physiology. 126: 1024–1030.

Es-sbihi, F.Z., Hazzoumi, Z., Aasfar, A. and Joutei, K. A. (2021). Improving salinity tolerance in *Salvia officinalis* L. by foliar application of salicylic acid. Chemical and Biological Technologies in Agriculture. 8(1): 1-12.

Gunes, A., Inal, A., Alpaslam, M., Erslan, F., Bagsi, E.G. and Cicek, N. (2007). Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. Journal of Plant Physiology. 164: 728-736.

Ha-Tran, D.M.; Nguyen, T.T.M.; Hung, S.-H.; Huang, E. and Huang, C.-C. (2021). Roles of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) in Stimulating Salinity Stress Defense in Plants: A Review. International Journal of Molecular Sciences. 22: 3154.

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

Kahveci, H., Bilginer, N., Diraz-Yildirim, E., Kulak, M., Yazar, E., Kocacinar, F. and Karaman, S. (2021). Priming with salicylic acid, β-carotene and tryptophan modulates growth, phenolics and essential oil components of *Ocimum basilicum* L. grown under salinity. Scientia Horticulturae. 281: 109964.

Kao, W.Y., Tsai, T.T., Tsai, H.C. and Shih, C.N. (2006). Response of three glycine species to salt stress. Environmental and Experimental Botany. 56: 120-125.

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

Khan, M.I.R., Asgher, M. and Khan, N.A. (2014). Alleviation of salt-induced photosynthesis and growth inhibition by salicylic acid involves glycine betaine and ethylene in mung bean (*Vigna radiata* L.). Plant Physiology Biochemistry. 80: 67–74.

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

Larbi, A., Kchaou, H., Gaaliche, B., Gargouri, K., Boulal, H. and Morales, F. (2020). Supplementary potassium and

calcium improves salt tolerance in olive plants. Scientia Horticulturae. 260.

Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology. 148: 350-382.

Mahdavian, K. (1396). Effect of different concentrations of salicylic acid on salt tolerance of barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Crop Physiology. 36: 136-121.

Mahdavian, K. (1396). The effect of different concentrations of salicylic acid on adjustment of the effects of sodium chloride stress on growth parameters and photosynthetic pigments in sunflower plant (*Helianthus annuus* L.). Journal of Plant Environmental Physiology. 47: 93-106.

Ors, S., Ekinci, M., Yildirim, E., Sahin, U., Turan, M. and Dursun, A. (2021). Interactive effects of salinity and drought stress on photosynthetic characteristics and physiology of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings. South African Journal of Botany. 137: 335-339.

Pirasteh-Anosheh, H., Ranjbar, G., Hasanuzzaman, M., Khanna, K., Bhardwaj, R. and Ahmad, P. (2021). Salicylic Acid-Mediated Regulation of Morpho-Physiological and Yield Attributes of Wheat and Barley Plants in Deferring Salinity Stress. Journal of Plant Growth Regulation. 1-13.

Popova, L.P., Maslenkova, L.T., Yordanova, R.Y., Ivanova, A.P., Krantev, A.P. and Szalai, G. (2009). Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in Pea seedlings. Plant Physiology and Biochemistry. 47: 224-231.

Rajeshwari, V. and Bhuvaneshwari, V. (2017). Salicylic acid induced salt stress tolerance in plants. International Journal of Plant Biology and Research. 5 (3): 1067.

Sakhabutdinova, A.R., Fatkhutdinova, D.R., Bezrukova, M.V. and Shakirova, F.M. (2003). Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. Bulgarian Journal of Plant Physiology. 1: 314-319.

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

Stepien, P. and Klobus, G. (2006). Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. Leaves under salt stress. Biologia Plantarum. 50: 610-616.

Stevens, J., Seneratna, T. and Sivasithamparam, K. (2006). Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): Associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilisation. Plant Growth Regulation. 49: 77-83.

Wagner, G.J. (1979). Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. Plant Physiology. 64: 88–93.

Journal of Plant Environmental Physiology, Serial 62, 16th year, Number 2, Summer 2021

The study of the effects of different concentrations of salicylic acid on improving physiological and biochemical properties of pistachio (*Pistacia vera* L.) var. Akbari seedlings under salinity stress

Mahdavian, K.*
Department of Biology, College of Science, Payame Noor University,
Tehran, Iran

Received date: 2020/04/23 Accepted date: 2020/07/25

Abstract

Salicylic acid is a plant growth regulator that is involved in regulating physiological processes and the plants' response to adverse biological conditions such as salinity. In the present study, an experiment was carried out to investigate the effect of different concentrations of salicylic acid, salinity, and the interaction of salicylic acid and salinity on morphological and biochemical parameters in pistachio. Salinity concentrations of 0, 25, 50, 75, and 100 mM and salicylic acid concentrations of 0, 0.5, 1, and 1.5 mM were used in the form of foliar factorial application in a completely randomized design (CRD) under greenhouse condition in 2019. The results of this study showed that salinity reduced shoot and root growth and fresh and dry weights, as well as chlorophyll, carotenoid, and anthocyanin contents while in plants pre-treated with salicylic acid, the effects of salinity on these parameters were modified. Accordingly, it can be concluded that salicylic acid application protects the plant against salt stress.

Keywords: Anthocyanin, Carotenoids, Chlorophyll, Pistachio, Salinity.

*Corresponding author; k.mahdavian@pnu.ac.ir