مقاله پژوهشی

مطالعه اثر تعدیل‌کنندگی سدیم نیتروپروساید بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه سالیکورنیا پرسیکا (*Salicornia persica*) تحت تنش شوری

زهرا اکبری‌فرد[۱]، معصومه ملکی[۱*] و زهرا موحدی[۲]

[۱] گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

[۲] گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۲۰/۰۲)

چکیده

شوری یکی از تنش‌های محیطی است که با تأثیر منفی بر فرآیند رشد سبب القای تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌شود. به منظور بررسی اثر سدیم نیتروپروساید (SNP) بر کاهش تنش اکسیداتیو سالیکورنیا پرسیکا تحت تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این پژوهش، اثر دو سطح SNP (صفر و ۰/۲ میلی‌مولار)، سه سطح شوری (صفر، ۲۰۰ و ۵۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر کلرید سدیم) و سه مرحله برداشت (روز اول، هفتم و چهاردهم) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش شوری وزن خشک اندام هوایی کاهش می‌یابد. اما در شوری ۲۰۰ افزایش داشت. اثر مثبت SNP در شوری ۲۰۰ و ۵۰۰ مشاهده شد. محتوای نسبی آب با افزایش غلظت شوری کاهش یافت و SNP در هر سه سطح شوری باعث افزایش محتوای نسبی آب شد. با افزایش شوری آنتوسیانین کاهش داشت و SNP باعث افزایش آنتوسیانین شد. مالون دی‌آلدهید با افزایش شوری افزایش یافت و کاربرد SNP باعث کاهش آن گردید. با افزایش شوری فنل کاهش یافت و SNP اثر معنی‌داری روی فنل نداشت، اما فلاونوئید در شوری ۲۰۰ نسبت به شاهد افزایش یافت و در شوری ۵۰۰ کاهش نشان داد. تنش شوری باعث افزایش سدیم و کاربرد SNP باعث کاهش شد. میزان پتاسیم در شوری ۲۰۰ و ۵۰۰ افزایش یافت. تیمار SNP باعث افزایش پتاسیم در شوری صفر و ۵۰۰ شد. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت، تیمار SNP می‌تواند موجب افزایش تحمل به شوری سالیکورنیا پرسیکا شود.

کلمات کلیدی: تنش شوری، سالیکورنیا پرسیکا، سدیم نیتروپروساید، فلاونوئید

مقدمه

سالیکورنیا پرسیکا گیاهی علفی یک‌ساله، شورپسند و هالوفیت از خانواده کنوپودیاسه است (Akhani, 2003). این گیاه گوشتی بیشتر در حاشیه تالاب‌ها، باتلاق‌ها و بیشتر در جلگه‌های قلیایی رشد می‌کند (Smillie, 2015). گیاه سالیکورنیا با کاربردهای چند گانه خود از جمله تولید روغن، علوفه، سبزی، سوخت زیستی، پاکسازی مناطق نفتی، حذف فلزات سنگین از خاک (Salama *et al*., 2022) گزینه مناسبی جهت معرفی به منظور زراعت با آب‌های شور و نیمه‌شور است (Akhani, 2003).

تنش شوری به دلیل افزایش غلظت یون‌های سدیم و کاهش غلظت پتاسیم، منجر به عدم تعادل یونی سلول می‌شود

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: masoumemaleki@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.21.1]

(Liu *et al*., 2018). گیاهان در معرض شوری ابتدا با دو نوع تنش رو به رو می‌شوند: ۱) تنش اسمزی، جایی که غلظت زیاد نمک جذب آب را محدود می‌کند و بنابراین گیاهان را در معرض نوعی کسری آب قرار می‌دهد و ۲) مسمومیت یونی که با تجمع Na^+ و Cl^- در بافت‌های گیاه ایجاد می‌شود (Fatma *et al*., 2016). شوری یکی از دلایل اصلی تجمع گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) است (Ashraf, 2009; Hasegawa *et al*., 2000). تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن ناشی از شوری به طور مستقیم یا غیرمستقیم باعث آسیب به اجزای سلولی و غشاهای بیولوژیکی می‌شود که باعث کاهش زیست‌توده می‌شود (Ali and Ashraf, 2011). مکانیسم‌های مختلفی برای تحمل تنش شوری ارائه شده است که می‌تواند با سم‌زدایی، تخریب پروتئین، سنتز ملکول‌های محافظ اسمزی و آنتی‌اکسیدان‌ها، بیان بیشتر کانال‌های یونی و آبی و تجمع عوامل نسخه‌برداری پاسخ به تنش و غیره همراه باشد (Banerjee and Reychordhury, 2017).

سدیم نیتروپروساید یک ترکیب آزادکننده نیتریک اکسید است. نیتریک اکسید توسط آنزیم نیتریک اکسید سنتاز از L– آرژنین تولید می‌شود. دو مکانیسم احتمالی برای اثر تعدیل‌کنندگی نیتریک اکسید در مقابله با تنش‌ها پیشنهاد شده است :۱) ممکن است با ربایش مستقیم گونه‌های فعال اکسیژن به عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل کرده و با تولید رادیکال پروکسی نیتریت که سمیت بسیار کمتری نسبت به رادیکال‌های آزاد اکسیژن دارد، صدمه وارده به سلول‌ها را کاهش دهد. ۲) نیتریک اکسید می‌تواند به عنوان یک مولکول پیغام‌بر باعث تغییر در بیان برخی ژن‌های دفاعی گردد (Lamattina *et al*., 2003) شاید بهترین روش فراتنظیمی باشد که در بیان سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی رخ می‌دهد (Silva *et al*., 2017). همچنین نیتریک اکسید می‌تواند اثرات ROSهای تولیدشده را خنثی کند (Arora *et al*., 2016).

با توجه به اینکه ایران کشوری نیمه‌بیابانی با خاک‌های شور است، استفاده از گیاهان هالوفیتی همانند سالیکورنیا برای اصلاح نواحی شور و بیابان‌زدایی بسیار مفید است. از طرفی تنش‌های شوری بالا باعث آسیب جدی به گیاهان می‌شود. تعدیل‌کننده‌های شوری می‌توانند این آسیب را کاهش دهند، هالوفیت‌ها گیاهانی هستند که به صورت طبیعی به شوری سازش یافته‌اند و به صورت مدل‌هایی برای درک مکانیسم‌های تحمل شوری در آمده‌اند. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که مکانیسم‌های مقاومت به شوری در هالوفیت‌ها به وسیله نیتریک اکساید افزایش می‌یابد (Karim, 2021). با توجه به مطالعه اندک اثر سدیم نیتروپروساید بر گیاه سالیکورنیا و عدم مطالعات کافی در این زمینه لزوم مطالعه در این خصوص به چشم می‌خورد. هدف از این تحقیق بررسی اثر تعدیل‌کنندگی سدیم نیتروپروساید در سالیکورنیا پرسیکا تحت تنش شوری است.

مواد و روش‌ها

بذرهای سالیکورنیا پرسیکا از شرکت آلا آواژان، واقع در استان تهران تهیه گردید و سپس در گلدان‌های پلاستیکی حاوی خاک سبک در اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۹ در گلخانه (آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار) کاشته شدند. پس از طی مراحل اولیه رشد،گیاهان تحت تیمار قرار گرفتند. برای این منظور سه سطح مختلف کلرید سدیم (صفر، ۲۰۰ و۵۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر) و دو سطح سدیم نیترو پروساید (صفر و ۰/۲ میلی‌مولار) (به صورت اسپری برگی) اعمال شدند.

محتوای نسبی آب برگ (RWC): محتوای نسبی آب برگ به روش Molassiotis و همکاران (۲۰۰۶) انجام شد.

سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی: سنجش محتوای کلروفیل و کاروتنوئید با استفاده از روش Lichtenthaler و Wellburm (۱۹۸۳)، انجام شد.

سنجش آنتوسیانین: سنجش میزان آنتوسیانین با استفاده از روش Nogues و Baker (۲۰۰۰) انجام شد. جذب در ۵۳۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شده و نتایج به صورت جذب در گرم وزن تر مورد مقایسه قرار گرفت.

سنجش مالون دی‌آلدهید (MDA): میزان پراکسیداسیون

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.21.1]

لیپید در بافت‌ها از طریق تعیین محتوای مالون دی‌آلدهید در واکنش با تیوباربیوتیک اسید سنجیده شد. جذب در طول‌موج ۵۳۲ نانومتر خوانده شد (Heath and Packer, 1986).

سنجش پرولین: برای سنجش پرولین از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. جذب در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر تعیین گردید. غلظت پرولین در هر نمونه براساس جذب و غلظت‌های معین موجود در منحنی استاندارد براساس میکرومول در گرم وزن تر محاسبه شد.

سنجش فنل: برای سنجش فنل، ۰/۰۵ گرم نمونه خشک شده در هاون صاف گردید و ۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد به آن اضافه شد. لوله‌ها ورتکس شده و در مکان تاریک در دمای ۴- قرار گرفتند. بعد ۲۴ ساعت دوباره لوله‌ها هر یک ۱۵ دقیقه ورتکس شدند و در نهایت با دور ۳۴۰۰ در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. به ۱ میلی‌لیتر از عصاره رویی، ۲ میلی‌لیتر معرف فولین- دنیس اضافه شد. بعد از ۵ دقیقه ۲ میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم ۷ درصد اضافه شد و در نهایت با آب دیونیزه به حجم ۱۲/۵ رسید و جذب هر یک از نمونه‌ها بعد از مدت زمان ۱۰ دقیقه با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۷۶۰ نانومتر سنجیده شد (Boonyuen *et al*., 2009).

سنجش فلاونوئید: ابتدا عصاره‌های متانولی با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف و مورد تبخیر قرار گرفت، و با انحلال مجدد در متانول و به دنبال عبور از فیلتر به منظور سنجش فلاونوئیدها مورد استفاده قرار گرفتند، به ۵۰۰ میکرولیتر از هر عصاره ۱/۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد، ۱۰۰میکرولیتر محلول آلومینیوم کلرید ۱۰ درصد، ۱۰۰ میکرولیتر محلول استات پتاسیم ۱ مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. جذب مخلوط بعد از گذشت ۴۰ دقیقه در طول‌موج ۴۱۵ نانومتر نسبت به بلانک اندازه‌گیری شد. بلانک حاوی تمام ترکیبات بالا خواهد بود اما به جای عصاره، به همان اندازه متانول ۸۰ درصد به آن اضافه شد. میزان فلاونوئید کل عصاره‌ها براساس میلی‌گرم معادل کوئرستین بر گرم وزن خشک ریشه و یا برگ گیاه گزارش شد (Chang *et al*., 2002).

سنجش سدیم و پتاسیم: برای استخراج عناصر، نمونه‌های برگی در ابتدا شسته شده و سپس خشک شدند. پس از آن روش هضم با استفاده از نیتریک اسید غلیظ (۶۵ درصد) صورت گرفت. جهت سنجش دو عنصر سدیم و پتاسیم روش Hamada و EL-enany (۱۹۹۴) انتخاب شد. عصاره برای خواندن در دستگاه فلیم فتومتری مدل JENWAY pfp.7 بررسی شد.

محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد و رسم شکل‌ها با نرم‌افزار Excel صورت گرفت. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل که در آن اثر فاکتور SNP در دو سطح (صفر و ۰/۲ میلی‌مولار) فاکتور شوری در سه سطح (صفر، ۲۰۰ و ۵۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر کلرید سدیم) و فاکتور زمان برداشت در سه سطح (روز اول، روز هفتم و روز چهارهم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفته، اجرا شده است. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

محتوای نسبی آب: با توجه به نتایج تجزیه واریانس، برای صفت RWC اثر ساده SNP و اثر متقابل شوری و SNP معنی‌دار شد، لذا مقایسه میانگین برای این اثر متقابل صورت گرفت. با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و SNP، بیشترین محتوای نسبی آب مربوط به شوری صفر و کاربرد ۰/۲ میلی‌مولار SNP و کمترین محتوای نسبی آب مربوط به شوری ۵۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر و عدم کاربرد SNP بود. با افزایش شوری و عدم کاربرد SNP محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت (شکل ۱). مطالعات انجام گرفته بر محتوای نسبی آب تحت تنش شوری در بیشتر موارد کاهش این فاکتور را تأیید می‌کند. مطالعات Aghaleh و همکاران (۲۰۰۹)، بر روی گونه سالیکورنیا پرسیکا و سالیکورنیا اروپا نشان داد که محتوای نسبی آب برگ با افزایش تنش شوری کاهش می‌یابد. کاربرد ۰/۲ میلی‌مولار SNP در هر سه سطح شوری صفر، ۲۰۰ و ۵۰۰ باعث افزایش محتوای نسبی آب

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.21.1]

شکل ۱- اثر متقابل شوری و کاربرد SNP در برداشت‌های مختلف بر محتوای نسبی آب برگ. حروف غیریکسان اختلاف معنی‌دار را نشان می دهد.

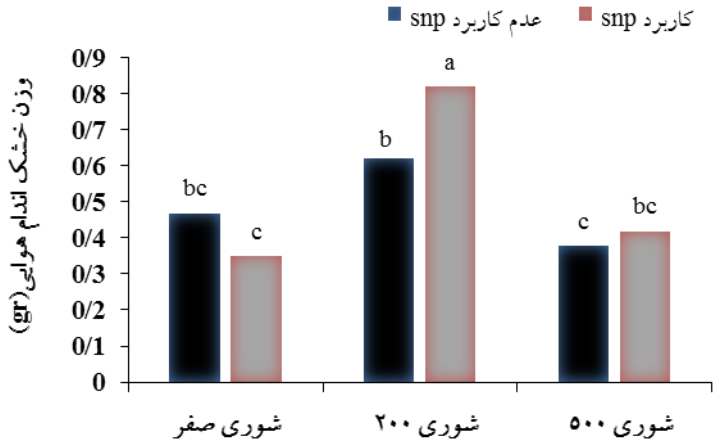
برگ نسبت به عدم استفاده از SNP شد. تأثیر مثبت نیتریک اکسید بر محتوای رطوبت نسبی گیاهان تحت شرایط تنش توسط دیگر محققین گزارش شده است (Seabra *et al.*, 2015). کاربرد نیتریک اکسید اثرات منفی را در گیاهان کاهش می‌دهد (Seyednabi *et al.*, 2019).

وزن خشک اندام هوایی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برای وزن خشک اندام هوایی اثر متقابل شوری و کاربرد SNP، و همچنین اثر متقابل غلظت‌های مختلف شوری و برداشت‌های مختلف معنی‌دار بود. بیشترین میزان وزن خشک به شوری ۲۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر و کاربرد ۰/۲ میلی-مولار SNPمربوط بود (شکل ۲). با توجه به مطالعات انجام شده روی تنش شوری انتظار می‌رود با افزایش غلظت شوری میزان رشد گیاه کاهش یابد، چنین کاهشی در این مطالعه در شوری ۲۰۰ مشاهده نشد. احتمالاً با توجه به هالوفیت بودن این گیاه و رشد بهینه در حضور نمک‌های پایین صورت می‌گیرد. احتمالاً به همین دلیل در شوری ۲۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر افزایش وزن خشک مشاهده شد. طبق مطالعات Ahmad و همکاران (۲۰۱۳) روی گیاه سالیکورنیا مشاهده شد که افزایش غلظت NaCl تا ۲۰۰ میلی‌مولار باعث افزایش وزن خشک بوته و ریشه می‌شود. همچنین در شوری ۲۰۰ و ۵۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر، اثر تعدیل‌کنندگی SNP در راستای افزایش وزن خشک اندام هوایی کاملاً مشهود است (شکل ۲). در مطالعات انجام شده در سیدلینگ‌های پنیرک شورزی، افزایش وزن خشک بعد از کاربرد NO تحت تنش شوری مشاهده شد (Guo *et al.*, 2014). کاربرد سطوح مختلف NO درون‌زاد و برون‌زاد، نشان داد که NO می‌تواند مقاومت به تنش‌های غیرزیستی را افزایش دهد و پیشنهاد شد که به عنوان راهکاری برای بالا بردن محصولات کشاورزی حین تنش‌ها مورد استفاده قرار گیرد (Ahmad *et al.*, 2018).

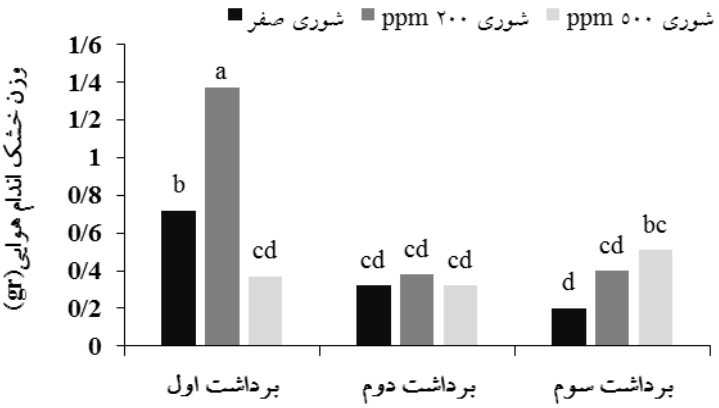
همچنین بیشترین وزن خشک مربوط به شوری در برداشت اول بود (شکل ۳). مطالعات Cardenas و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که در گونه سالیکورنیا اروپا با محدوده مطالعاتی صفر تا ۱۰۰۰ کلرید سدیم، افزایش وزن خشک در ۲۰۰ و ۴۰۰ مشاهده می‌شود.

آنتوسیانین: برای صفت میزان آنتوسیانین نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل شوری، SNP و زمان برداشت معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین آنتوسیانین مربوط به شوری صفر و کاربرد ۰/۲ میلی‌مولار SNP و در برداشت اول و کمترین آنتوسیانین مربوط به شوری ۵۰۰ و عدم کاربرد SNP و در برداشت سوم است. در شوری ۵۰۰ میزان آنتوسیانین نسبت به شوری ۲۰۰ و عدم کاربرد SNP در همه برداشت‌ها کاهش یافت (شکل ۴). این نتایج، با

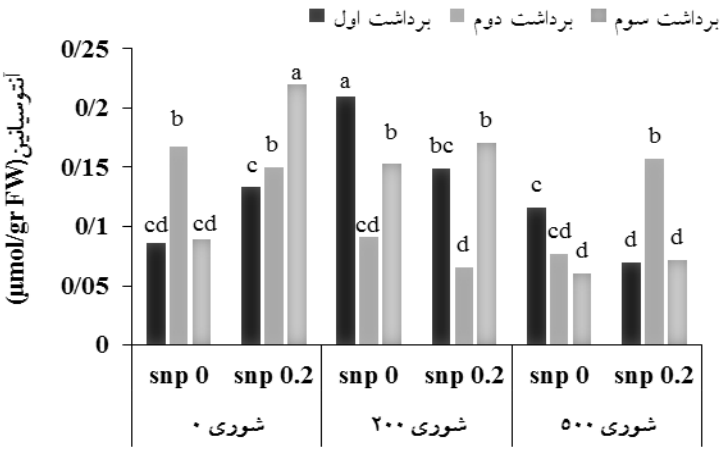
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.21.1]



شکل ۲- اثر متقابل شوری و کاربرد SNP بر وزن خشک اندام هوایی. حروف غیریکسان اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد.



شکل ۳- اثر متقابل شوری و برداشت‌های مختلف بر وزن خشک اندام هوایی. حروف غیریکسان اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد.



شکل ۴- اثر متقابل شوری و کاربرد SNP در برداشت‌های مختلف بر آنتوسیانین. حروف غیریکسان اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد.

نتایج بررسی گیاه اسفناج (Eraslan *et al.*, 2008)، مبنی بر اینکه تنش شوری موجب کاهش میزان آنتوسیانین می‌شود مطابقت دارد. کاهش میزان آنتوسیانین در برگ‌های نخود گزارش شده که این کاهش می‌تواند به دلیل کاهش فتوسنتز و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.21.1]

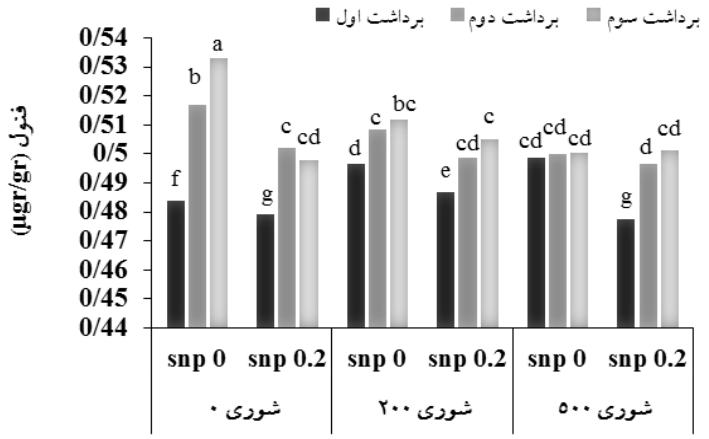
در نتیجه کاهش فراهم‌آوری انرژی جهت بیوسنتز آنتوسیانین باشد (Ganjewala *et al.*, 2008). در ضمن کاربرد ۰/۲ میلی‌مولار SNP در شوری صفر باعث افزایش آنتوسیانین در همه برداشت‌ها شد و همچنین اثر مثبت SNP در شوری ۵۰۰ در برداشت دوم و سوم مشاهده شد (شکل ۴). مطالعات اخیر نشان داد که کاربرد بیرونیNO در هالوفیت‌ها مکانیسم‌های دفاعی را برای مقاومت به تنش شوری همانند افزایش اسمولیت‌ها، کده‌بندی سدیم و ترشح سدیم و حفظ پتاسیم را بهبود می‌دهد (Karim, 2021). سعیدی‌فر و چاپارزاده (۱۳۹۵) گزارش کردند در گیاه اسپندک غلظت ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار نمک باعث کاهش آنتوسیانین نسبت به شرایط شاهد شد و غلظت ۰/۲ میلی‌مولار SNP باعث افزایش آنتوسیانین در غلظت ۴۰۰ میلی‌مولار نمک گردید.

محتوای فنول: با توجه به اینکه برای محتوای فنول اثر متقابل سه گانه شوری، زمان برداشت و SNP معنی‌دار شده است لذا مقایسه میانگین برای این اثر متقابل صورت گرفت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان فنول مربوط به شوری صفر و عدم کاربرد SNP و در برداشت سوم و کمترین میزان فنول مربوط به شوری ۵۰۰، کاربرد ۰/۲ میلی‌مولار SNP و در برداشت اول است. میزان فنول با افزایش شوری و عدم کاربرد SNP در برداشت دوم و سوم نسبت به شاهد کاهش یافته است اما در برداشت اول با بالا رفتن شوری، محتوای فنول نسبت به شاهد افزایش داشت. در شوری ۲۰۰ و عدم کاربرد SNP میزان فنل در همه برداشت‌ها نسبت به شوری ۵۰۰ بیشتر بوده است (شکل ۵). تصور می‌شود که تنش شوری متوسط از طریق افزایش محتوای کل ترکیبات فنولی، مسیر تحمل را تحریک کند (Salem *et al.*, 2014). در اغلب گیاهان مطالعات نشان دادند که سنتز پلی‌فنل‌ها همانند اسیدهای فنلی و فلاونوئیدها تحت شرایط تنش‌های غیرزیستی مانند شوری، افزایش می‌یابد تا به گیاه کمک کند تا بتواند تنش را تحمل کند (Sharma *et al.*, 2019). کاربرد ۰/۲ میلی‌مولار SNP تنها در شوری ۵۰۰ و برداشت سوم باعث افزایش محتوای فنول شده است (شکل ۵). کاربرد بیرونی NO در اسفناج حین تنش NaCl باعث افزایش محتوای فنول کل نسبت به شاهد شد. اما در این تحقیق این افزایش تنها در شوری ۵۰۰ مشاهده شد. اکسید نیتریک نقش دو گانه (سمی یا حفاظتی) دارد و این نقش به غلظت آن در گیاه، نوع بافت، سن گیاه و نوع تنش و شدت تنش بستگی دارد (Del Rio *et al.*, 2004).

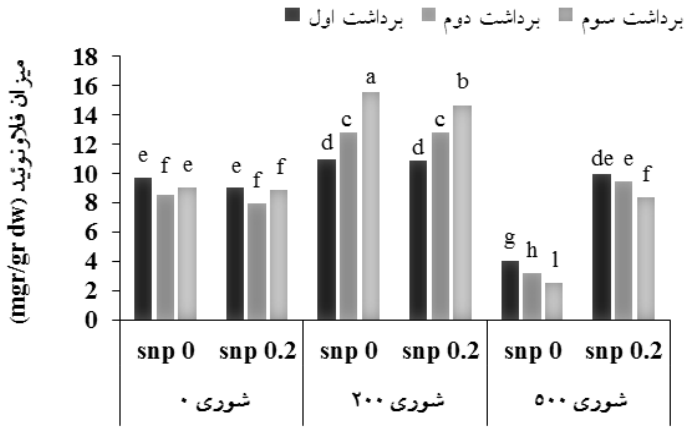
فلاونوئید: با توجه به نتایج تجزیه واریانس برای صفت میزان فلاونوئید اثر متقابل شوری، SNP و زمان برداشت معنی‌دار شد. لذا مقایسه میانگین فقط برای اثر متقابل سه گانه صورت گرفت. براساس مقایسه میانگین بیشترین میزان فلاونوئید برای شوری ۲۰۰ و بدون کاربرد SNP و در برداشت سوم و کمترین میزان فلاونوئید برای شوری ۵۰۰ و بدون کاربرد SNP و در برداشت سوم بدست آمد، میزان فلاونوئید در شوری ۲۰۰ وکاربرد و عدم کاربرد SNP در هر سه برداشت افزایش معناداری نسبت به شاهد داشت (شکل ۶). گزارش شده که انباشتگی ترکیبات فنلی در برگ‌های ذرت و نخود در شرایط شور بسیار بیشتر از گیاهانی بود که در وضعیت بدون تنش قرار داشتند (Hichem *et al.*, 2009; Jovanka *et al.*, 2013). طبق شکل ۶ در شوری ۵۰۰ میزان فلاونوئید نسبت به شوری ۲۰۰ و صفر به طور معنی‌داری کاهش یافته است. یافته‌های موجود در تربچه و کلم بروکلی کاهش محتوای فنلی کل را در جوانه‌ها با افزایش شوری نشان داد که با نتایج ما مطابقت دارد که در شوری ۵۰۰ میزان فلاونوئید نسبت به شاهد کاهش معناداری داشته است (Guo *et al.*, 2014) که با توجه به هالوفیت بودن سالیکورنیا و مقاوم بودن به شوری، در شوری ۲۰۰ چنین کاهش دیده نمی‌شود و احتمالاً شوری ۵۰۰ برای هالوفیت مورد تحقیق ما قابل تحمل نبوده است. کاربرد ۰/۲ میلی‌مولار SNP در شوری ۲۰۰ و ۵۰۰ باعث افزایش فلاونوئید در هر سه برداشت نسبت به عدم کاربرد آن شد (شکل ۶). مطالعه اثر نیتریک اکساید بر بیوسنتز ترکیبات فنلی سویا (*Soybean sprouts*) تحت تنش شوری نشان داد که کاربرد نیتریک اکساید بیرونی، سه آنزیم کلیدی در بیوسنتز ترکیبات فنلی بین ۲۷ تا ۵۵ درصد افزایش می‌یابد (Xie *et al.*,

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.21.1]



شکل ۵- اثر متقابل شوری و کاربرد SNP در برداشت‌های مختلف بر فنول. حروف غیریکسان اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد.

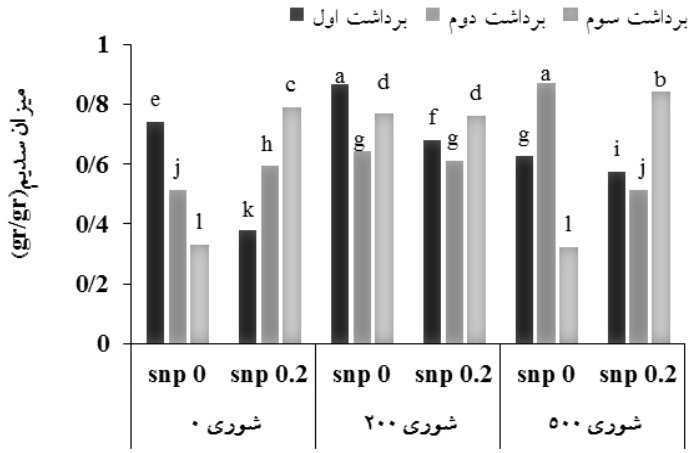


شکل ۶- اثر متقابل شوری و کاربرد SNP در برداشت‌های مختلف بر فلاونوئید. حروف غیریکسان اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد.

2021)، که در مطالعه ما تیمار بر شوری ۵۰۰ چنین افزایشی را نسبت به عدم تیمار SNP نشان داد.

سدیم و پتاسیم: برای میزان سدیم و پتاسیم نیز نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل شوری، مرحله برداشت و SNP معنی‌دار شد، بنابراین مقایسه میانگین فقط برای اثر متقابل سه گانه صورت گرفت. براساس مقایسه میانگین بیشترین میزان سدیم برای شوری ۵۰۰ و بدون کاربرد SNP و در برداشت دوم بود. با افزایش شوری و عدم کاربرد SNP میزان سدیم در برداشت دوم افزایش یافت. در شوری ۲۰۰ و کاربرد و عدم کاربرد SNP میزان سدیم در همه برداشت‌ها نسبت به شاهد افزایش یافت با توجه به اینکه سالیکورنیا یک هالوفیت است این افزایش سدیم در شوری ۲۰۰ می‌تواند باعث افزایش رشد آن شود که در این آزمایش مشاهده شد در شوری ۲۰۰ رشد رویشی گیاه افزایش یافته است. همچنین میزان سدیم در برداشت سوم و کاربرد ۰/۲ میلی‌مولار SNP با افزایش شوری افزایش یافته است (شکل ۷). در توافق با نتایج آزمایش‌های ما، تحقیقات Aghaleh و همکاران (۲۰۱۱) روی سالیکورنیا پرسیکا و سالیکورنیا اروپا نشان داد که غلظت یون سدیم دانه‌رست‌های هر دو گونه به موازات افزایش تنش شوری، افزایش پیدا کرد. کاربرد ۰/۲ میلی‌مولار SNP در شوری صفر باعث کاهش سدیم در برداشت اول شد و همچنین کاربرد ۰/۲ میلی‌مولار SNP در شوری ۲۰۰ در هر سه برداشت باعث کاهش سدیم نسبت به عدم کاربرد آن شد و اثر مثبت SNP در شوری ۵۰۰ در برداشت اول و دوم مشاهده شد که باعث کاهش سدیم شده است (شکل ۷). احتمالاً نیتریک

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.21.1]

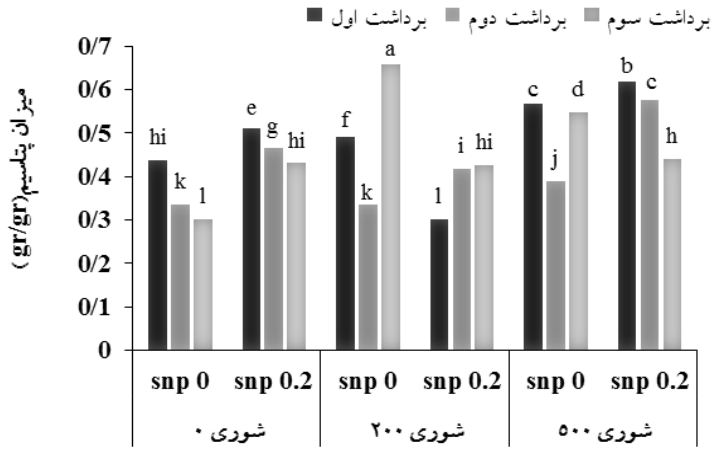


شکل ۷- اثر متقابل شوری و کاربرد SNP در برداشت‌های مختلف بر سدیم. حروف غیریکسان اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد.

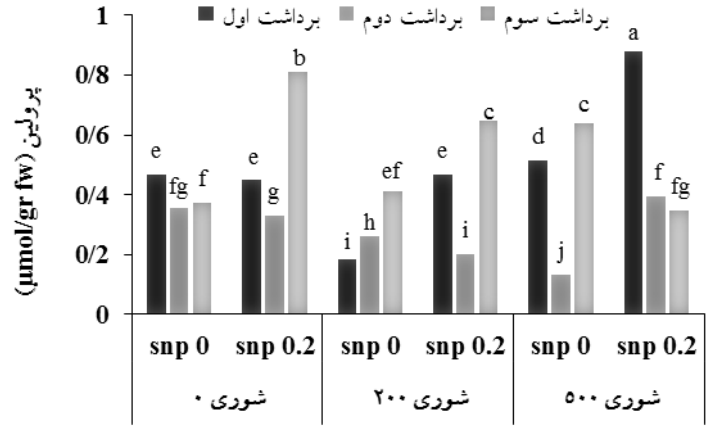
اکساید تا حدی می‌تواند از غلظت زیاد و سمیت یون سدیم بکاهد. بهبود وضعیت جذب عناصر ماکرو و کاهش جذب سدیم در اثر کاربرد نیتریک اکساید در کاهو نیز مشاهده شده است (Garcia Lopez-Carrion *et al*., 2008). براساس مقایسه میانگین بیشترین میزان پتاسیم برای شوری ۲۰۰ و بدون کاربرد SNP و در برداشت سوم و کمترین میزان پتاسیم برای شوری صفر و بدون کاربرد SNP و در برداشت سوم به دست آمد. در شوری ۲۰۰ و ۵۰۰ افزایش پتاسیم مشاهده شد که می‌تواند به درجه مقاومت سالیکورنیا اشاره کند که تحت شوری عنصر مفید پتاسیم را افزایش داده است. در ضمن اثر تعدیل‌کنندگی SNP بر تنش شوری در برداشت‌های مختلف در شوری ۵۰۰ و صفر افزایش غلظت پتاسیم را نشان داد اما در شوری ۲۰۰ در برداشت اول این افزایش معنی‌دار مشاهده نشد (شکل ۸). افزایش پتاسیم محلول در خاک با افزایش جذب پتاسیم در گیاه همراه بود که با نتایج راوری و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت دارد. نیتریک اکساید به عنوان مولکول پیغام‌بر در تعدیل فرایندهای فیزیولوژیکی در حین تنش‌ها دخالت دارد. نیتریک اکساید با افزایش مقدار فعالیت H^+-ATPase غشای پلاسمایی و آنتی‌پورتر Na^+/H^+ واکوئلی، محتوای سدیم را در سیتوپلاسم تنظیم می‌کند و کده‌بندی سدیم به واکوئل و خارج سیتوپلاسم را وساطت می‌کند (Chen *et al*., 2015). نیتریک اکساید بیان پمپ H^+-ATPase غشای پلاسمایی را القا می‌کند که این پمپ برای تعادل نسبت یون پتاسیم به سدیم احتیاج است و محافظت در برابر تنش شوری را فراهم می‌کند (Zhao *et al*., 2004).

پرولین: با توجه به نتایج تجزیه واریانس، برای میزان پرولین اثر متقابل شوری، SNP و زمان برداشت معنی‌دار شد. براساس مقایسه میانگین بیشترین پرولین برای شوری۵۰۰، کاربرد ۰/۲ میلی‌مولار SNP و در برداشت بدست آمد. میزان پرولین با افزایش شوری صفر، ۲۰۰ و ۵۰۰ و عدم کاربرد SNP در برداشت سوم افزایش یافت. همچنین با افزایش شوری و کاربرد ۰/۲ میلی‌مولار SNP میزان پرولین در برداشت اول افزایش یافت. در شوری ۲۰۰ و عدم کاربرد SNP میزان پرولین در برداشت سوم نسبت به برداشت دوم و برداشت اول افزایش یافته است. کاربرد ۰/۲ میلی‌مولار SNP در شوری صفر و ۲۰۰ باعث افزایش محتوای پرولین در برداشت اول و سوم شد، همچنین کاربرد SNP در شوری ۵۰۰ باعث افزایش پرولین در برداشت اول و دوم شد (شکل ۹).گزارش شده که در گیاه عدس با افزایش شوری و روزهای برداشت، شوری باعث افزایش غلظت پرولین شد (Misra and Saxena, 2009). در گیاه گشنیز سمیت یونی ناشی از NaCl منجر به افزایش قابل توجهی در تجمع پرولین می‌شود (Babri-Bonab *et al*., 2018). گزارش شده است که در گندم، SNP در شرایط شور با افزایش مقدار پرولین در برگ، تحمل را افزایش می‌دهد (Zheng *et al*., 2009). مطالعات انجام شده روی گندم‌های تحت تنش شوری نشان داد که نیتریک اکساید باعث افزایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.21.1]



شکل ۸- اثر متقابل شوری و کاربرد SNP در برداشت‌های مختلف بر پتاسیم. حروف غیریکسان اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد.

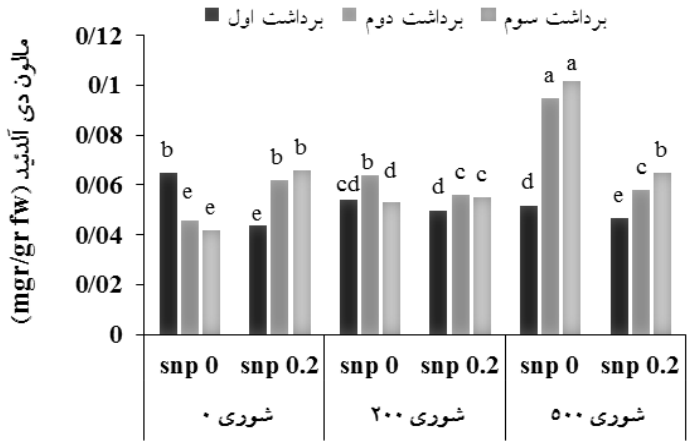


شکل ۹- اثر متقابل شوری و کاربرد SNP در برداشت‌های مختلف بر پرولین. حروف غیریکسان اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد.

پرولین می‌شود (Alnusairi *et al.*, 2021). در مطالعه Alnusairi و همکاران (۲۰۲۱) کاربرد نیتریک اکساید تجمع پرولین را هم در گندم‌های شاهد و هم در گیاهان تحت تنش شوری افزایش داد. در ضمن ماکزیمم تجمع پرولین در گندم‌های مواجه شده با نیتریک اکساید و شوری همزمان، نسبت به شوری به تنهایی و شاهد مشاهده شد. پرولین جز اسموپروتکتانت‌ها است که پتانسیل آب سلول را حفظ می‌کند (Bahrami and Hajiboland, 2017). کاربرد نیتریک اکساید بیان پروتئین‌های دخیل در بیوسنتز اسمولیت‌ها بویژه پرولین را افزایش می‌دهد و ممکن است با کاهش آنزیم‌های کاتالیزکننده آنها همراه شود (Dawood and El-Awadi, 2015).

مالون دی‌آلدهید: نتایج تجزیه واریانس برای مالون دی‌آلدهید نشان داد که اثر متقابل شوری، SNP و زمان برداشت معنی‌دار شده است. براساس مقایسه میانگین بیشترین مالون دی‌آلدهید برای شوری ۵۰۰ و عدم کاربرد SNP و در برداشت سوم و کمترین مالون دی‌آلدهید برای شوری صفر و عدم کاربرد SNP و در برداشت سوم بدست آمد. با افزایش شوری صفر، ۲۰۰ و ۵۰۰ و عدم کاربرد SNP میزان مالون دی‌آلدهید در برداشت دوم و سوم افزایش یافت و همچنین میزان مالون دی‌آلدهید در شوری ۵۰۰ و کاربرد SNP نسبت به شوری ۲۰۰ و کاربرد SNP در همه برداشت‌ها افزایش معنی‌داری داشته است، اما در شوری ۲۰۰ محتوای مالون دی‌آلدهید میزان کمی افزایش داشته که احتمالاً به این دلیل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.21.1]



شکل ۱۰- اثر متقابل شوری و کاربرد SNP در برداشت‌های مختلف بر مالون دی‌آلدهید. حروف غیریکسان اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد.

باشد که سالیکورنیا یک هالوفیت است و حتی در شوری ۲۰۰ مشاهده شد که رشد رویشی آن افزایش یافته است پس می‌توان گفت گیاهی مقاوم بود و محتوای مالون دی‌آلدهید آن در شوری ۲۰۰ میزان کمی افزایش داشته است (شکل ۱۰). کاربرد ۰/۲ میلی‌مولار SNP در شوری ۵۰۰ باعث کاهش مالون دی‌آلدهید در هر سه برداشت شد و همچنین در شوری ۲۰۰ کاربرد SNP باعث کاهش مالون دی‌آلدهید در برداشت اول و دوم شد. به نظر می‌رسد تیمار SNP در شوری ۲۰۰ کمک‌کننده بوده است اما در شوری ۵۰۰ اثر مثبت بیشتری داشته است (شکل ۱۰). گزارش شده در گیاه سیب کاربرد تیمار SNP باعث کاهش MDA و افزایش یکپارچگی غشا شد (Aras *et al.*, 2019).

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های به دست آمده از این آزمایش می‌توان استنباط کرد که گیاه سالیکورنیا پرسیکا گونه‌ای مقاوم به شوری است. فاکتورهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی تغییریافته در جهت تحمل و مقاومت به شوری است. در این گونه گیاهی آبیاری با آب مقطر ماکزیمم رشد را ایجاد نمی‌کند و در بین دو سطح ۲۰۰ و ۵۰۰، ۲۰۰ حداکثر رشد نسبت به شاهد و شوری میکروگرم بر میلی‌لیتر ۵۰۰ دیده شد، که گویای هالوفیت و نمک دوست بودن این گیاه است. ماکزیمم رشد ایجاد شده رابطه‌ای با حضور سدیم در ساقه دارد که نقش فیزیولوژیکی این عنصر را در متابولیسم این گیاه علاوه بر نقش حفظ اسمزی نشان می‌دهد. تیمار ۰/۲ میلی‌مولار SNP توانست از راه افزایش اسمولیت‌ها موجب کاهش خسارت رادیکال‌های آزاد و در نتیجه افزایش تحمل گیاه سالیکورنیا تحت تنش شوری شود و می‌توان عنوان کرد که SNP تعدیل‌کننده تنش شوری در این آزمایش بوده است.

منابع

سعیدی‌فر، ر. و چاپارزاده، ن. (۱۳۹۵) تأثیر برهمکنش شوری و نیتریک اکساید بر روابط آبی اسپندک. مجله پژوهش‌های گیاهی ۳: ۶۸۵-۶۷۵.

راوری، س. ذ.، دهقانی، ح. و نقوی، ه. (۱۳۹۴) بررسی ارتباط شاخص‌های تحمل به تنش شوری با چند صفت فیزیولوژیکی در گندم نان. فصلنامه علوم گیاهان زراعی ایران ۴۶.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.21.1]

Aghaleh, M., Niknam, V., Ebrahimzadeh, H. and Razavi, K. (2009) Salt stress effects on growth, pigments, proteins and lipid peroxidation in *Salicornia persica* and *S. europaea*. Biologia Plantarum 53: 243-248.

Aghaleh, M., Niknam, V., Ebrahimzadeh, H. and Razavi, K. (2011) Effect of salt stress on physiological and antioxidative responses in two species of *Salicornia* (*S. persica* and *S. europaea*). Acta Physiologi Plantarum 33: 1261-1270.

Ahmad, S., Khosh kholgh, N. and Mirzaei, H. (2013) Effects of sodium chloride on physiological aspects of *Salicornia persica* growth. Journal of Plant Nutrition 36: 401-414.

Ahmad, P., Ahanger, M. A., Alyemeni, M. N., Wijaya, L. Alam, P. (2018) Exogenous application of nitric oxide modulates osmolyte metabolism, antioxidants, enzymes of ascorbate-glutathione cycle and promotes growth under cadmium stress in tomato. Protoplasma 255: 79-93.

Akhani, H. (2003) *Salicornia persica* AKHANI (Chenopodiaceae), a remarkable new species from centra Iran. Linzer Biologische Beitrage Journal 35: 637-61.

Ali, Q. and Ashraf, M. (2011) Exogenously applied glycinebetaine enhances seed and seed oil quality of maize (*Zea mays* L.) under water deficit conditions. Environmental and Experimental Botany 71: 249-255.

Alnusairi, G. S. H., Mazrou, Y. S. A., Qari, S. H., El- Kelish, A., Soliman, M., Eweis, M., Abdalaal, Kh., El- Samad, G. Ibrahim, M. and El-Nahhas, N. (2021) Exogenous nitric oxide reinforces photosynthetic efficiency, osmolyte, mineral uptake, antioxidant, expression of stress responsive genes and ameliorates the effects of salinity stress in wheat. Plants 10: 1693.

Aras, S., Keels, H. and Esitken, A. (2019) Snp mitigates malignant salt effects on apple plants. Erwerbs- Obstbau 62: 107-115.

Arora, D., Jain, P., Singh, N., Kaur, H. and Bhatls, S. C. (2016) Mechanisms of nitric oxide crosstalk with reactive oxygen species scavenging enzymes during abiotic stress tolerance in plants. Free Radical Research 50: 291-303.

Ashraf, M. (2009) Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. Biotechnology Advances Journal 27: 84e93.

Babri- Bonab, R., Saadatmand, S., Nazemiyeh, H. and Iran-Bokhsh, A. (2018) The effect of different concentrations of exogenous nitric oxide on several physiological and Biochemical parameters in NaCl-stressed coriander (*Coriandrum sativa* L.). Iranian Journal of Plant Physiology 8: 2517-2524.

Bahrami-Rad, S. and Hajiboland, R. (2017) Effect of potassium application in drought stressed tobacco (*Nicotinana rustica* L.) plants: Comparison of root with foliar application. Annals of Agricultural Sciences 62: 121-130.

Banerjee, A. and Roychoudhury, A. (2017) Abscisic acid dependent basic leucine zipper (bzip) transcription factors in plant abiotic stress. Protoplasma 254: 3-16.

Bates, L. S., Walden, R. P. and Teare, I. K. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil Journal 39: 205-208.

Boonyuen, C., Wangkar, S., Suntornwat, O. and Chaisuksant, R. (2009) Antioxidant capacity and phenolic content of *Mimusops elengi* fruit extract. Agriculture and Natural Resources 43: 21-27.

Cardenas-Perez, S., Rajabi Dehnavi, A., Lenszczynski, K., Lubinska-Mielinska, S., Ludwiczak, A. and Piernik, A. (2022) *Salicornia europaea* L. functional traits indicate its optimum growth. Plants 11: 1051.

Chang, C., Yang, M., Wen, H. and chern, J. (2002) Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis 10: 178-182.

Chen, J., Wang, W. H., Wu, F. H., He, E. M., Liu, X., Shanguanl, Z. P. and Zhang, H. L. (2015) Hydrogen sulfide enhances salt tolerance through nitric oxide mediated maintains of ion homeostasis in barley seedling roots. Scientific Reports 5: 12516.

Del Rio, L. A., Corpas, F. J. and Barroso, J. B. (2004) Nitric oxide synthase activity in plants. Phytochemistry 65: 783-792.

Dawood, M. G. and El-Awadi, M. E. (2015) Alleviation of salinity stress on *Vicia faba* L. plants via seed priming with melatonins. Acta Biologica Colomb 20: 223-235.

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

Fatma, M., Masood, A., Per., T. S. and Khan, N. A. (2016) Nitric oxide alleviates salt stress inhibited photosynthetic performance by interacting with sulfur assimilation in mustard. Front Plant Science 7: 521.

Ganjewala, D., Boba, S. and Raghavendra, A. S. (2008) Sodium nitroprusside affects the level of anthocyanin and flavonol glycosides in pea (*Pisum sativum* L. cv. Arkel) leaves. Acta Biologica Szegediensis 52: 301-305.

Garcia Lopez-Carrion, A. I., Castellano, R., Rosales, M. A., Ruiz, J. M. and Romero, L. (2008) Role of nitric oxide under saline stress: Implications on proline metabolism. Biologia Plantarum 52: 123-129.

Guo, L., Yang, R., Wang, Z., Guo, Q. and Gu, Z. (2014) Effect of NaCl stress on health-promoting compounds and antioxidant activity in the sprouts of three broccoli cultivars. International Journal of Food Sciences and Nutrition 65: 476-481.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.21.1]

Hamada, A. M. and EL-enany, A. E. (1994) Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element contents, and gas exchange of *broad bean* and *pea plants.* Biologia Plantarum 36: 75-81.

Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K. and Bohnert, H. J. (2000) Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Biology 51: 463-499.

Heath, R. L. and Packer, L. (1986) Photoperoxidation in isolated chloroplasts. Archives of Biochemistry and Biophysics 125: 1189-198.

Hichem, H., Mounir, D. and Naceur, E. A. (2009) Differential responses of two maizes (*Zea mays* L.) varieties to salt stress: Changes on polyphenols composition of foliage and oxidative damages. Journal of Industrial Crops and Products 30: 144-151.

Jovanka, M. D., Nemanja, S., Svetlana, R. Zivko, J., Aleksandar, M. and Vesna, M. (2013) Differential response of three contrasting pea (*Pisum arvense*, *P. sativum* and *P. fulvum*) species to salt stress: Assessment of variation in antioxidative defence and miRNA expression. Australian Journal of Crop Science 7: 2145-3512.

Karim, B. H. (2021) Nitric Oxide in Plant Biology. Academic Press.

Lamattina, L. M., Graziano, G. and Pagnussat, G. (2003) Nitric oxide: The versatility of an extensive signal molecule'. Annual Review of Plant Biology 54: 109-136.

Lichtenthaler, H. and Wellburm, A. R. (1983) Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transactions 603: 591-593.

Liu, M., Song, X. and Jang, Y. (2018) Growth, ionic response, and gene expression of shoots and roots of perennial ryegrass under salinity stress. Acta Physiologiae Plantarum 40: 112.

Misra, N. and Saxena, P. (2009) Effect of salicylic acid on proline metabolism in lentil grown under salinity stress. Journal of Plant Science 177: 181-189.

Molassiotis, A. N., Sotiropoulos, T., Tanou, G., Kofidis, G. and Diamantidis, G. (2006) Antioxidant and anatomical responses in shoot culture of the apple rootstock MM 106 treated with NaCl, KCl, manitol or sorbitol. Biology Plant 50: 61-68.

Nogues, S. and Baker, N. (2000) Effects of drought on photosynthesis in Mediterranean plants growing under enhanced UV- B radiation. Experimental Botany 51: 1309-1317.

Salama, F. M., Al-Hugail, A., Ali, M. and Abeed, A. (2022) Cd phytoextraction potential in Halophytes *Salicornia fruticose*: Salinity impact. Plants 11: 2556.

Salem, N., Msaada, K., Dhifi, W., Limam, F. and Marzouk, B. (2014) Effect of salinity on plant growth and biological activities of *Carthamus tinctorius* L. extracts at two flowering stages. Acta Physiologiae Plantarum 36: 433-445.

Seabra, A. B., Rai, M. and Duran, N. (2015) Emerging role of nanocarriers in delivery of nitric oxide for sustainable agriculture. Nanotechnologies in Food and Agriculture 183-207.

Sharma, A., shahzad, B., Rehman, A., Bhardwaj, R., Landi, M. and Zheng, B. (2019) Response of phenylpropanoid pathway and role of polyphenols in plants under abiotic stress. Molecules 24: 2452.

Silva, C., Fontes, E. and Modol, L. (2017) Salinity induced accumulation of endogenous H_2S and NO is associated with modulation of the antioxidant and redox defense systems in *Nicotiana tabacum* L. CV. Havana. Plant Science 256: 148-159.

Smillie, C. (2015) *Salicornia* spp. as a biomonitor of Cu and Zn in salt marsh sediments. Ecology Indicators 56: 70-78.

Seyednabi, B., Tayade, R., Hussain, A., Kulkarni, K., Imran, Q. M., Mun, B. and Yun, B. (2019) Plant responses to drought, salinity and heavy metals stress. Environmental and Experimental Botany 161: 120-133.

Xie, Ch., Wang, P., Sun, M., Gu, Z. and Yang, R. (2021) Nitric oxide mediates y-aminobutiric acid signaling to regulate phenolic compounds biosynthesis in *Soybean sprouts* under NaCl stress. Food Bioscience 44: 101356.

Zhao, L., Zhang, F., Guo, J., Yang, Y., Li, B. and Zhang, L. (2004) Nitric oxide functiona as signal in salt resistance in the calluses from two ecotypes of reed. Plant Physiology 13: 849-857.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.21.1]

Ameliorating effect of sodium nitroprusside on morphophysiological characteristics of *Salicornia persica* under salinity stress conditions

Zahra Akbari Fard[1], Masoume Maleki[1]*, Zahra Movahedi[2]

[1] Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Malayer University, Malayer, Iran
[2] Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran

(Received: 06/01/2023, Accepted: 21/02/2023)

Abstract

Salinity is one of the environmental stresses that has a negative effect on the growth process and its causes oxidative stress in plants. A factorial experiment was carried out in the form of a completely randomized design, in order to investigate the effect of SNP on reducing the oxidative stress of *Salicornia Persica*, under salt stress, with three repetitions. In this research, the effect of two levels of SNP (0 and 0.2 mM), three levels of salinity (0, 200, 500 microgram/ml sodium chloride) and three stages of harvest (1, 7 and 14 days) were evaluated. The results showed that the dry weight of aerial parts decreased with increasing salinity. The exception was an increase in salinity of 200. The positive effect of SNP was observed in salinity of 200 and 500. The content of relative water decreased with increasing salinity concentration and SNP caused the content of relative water increased at three levels of salinity. The amount of anthocyanin decreased with increasing salinity and SNP caused an increase in the amount of anthocyanin. Malondialdehyde increased with increasing salinity, and the application of SNP caused its decrease. The amount of phenol decreased with increasing salinity and SNP did not have a significant effect on phenol. However, the amount of flavonoids increased at 200 salinity compared to control and it's decreased at 500 salinity. Salinity stress caused an increase in the amount of sodium and the application of SNP caused it's to decrease. The amount of potassium increased at 200 and 500 salinity. The treatment of SNP caused an increase in the amount of potassium at 0 and 500 salinity. In general, it can be concluded that the treatment of SNP can increase *Salicornia Persica* Salinity tolerance.

Keywords: Flavonoid, *Salicornia persica*, Salinity stress, Sodium nitroprusside

Corresponding author, Email: masoumemaleki@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.21.1]