مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۰ شماره ۱ صفحه‌های ۸۷ تا ۹۸ (۱۳۹۸)
مقاله پژوهشی

اثر تنش شوری بر ویژگی‌های رشدی و زیست‌شیمیایی سه جمعیت گل محمدی ایران[1]

Effect of Salinity Stress on Growth and Biochemical Characteristics of Three Populations of Damask Rose of Iran

یوسف احمدی*، مرتضی خوشخوی، حسن صالحی، سعید عشقی، علی اکبر کامگار حقیقی و اکبر کرمی[2]

چکیده

تنش شوری ازجمله عامل‌های مهم محیطی است که موجب کاهش رشد و عملکرد گیاهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌گردد. در پژوهش حاضر پاسخ جمعیت‌های گل محمدی سه منطقه از ایران به تنش شوری بررسی گردید. آزمایش به‌صورت فاکتویل در قالب طرح به‌طور کامل تصادفی با ۵ تکرار بود. فاکتورها به‌صورت سه سطح شوری (آب چاه با هدایت الکتریکی ۰/۶، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر) و سه جمعیت گل محمدی (میمند، کاشان و لاله‌زار) بودند. نتیجه‌ها نشان داد که تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش معنی‌دار سطح برگ در جمعیت میمند و وزن خشک ریشه و شاخساره در جمعیت کاشان شد. مقدار سبزینه در تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد در جمعیت میمند دارای بیشترین کاهش (از ۰/۴۴ به ۰/۳ میلی‌گرم در وزن تازه) بود. افزایش سطح شوری به ۶ دسی‌زیمنس بر متر سبب افزایش معنی‌داری در سطح پرولین و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز (به ترتیب ۸/۴ و ۱۱/۷۶ واحد آنزیمی در میلی‌گرم وزن تازه) و سوپراکسید دیسموتاز (۷/۱۷ واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین) در برگ گیاهان جمعیت لاله‌زار شد. انباشت بیشترین مقدار یون سدیم و کلر در برگ‌ها اتفاق افتاد که جمعیت لاله‌زار در تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین غلظت یون سدیم (۱۹/۶ میکرومول در گرم وزن خشک) و جمعیت میمند بیشترین غلظت یون کلر (۱۱۱/۵۱ میکرومول در میلی‌گرم وزن خشک) را داشتند. با افزایش سطح تنش شوری مقدار یون پتاسیم در برگ هر سه جمعیت تغییر محسوسی نداشت در حالیکه مقدار آن در ساقه و ریشه با افزایش تنش شوری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین افزایش یون پتاسیم در ساقه (۱۰/۸۹ میکرومول در گرم وزن خشک) و ریشه (۶/۸۷ میکرومول در گرم وزن خشک) در تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر در جمعیت لاله‌زار مشاهده شد. در جمع، با توجه به داده‌های این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که جمعیت لاله‌زار بیشترین تحمل و جمعیت میمند کمترین تحمل را نسبت به تنش شوری داشتند.

واژه‌های کلیدی: گل محمدی، آنزیم، پرولین، تحمل به شوری.

مقدمه

گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) یکی از مهم‌ترین گونه‌های تیره وردسانان[3] می‌باشد. این گل دارای شاخه‌های گل دهنده زیاد و خاردار است که خارهایی ریز، پهن و قلابی شکل و گاهی سرخ‌رنگ دارند. این محصول در ۱۱ استان کشور تولید می‌شود که استان‌های اصفهان، فارس و کرمان از بیشترین سطح زیر کشت و تولید گل در کشور برخوردارند (۲).

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۷/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۶

۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استادان بخش علوم باغبانی دانشگاه شیراز، استاد بخش علوم و مهندسی آب دانشگاه شیراز و استادیار بخش علوم باغبانی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (ahmadi.y66@gmail.com)

۳- Rosaceae

در شرایط سخت محیطی مانند شوری آب و خاک و کمبود منابع آب، تنها تعداد کمی از گونه‌های گیاهی توانا به ادامه زندگی می‌باشند، زیرا این گیاهان از راه تحمل شوری و خشکی و یا به‌وسیله سازگاری فیزیولوژیکی و یا آناتومیکی که منجر به کاهش تلفات آب و یا تحمل شوری می‌شود، خود را در برابر این گونه شرایط سخت حفظ می‌نمایند (۱). شوری زمانی رخ می‌دهد که غلظت نمک در محیط ریشه‌های گیاه افزایش یابد (۲۳). ویژگی‌های عمومی خاک شور به‌دلیل غلظت بالای نمک حل‌شده است. نش شوری باعث ایجاد پتانسیل اسمزی بالا و قابلیت دسترسی کمتر آب در گیاه می‌شود. از سوی دیگر، غلظت بیش از حد یون‌ها، به‌ویژه Na^+ وCl^-، نه‌تنها موجب از دست دادن تعادل یونی می‌شود، بلکه منجر به ایجاد سمیت یون در گیاه می‌گردد (۲۴). جذب یون سدیم در گیاهان به‌طور فعال از راه پمپ یونی در ریشه انجام می‌شود درحالی‌که جذب غیرفعال به‌ندرت رخ می‌دهد. افزایش غلظت یون‌های سدیم در گیاه موجب کاهش جذب یون‌های پتاسیم می‌شود. هم‌چنین، با افزایش جذب یون‌های سدیم جذب کاتیون‌ها مانند کلسیم و منیزیم توسط گیاه کاهش پیدا می‌کند. با کاهش جذب این کاتیون‌های مهم، فعالیت‌های برخی از آنزیم‌ها و مقدار سبزینه به‌طور قابل‌توجهی زیر تأثیر قرار می‌گیرد (۱۳). انتقال یون کلر در گیاه در جریان تعرق اتفاق می‌افتد که این موضوع توجیه‌گر مسئله انباشت کلر در برگ و آسیب رساندن به آن می‌باشد (۲۵). نتیجه‌های پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهند گیاهانی که در شرایط شوری بالا رشد می‌کنند، آمینو اسید پرولین،۷۰٪ از آمینو اسیدهای آزاد گیاه را تشکیل می‌دهد. شوری بالا با جلوگیری از فعالیت بسیاری از آنزیم‌های مؤثر مانند روبیسکو و فسفوآنول پیرووات کربوکسیلاز و مالات دهیدروژناز منجر به اختلال در چرخه متابولیکی و فرایندهای مهم مانند نورساخت می‌شود. این اختلال‌ها در نهایت باعث کاهش کربوهیدرات‌های ضروری گیاه می‌شود (۱۵). هم‌چنین غلظت بیش از حد نمک از فعالیت بیشتر آنزیم‌ها جلوگیری می‌کند. از سوی دیگر تنش شوری، به‌دلیل اثر اسمزی سبب کمبود آب در گیاهان می‌شود. کمبود آب به تشکیل انواع گونه‌های فعال اکسیژن[1]منجر می‌شود. انواع اکسیژن‌های فعال شده به‌طور جدی به سوخت و سازهای طبیعی گیاه آسیب وارد می‌کنند. گیاهان در این شرایط با تولید آنزیم‌هایی مانند سوپراکسید دیسموتاز، سوپراکسید را به پراکسید هیدروژن تبدیل کرده و آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز، پراکسید هیدروژن را تجزیه می‌کنند و از اثرهای زیان‌بار آن‌ها جلوگیری می‌کنند (۱). گزارش شده که افزایش شوری سبب کاهش در طول ریشه، طول ساقه، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، درصد زیست‌توده، نسبت ساقه به ریشه، ارتفاع گیاه و سطح برگ می‌شود (۱۵). در مطالعه‌ای مقدار تحمل به شوری گل محمدی در سه سطح شوری ۱، ۲ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر سنجیده شد و بیان شد که با افزایش سطح شوری سطح برگ، مقدار محتوی نسبی آب برگ، کلروفیل برگ و مقدار عنصرهای نیتروژن، فسفر، کلسیم، پتاسیم و منیزیم کاهش یافتند و مقدار قندهای محلول، پرولین و آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز افزایش یافتند (۳). از این دیدگاه، توجه به کیفیت آب آبیاری، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های زیر کشت، وضعیت عنصرهای غذایی گیاه و کیفیت گل ضروری است. به‌طورکلی، کیفیت آب آبیاری برای گیاهان زینتی دارای اهمیت می‌باشد. از این نظر، شوری آب بین ۰/۷۵ تا ۳ دسی‌زیمنس بر متر دشواری‌هایی را برای ورد ایجاد کرد (۱۲). با توجه به اهمیت اقتصادی این گل و شور شدن آب و خاک در اثر خشک‌سالی‌های اخیر، به نظر می‌رسد که گزینش گل محمدی متحمل به شوری می‌تواند از اهمیت برخوردار باشد. این پژوهش کوششی برای یافتن مقدار تحمل به شوری مهمترین جمعیت‌های گل محمدی ایران است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، واقع در باجگاه (طول ۵۲ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و عرض ۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی) با دمای ۲۵ درجه سلسیوس در روز و ۱۷ درجه سلسیوس در شب و رطوبت نسبی ۵۰ تا ۶۰٪ انجام گردید. در این پژوهش از سه جمعیت گل محمدی جمع‌آوری شده از سه استان از سطح ایران استفاده شد. تمام گیاهان مورد استفاده به‌صورت پاجوش بودند. سعی شد که از گیاهان با یک اندازه (از نظر قطر) استفاده شود و پس از کشت و استقرار، گیاهان همه در یک ارتفاع سرزنی شدند.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با پنج تکرار اجرا شد. فاکتورها به‌صورت تنش شوری و جمعیت بودند. شوری در سه سطح شاهد (آب چاه با هدایت الکتریکی ۰/۶) و هدایت الکتریکی سه و شش دسی‌زیمنس بر متر بود.

۱- Reactive oxygen species (ROS)

برای تهیه محلول‌های آبیاری تنش شوری از کلراید سدیم[1]با غلظت ۱/۵ گرم در لیتر برای هدایت الکتریکی سه دسی‌زیمنس بر متر و ۳/۰۶ گرم در لیتر برای هدایت الکتریکی شش دسی‌زیمنس بر متر، استفاده شد. جمعیت‌های مورد استفاده از سه منطقه میمند (استان فارس)، کاشان (استان اصفهان) و لاله‌زار (استان کرمان) تهیه شدند. بستر مورد استفاده شامل خاک، خاکبرگ و ماسه به نسبت ۱:۱:۲ بود. خاک زراعی از محل کوی اساتید دانشکده کشاورزی شیراز تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. برخی از ویژگی‌های بستر مورد آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. وزن هر گلدان ۲۵۰ گرم بود. در کف هر گلدان مقدار ۱۵۰ گرم سنگ ریزه که از قبل شسته شده بود، ریخته شد. مقدار بستر مورد استفاده برای هر گلدان ۷ کیلوگرم بود. جمع وزن گلدان، سنگ ریزه و بستر ۷/۴ کیلوگرم بود. برای انجام آزمایش از گلدان‌های با ارتفاع ۲۶ سانتی‌متر، قطر دهانه ۲۵ سانتی‌متر و قطر بنه ۱۷ سانتی‌متر استفاده شد. برای تمام گلدان‌ها از زیرگلدانی استفاده شد به صورتی که زه‌آب در آن باقی می‌ماند. آبیاری هر ۴ روز یک‌بار با توجه به نیاز گیاه و بر اساس ظرفیت زراعی خاک انجام شد. به‌طوری که در هر نوبت آبیاری به هر گلدان مقداری آب داده شد تا به ظرفیت زراعی برسد. این مقدار بر اساس روش وزنی با وزن کردن هر گلدان به‌دست آمد.

اعمال تنش شوری

یک ماه پس از سرزنی گیاهان و استقرار کامل آن‌ها به‌منظور جلوگیری از شوک ناگهانی و ناشی از غلظت زیاد نمک، به صورت تدریجی (۲۰ روز معادل ۵ دور آبیاری) مقدار شوری آب آبیاری افزوده شد (۲۸) تا به بالاترین سطح شوری برسد. افزایش تدریجی به صورتی بود که در هر نوبت آبیاری نزدیک به ۲۰٪ هدایت الکتریکی آب آبیاری افزایش می‌یافت که برای تیمار با هدایت الکتریکی ۳ دسی‌زیمنس بر متر در نوبت اول تا پنجم آبیاری به‌ترتیب برابر با ۰/۶، ۱/۲، ۱/۸، ۲/۴ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر و برای تیمار با هدایت الکتریکی ۶ دسی‌زیمنس بر متر برابر با ۰/۶، ۱/۹۲، ۳/۲۴، ۴/۵۶ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر بود. به منظور جلوگیری از انباشت نمک، مقدار ۳۰٪ ظرفیت زراعی آب بیشتری به گلدان‌ها داده شد، به‌طوری که زه آب از ته گلدان‌ها خارج شد. تنش شوری ۶۰ روز ادامه یافت.

جدول۱- ویژگی‌های آمیخته خاکی مورد استفاده در این پژوهش.

Table 1. Characteristics of potting mix used in this study.

شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	واکنش گل اشباع pH of Saturated paste	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	درصد کربن آلی Organic carbon (%)	سدیم Na ($mg\ K^{-1}$)	پتاسیم K ($mg\ K^{-1}$)	کلسیم Ca ($mg\ K^{-1}$)	منیزیم Mg ($mg\ K^{-1}$)	آهن Fe ($mg\ K^{-1}$)	روی Zn ($mg\ K^{-1}$)	نیتروژن N (%)	رطوبت اشباع خاک Soil Saturated water (٪)	ظرفیت زراعی Field Capacity (٪)
14.4	44	41.6	7.1	0.53	1.19	6.3	480	68.2	52.1	7.8	1.3	0.11	50	25

ویژگی‌های اندازه‌گیری شده

اندازه‌گیری رشد

ارتفاع شاخه (با استفاده از متر) و وزن خشک ریشه‌ها و شاخساره‌ها در پایان آزمایش اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به‌طور جداگانه در پاکت‌های کاغذی به‌مدت سه روز در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در خشک‌کن خشک و سپس با ترازوی دیجیتال وزن شدند.

مواد معدنی بافت‌های ریشه، ساقه و برگ

در پایان آزمایش، برگ‌ها، ساقه و ریشه هر گیاه به‌طور جداگانه با آب مقطر شسته شد. بافت‌های خشک شده در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک‌کن، پس از سه روز آسیاب و پودر شدند. سپس برای اندازه‌گیری یون‌های سدیم و پتاسیم یک گرم از پودر خشک هر نمونه وزن و در کروزه چینی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس پس از ۵ ساعت به خاکستر تبدیل شدند. پس از عصاره‌گیری با کلریدریک اسید ۲ نرمال مقدار سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (Model PEP7, Jenway, Dunmow, UK) خوانده شد (۸). برای اندازه‌گیری کلر ۱۰۰ میلی‌گرم از بافت گیاهی پودر شده

۱- NaCl

درون لوله فالکن ریخته و پس از افزودن ۱۰ میلی‌لیتر نیتریک اسید ۰/۵ مولار و قرار دهی به مدت یک ساعت در دمای ۸۰ درجه سلسیوس در خشک‌کن عصاره‌گیری انجام شد. مقدار یک میلی‌لیتر از عصاره برای خواندن کلر طبق روش رنگ‌سنجی در طول موج ۴۸۰ نانومتر توسط دستگاه اپوچ (مدل LMS-1003, USA)، استفاده شد (۱۶).

سطح برگ و مقدار کلروفیل

سطح برگ به کمک دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل Lpi210 ساخت کشور انگلستان) و مقدار کلروفیل از روش Saini (۱۷) با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل ۲۰-۱۲۰ UV ساخت کشور ژاپن) اندازه‌گیری شد. برای کلروفیل مقدار جذب در دو طول موج ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر اندازه‌گیری شد و سپس مقدار سبزینه برگ با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد:

$$\text{Chl a (mg g}^{-1}\text{ F.w.)} = [12.25(A_{663}) - 2.79\,(A_{645}) \times V/\,(W\times 1000)]$$
$$\text{Chl b (mg g}^{-1}\text{ F.w.)} = [21.50\,(A_{645}) - 5.10\,(A_{663}) \times V/\,(W\times 1000)]$$
$$\text{Total Chl. (mg g}^{-1}\text{ F.w.)} = [20.2\,(A_{645}) + 8.02\,(A_{663}) \times V/\,(W\times 1000)]$$

سنجش مقدار پرولین

دودهم گرم وزن تر از شاخساره گیاه در ۵ میلی‌لیتر سولفو سالیسیلیک اسید ۳٪ (آبی) سائیده شد و همگن حاصل با استفاده از کاغذ صافی واتمن، صاف گردید. از عصاره حاصل، ۱ میلی‌لیتر در لوله آزمایش ریخته شد و روی آن ۱ میلی‌لیتر ناین هیدرین و ۱ میلی‌لیتر استیک اسید خالص افزوده گردید. لوله‌های آزمایش، به‌مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس در حمام آب گرم قرار گرفتند. بی‌درنگ بعد از خارج کردن لوله‌ها از حمام آب گرم، آن‌ها به درون ظرف‌های حاوی آب یخ (برای متوقف شدن واکنش) منتقل شدند. در این مرحله به هر لوله آزمایش ۲ میلی‌لیتر تولوئن افزوده و به‌مدت ۲۰ ثانیه به‌شدت تکان داده شد تا این‌که دو لایه مجزا از یکدیگر تشکیل گردید. بخش رنگی بالایی دارای تولوئن از بخش پایینی (آبی) توسط سرنگ جدا و در دمای آزمایشگاه خنک گردید. مقدار جذب بخش بالایی در طول موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از شاهد تولوئن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Spectronic 20 D ساخت شرکت Milton Roy) خوانده شد. غلظت پرولین نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد پرولین بر اساس وزن تر محاسبه گردید (۶).

سنجش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

برای تهیه عصاره گیاهی از بافر استخراج استفاده شد که برای تهیه ۵۰ میلی‌لیتر از آن ۰/۶۰۷ گرم تریس با ۰/۰۵ گرم PVP[1]در ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر به‌خوبی حل و سپس pH محلول با کلریدریک اسید به ۸ رسانده شد و پس از آن محلول به حجم نهایی ۵۰ میلی‌لیتر رسید. برای عصاره‌گیری، ابتدا ۰/۵ گرم نمونه برگ تازه در نیتروژن مایع به‌طور کامل خرد و سپس ۲ میلی‌لیتر از بافر یاد شده به آن افزوده و درون هاون چینی به‌طور کامل همگن شد. آمیخته به‌دست‌آمده در لوله اپیندورف ریخته و به‌مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ شد و از عصاره رویی برای سنجش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز استفاده شد (۱۱).

فعالیت آنزیم کاتالاز از روش Dhindsa و همکاران اندازه‌گیری شد (۹). بر اساس این روش ۵۰ میکرولیتر از عصاره گیاهی، با ۱ میلی‌لیتر محلول اندازه‌گیری کاتالاز که شامل ۵۰ میلی‌مول بافر فسفات پتاسیم (۷ =pH) و ۱۵ میلی‌مول پراکسید هیدروژن (H_2O_2) بود آمیخته شد. پس از گذشت ۱ دقیقه جذب آن در طول موج ۲۴۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد.

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز از روش Chance & Maehly استفاده شد (۷). اندازه‌گیری بر اساس مقدار اکسید شدن گایاکول توسط این آنزیم بود. در این روش ۳۳ میکرولیتر از عصاره گیاهی را با ۱ میلی‌لیتر از محلول اندازه‌گیری پراکسیداز که شامل ۱۳ میلی‌مولار گایاکول، ۵ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات پتاسیم (۷ =pH) است مخلوط نموده و به مدت ۱ دقیقه در طول موج ۴۷۰ نانومتر جذب آن خوانده شد.

فعالیت آنزیم سوپراُکسید دیسموتاز از روش اندازه‌گیری توانایی آن در جلوگیری از احیای نوری نیتروبلوتترازولیوم کلراید (NBT) اندازه‌گیری شد (۹). سه میلی‌لیتر مخلوط واکنش شامل فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار (۷/۸ =pH)، متیونین ۱۳ میلی‌مولار، نیتروبلوتترازولیوم کلراید ۷۵ میکرومولار، اتیلن دی‌آمین ترا استیک اسید ۰/۱ میلی‌مولار، ریبوفلاوین ۳۶۰

۱- Polyvinyl pyrolidone

میکرومولار و ۳۰ میکرو لیتر عصاره خام بود. پس‌از این‌که مخلوط به هم زده شد، سل‌های اسپکتروفتومتر به مدت ۱۰ دقیقه در زیر یک لامپ فلورسنت ۱۵W به فاصله ۳۵ سانتی‌متر قرار داده شدند. با خاموش کردن لامپ واکنش متوقف و جذب مخلوط واکنش در ۵۶۰ نانومتر خوانده شد. یک واحد فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز، مقدار آنزیمی در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند تا ۵۰٪ مانع از احیای نوری نیتروبلوتترازولیوم کلراید گردد. فعالیت ویژه آنزیم به‌صورت تعداد واحدهای آنزیم در میلی‌گرم پروتئین گزارش گردید.

واکاوی داده‌ها

نتیجه‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (SAS Inc., Cary, NC, USA. Version 9.1) واکاوی شدند و میانگین‌ها با استفاده از آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج

اثر شوری بر رشد

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که ویژگی‌های ارتفاع، سطح برگ، وزن خشک شاخساره و وزن خشک ریشه با افزایش سطح تنش شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. با توجه به نتیجه‌های به‌دست آمده ارتفاع گیاه در جمعیت میمند با افزایش شوری ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت اما در جمعیت‌های دیگر با افزایش شوری ارتفاع کاهش یافت (جدول ۲، شکل ۱). اندازه سطح برگ جمعیت میمند در تیمار شاهد بیشتر از سطح برگ دو جمعیت کاشان و لاله‌زار در همین تیمار بود که می‌تواند به علت اختلاف ارتفاع از سطح دریای منطقه میمند (۱۵۵۲ متر ارتفاع از سطح دریا) نسبت به منطقه‌های کاشان (۱۹۶۷ متر) و لاله‌زار (۲۹۰۳ متر) باشد. بیشترین کاهش سطح برگ در اثر تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد در جمعیت میمند با ۲۳٪ و کمترین آن با ۲۰٪ در جمعیت لاله‌زار مشاهده شد. افزایش سطح شوری اثر معنی‌داری را بر وزن خشک شاخساره و ریشه داشت (جدول ۲). وزن خشک شاخساره تیمار شاهد با تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر در هر سه جمعیت اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین کاهش وزن خشک شاخساره مربوط به تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد (از ۷۷/۶۹ گرم به ۵۵/۷۸ گرم) در جمعیت کاشان بود. تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد بیشترین کاهش وزن خشک ریشه را در جمعیت‌های کاشان (از ۳۷/۶۱ به ۱۸/۹۱ گرم) و لاله‌زار (از ۳۹/۰۱ به ۲۰/۷۷گرم) داشت (جدول ۲).

جدول ۲- اثر تنش شوری بر میانگین سطح برگ، ارتفاع گیاه، وزن خشک شاخساره و وزن خشک ریشه ۳ جمعیت گل محمدی ۶۰ روز پس از کاربرد تیمارهای شوری.

Table 2. Effect of salinity stress on the average of leaf area, plant height, and shoot and root dry weights of three populations of damask rose 60 days after application of salinity treatments.

جمعیت Population	سطح شوری Salinity level ($dS\ m^{-1}$)	سطح برگ Leaf area (cm^2)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	وزن خشک شاخساره Shoot dry weight (g)	وزن خشک‌ریشه Root dry weight (g)
میمند Meymand	0.6	34.95 a†	57.70 a	83.78 a	42.28 a
	3	31.43 b	58.03 a	74.71 bc	32.45 bc
	6	26.81 cd	44.70 bc	76.24 bc	31.87 bc
کاشان Kashan	0.6	28.86 bc	53.62 ab	77.69 b	37.61 ab
	3	27.47 cd	45.76 abc	72.81 c	34.13 bc
	6	22.31 ef	41.38 bc	55.78 f	18.97 d
لاله‌زار Lalehzar	0.6	24.97 de	50.92 abc	76.88 bc	39.01 ab
	3	23.05 e	47.64 abc	68.85 d	28.37 c
	6	19.57 f	38.60 c	61.25 e	20.77 d

†Means in each column followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, using LSD test.

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند، در سطح احتمال ۰/۰۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

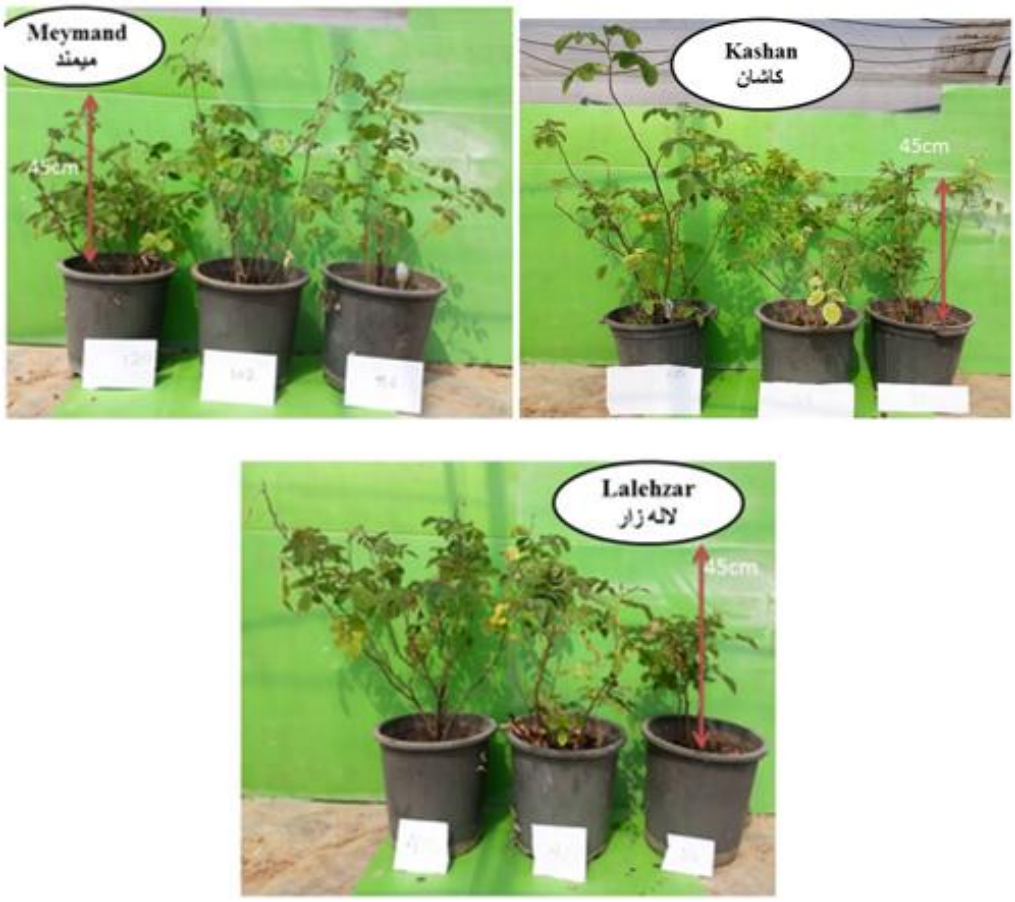

Fig. 1. Effect of salinity stress on the height of three damask rose populations (In all pictures from left to right the control treatment, salinity 3 and 6 dS m^{-1}).

شکل ۱- اثر تنش شوری بر ارتفاع سه جمعیت گل محمدی (در همه عکس‌ها از چپ به راست تیمار شاهد، شوری ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر).

کلروفیل

روند تغییر در مقدار کلروفیل برگ نشان داد که با افزایش سطح شوری، میزان کلروفیل کاهش خواهد یافت. در تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین کاهش مقدار کلروفیل a نسبت به شاهد در جمعیت میمند با ۲۳٪ و کمترین کاهش با ۱۹٪ در جمعیت لاله‌زار مشاهده شد (جدول ۳). بیشترین مقدار کاهش کلروفیل b نسبت به تیمار شاهد (۴۲٪) در تیمارشوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر در جمعیت میمند و کمترین کاهش کلروفیل b نسبت به تیمار شاهد (۱۸٪) در جمعیت کاشان مشاهده شد. با توجه به نتیجه‌های جدول ۳، کاهش کلروفیل کل در برگ گیاهان جمعیت میمند در تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد ۳۱٪ و این کاهش در جمعیت‌های کاشان و لاله‌زار ۱۹٪ بود.

مقدار یون سدیم

در هر سه جمعیت با افزایش شوری، مقدار سدیم برگ، شاخساره و ریشه به‌طور چشمگیری نسبت به شاهد افزایش یافت. در برگ در تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین انباشت یون سدیم در جمعیت لاله‌زار و کمترین آن در جمعیت میمند مشاهده شد. در حالی‌که در ساقه و ریشه بیشترین انباشت یون سدیم در تیمار ۳ دسی‌زیمنس بر متر بود که بیشترین مقدار آن در جمعیت لاله‌زار مشاهده شد. چگونگی توزیع یون سدیم در برگ نشان داد که با افزایش سطح شوری، گل محمدی مقدار بیشتری از سدیم را در برگ خود انباشت می‌دهد و انباشت یون سدیم در ساقه و ریشه کاهش پیدا می‌کند. بدین‌صورت که تیمار ۳ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین انباشت یون سدیم در شاخساره و ریشه را داشت (شکل ۲).

جدول ۳- اثر تنش شوری بر میانگین غلظت‌های کلروفیل a، b و کل در سه جمعیت گل محمدی، ۶۰ روز پس از کاربرد تیمارهای شوری.

Table 3. Effect of salinity stress on the average of chl $_a$, chl $_b$, and total chl. concentrations in three damask rose populations, 60 days after application of salinity treatments.

جمعیت Population	سطح شوری Salinity level ($dS\ m^{-1}$)	کلروفیل a Chl a (mg^{-1} FW)	کلروفیلb Chl b (mg^{-1} FW)	کلروفیل کل T. Chl (mg^{-1} FW)
میمند Meymand	0.6	0.29 ab†	0.14 a	0.44 ab
	3	0.25 bc	0.12 a	0.38 def
	6	0.22 c	0.08 b	0.30 g
کاشان Kashan	0.6	0.33 a	0.12 a	0.46 a
	3	0.29 ab	0.11 ab	0.39 cd
	6	0.27 bc	0.1 ab	0.37 ef
لاله زار Lalehzar	0.6	0.29 ab	0.11 a	0.40 bc
	3	0.25 bc	0.08 b	0.33 de
	6	0.24 c	0.07 b	0.31 f

†Means in each column followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, using LSD test.

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

مقدار یون کلر و پتاسیم

اندازه‌گیری یون کلر در هر سه جمعیت نشان داد که تنش شوری سبب افزایش مقدار کلر در همه قسمت‌های گیاه شد (جدول ۴). بررسی تغییرهای غلظت یون کلر در ریشه نشان داد که با افزایش شوری انباشت یون کلر نسبت به تیمار شاهد در هر سه جمعیت به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد و بیشترین انباشت یون کلر در تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر در جمعیت لاله‌زار مشاهده شد که با دیگر تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری داشت. در تیمار ۳ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین انباشت یون کلر در ساقه گیاهان جمعیت میمند و کمترین آن در جمعیت لاله‌زار بود، درحالی‌که در تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین انباشت یون کلر در ساقه گیاهان جمعیت میمند و سپس به‌ترتیب در جمعیت لاله‌زار و کاشان مشاهده شد. بیشترین انباشت یون کلر در برگ، مربوط به تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر در جمعیت میمند و کمترین آن در جمعیت لاله‌زار مشاهده شد (جدول ۵). روند تغییرهای یون پتاسیم برگ دو جمعیت میمند و کاشان به‌صورتی بود که با افزایش سطح شوری ابتدا کاهش و پس از آن افزایش پیدا کرد، اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند. درحالی‌که در ساقه و ریشه گیاه با افزایش سطح شوری مقدار انباشت یون پتاسیم در هر سه جمعیت به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۴).

پرولین

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که متناسب با افزایش سطح تنش شوری مقدار پرولین برگ در هر سه جمعیت گل محمدی میمند، کاشان و لاله‌زار به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری‌که کمترین مقدار پرولین در تیمار شاهد و بیشترین مقدار آن در تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. جمعیت لاله‌زار در مقایسه با دو جمعیت دیگر بیشترین مقدار انباشت پرولین در گیاهان شاهد و تنش دیده را نشان داد. داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار افزایش پرولین نسبت به شاهد در جمعیت کاشان با ۲۶/۷۷ و پس از آن در جمعیت لاله‌زار و میمند به‌ترتیب با ۲۵/۰۴ و ۲۳/۳۷ میکرومول در میلی‌گرم وزن تازه بود (جدول ۵).

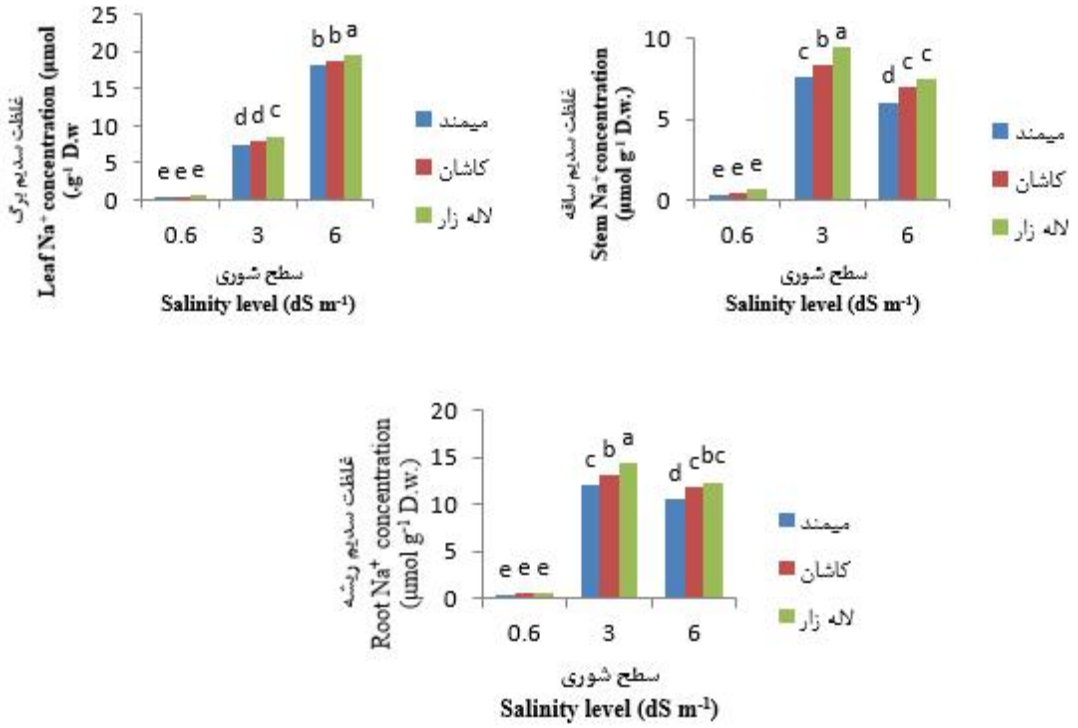

Fig. 2. Effects of salinity stress on the concentration of leaf, stem, and root Na^+in three damask rose populations, 60 days after application of salinity treatments.

شکل ۲- اثر تنش شوری بر مقدار یون سدیم در برگ، ساقه و ریشه سه جمعیت گل محمدی ۶۰ روز پس از کاربرد تیمارهای شوری.

جدول ۴- اثر شوری بر غلظت یون کلر و پتاسیم ۳ جمعیت گل محمدی ۶۰ روز پس از کاربرد تنش شوری.

Table 4. Effect of salinity on average of Cl^- and K^+ Concentration of three damask rose populations 60 days after salt application.

جمعیت Population	سطح شوری Salinity level (dS m^{-1})	یون پتاسیم K^+ Concentration (µmol g^{-1} DW)			یون کلر Cl^- Concentration (µmol g^{-1} DW)		
		برگ Leaf	ساقه Shoot	ریشه Root	برگ Leaf	شاخساره Shoot	ریشه Root
میمند Meymand	0.6	11.28 a†	1.05 d	0.65 f	45.90 e	3.77 fg	1.46 d
	3	9.68 a	6.21 c	3.00 e	71.13 d	5.50 cd	2.01 c
	6	10.70 a	8.63 b	4.93 c	111.51 a	7.44 a	3.66 b
کاشان Kashan	0.6	10.97 a	0.95 d	0.55 f	38.68 e	2.58 h	1.56 d
	3	9.90 a	6.12 c	3.16 e	75.75 cd	4.88 de	2.02 c
	6	11.24 a	9.39 b	5.99 b	97.41 ab	6.23 bc	3.56 b
لاله‌زار Lalehzar	0.6	10.39 a	1.41 d	0.61 f	35.18 e	2.90 gh	1.33 d
	3	10.22 a	6.55 c	4.32 d	62.88 d	4.48 ef	2.03 c
	6	9.68 a	10.89 a	6.87 a	90.27 bc	6.87 ab	3.98 a

†Means in each column followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, using LSD test.

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند، در سطح احتمال ۰/۰۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز

تنش شوری در هر سه جمعیت سبب افزایش مقدار فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز شد. بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز در جمعیت لاله‌زار زیر تنش شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد مشاهده شد که با

جمعیت کاشان تفاوت آماری معنی‌داری نداشت. نتیجه‌ها نشان داد که بیشترین سطح تغییرها در فعالیت آنزیم کاتالاز، پراکسیداز و سوپر اکسیداز در جمعیت لاله‌زار به‌ترتیب با ۷/۷۲، ۹/۴۸ و ۶/۲۶ واحد آنزیمی در میلی‌گرم وزن تازه بود. فعالیت این آنزیم‌ها با افزایش شوری در جمعیت کاشان نسبت به میمند بیشتر بود. گیاهان جمعیت لاله‌زار بیشترین مقدار تولید این سه آنزیم را با افزایش سطح تنش شوری داشتند (جدول ۵).

بحث

نتیجه‌ها نشان داد که تیمار شوری اثر منفی بر ویژگی‌های رشدی گل محمدی داشته و سبب تغییرهایی در ویژگی‌های زیست‌شیمیایی گل محمدی شد. به‌دلیل جذب نامناسب آب، کاهش رشد به عنوان شاخص آشکار اثر شوری در گیاه اتفاق می‌افتد (۳). تنش شوری به روش‌های گوناگونی سبب کاهش رشد گیاهان می‌شود، هرچند سهم هرکدام از این عامل‌ها به‌درستی مشخص نیست (۱۰). کاهش پایداری غشای یاخته‌ای، کاهش فعالیت آنزیم‌های نورساختی، کاهش نورساخت، کاهش آماس یاخته‌ها و در نتیجه کاهش توسعه برگ‌ها، اختلال در جذب یون‌ها و به‌ویژه انباشت یون‌های سدیم و کلر در برگ و در نهایت کاهش رشد رویشی و عملکرد اقتصادی از اثرهای منفی تنش شوری بر گیاهان می‌باشد. از این رو کاهش رشد و عملکرد گیاه در اثر شوری می‌تواند در اثر تغییر در انتقال فراورده‌های نورساختی به ریشه‌ها، کاهش رشد بخش هوایی به‌ویژه برگ‌ها و یا به‌دلیل بسته شدن جزئی یا کلی روزنه‌ها یا به علت اثر مستقیم نمک بر سیستم نورساختی و یا تأثیر بر توازن یونی باشد (۲۳).

جدول ۵- اثر تنش شوری بر مقدار پرولین و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز در سه جمعیت گل محمدی، ۶۰ روز پس از کاربرد تیمارهای شوری.

Table 5. Effect of salinity stress on the mean proline content and the activity of CAT, POD, and SOD in three damask rose populations, 60 days after application of salinity treatments.

جمعیت Population	سطح شوری Salinity level ($dS\ m^{-1}$)	پرولین Prolin ($\mu mol\ mg^{-1}$ FW)	کاتالاز CAT ($U\ mg^{-1}$ FW)	پراکسیداز POD ($U\ mg^{-1}$ FW)	سوپر اکسید دیسموتاز SOD ($U\ mg^{-1}$ protein)
میمند Meymand	0.6	118.22 d†	0.51 d	1.92 d	0.95 f
	3	127.89 c	2.08 c	7.08 c	3.30 e
	6	142.27 b	6.34 b	9.50 b	5.23 c
کاشان Kashan	0.6	122.24 d	0.42 d	1.82 d	0.85 f
	3	131.81 c	3.01 c	6.99 c	3.46 e
	6	149.01 a	7.66 a	10.26 b	6.29 b
لاله زار Lalehzar	0.6	130.47 c	0.68 d	2.28 d	0.91 f
	3	139.82 b	2.81 c	7.42 c	4.62 d
	6	153.84 a	8.40 a	11.76 a	7.17 a

†Means in each column followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, using LSD test.

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند، در سطح احتمال ۰/۰۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

اولین پاسخ گیاه به تنش شوری کاهش ارتفاع و سطح برگ می‌باشد که از شاخص‌های رشدی هستند. بنابراین این موضوع سبب کاهش انباشت ماده خشک حاصل از نورساخت می‌شود (۲۴). ممکن است کاهش ارتفاع بوته و وزن خشک ریشه و ساقه به علت اثرهای پتانسیل اسمزی بالای محلول خاک باشد که جذب آب و عنصرهای غذایی را کاهش داده و درنهایت باعث کاهش رشد ریشه و شاخساره می‌شود. پس می‌توان بیان کرد که نخستین تأثیر شوری بر گیاه مربوط به‌کل نمک‌های محلول در خاک است که کاهش پتانسیل اسمزی را به دنبال دارد. با کاهش پتانسیل اسمزی انرژی آزاد آب کاهش‌یافته و گیاه برای به دست

آوردن مقدار مشخصی آب باید انرژی بیشتری صرف کند. بنابراین، بخشی از انرژی که گیاه برای رشد و نمو به آن نیاز دارد، صرف به دست آوردن آب شده و بدین ترتیب رشد عمومی آن کاهش می‌یابد (۵). در پژوهشی که در سال ۲۰۱۴ روی گل محمدی انجام شد، نتیجه‌ها نشان داد که سطح و محتوی نسبی آب برگ با افزایش سطح شوری کاهش یافت (۳). هم‌چنین نتیجه‌های پژوهش آبیاری سه پایه ورد با آب شور نشان داد که این گیاهان با افزایش شوری روند کاهش رشد، وزن خشک شاخساره و ریشه و کیفیت ظاهری بوته را نشان دادند (۱۷). ممکن است کاهش رشد رویشی گیاه در اثر تنش شوری به دلیل کاهش در دو فرایند تقسیم و بزرگ شدن یاخته‌ای باشد. از سوی دیگر جلوگیری از رشد شاخه‌ها می‌تواند یک نوع سازگاری از طرف گیاه باشد (۳). در پژوهشی دیگر روی گل محمدی بیان شد که با افزایش سطح شوری از ۰/۰۵ به ۰/۲٪ سدیم کلراید، رشد گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (۱۵). شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش معنی‌دار رشد رویشی در گل محمدی شد (۳).

شوری زمانی رخ می‌دهد که غلظت نمک در محیط ریشه‌های گیاه افزایش می‌یابد. ویژگی‌های عمومی خاک شور به دلیل غلظت بالای نمک حل‌شده است. تنش شوری باعث ایجاد فشار اسمزی بالا و قابلیت دسترسی کمتر آب در گیاه می‌شود. از سوی دیگر، غلظت بیش از حد یون‌ها، به‌ویژه Na^+ و Cl^-، نه‌تنها موجب از دست دادن تعادل یونی می‌شود، بلکه منجر به ایجاد سمیت یون در گیاه می‌گردد (۱۹). نتیجه‌های چندین پژوهش در مورد گیاه ورد نشان داد که با افزایش شوری، انباشت یون‌های سدیم و کلر در اندام‌های برگ، ساقه و ریشه افزایش پیدا کرد که همزمان با این اتفاق، میزان رشد و کیفیت ظاهری گیاه زیر تاثیر قرار گرفت و کاهش یافت (۱۷، ۳، ۲۳). هم‌چنین با توجه به نتیجه‌های به دست آمده از این پژوهش افزایش سطح شوری سبب انباشت بیشتر یون‌های سدیم و کلر در اندام‌های برگ، ساقه و ریشه گل محمدی شد. البته باید بیان کرد که در بین جمعیت‌های گل محمدی به کار گرفته در این پژوهش تفاوت‌هایی از نظر مقدار انباشت یون‌های سدیم و کلر مشاهده شد. جمعیت لاله‌زار در تمام سطوح شوری بیشترین انباشت یون سدیم در برگ را داشت در حالی‌که مقدار انباشت یون سدیم در برگ جمعیت میمند از دیگر جمعیت‌ها کمتر بود. این تفاوت به احتمال می‌تواند به دلیل وجود تنوع در بین این جمعیت‌ها باشد که میزان تحمل به انباشت یون‌های مضر مانند سدیم و کلر در آن‌ها متفاوت می‌باشد. از سویی افزایش شوری سبب انباشت بیشتر یون سدیم در برگ گیاه گل محمدی شد ولی این افزایش در ساقه و ریشه به این صورت نبود و در تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر مقدار انباشت یون سدیم در ساقه و ریشه کمتر شد. شاید بتوان گفت که این گیاه با انباشت بیشتر یون سدیم در برگ‌ها تنش شوری را تحمل می‌کند.

با افزایش سطح شوری، ابتدا مقدار پتاسیم برگ کاهش و سپس افزایش یافت که البته این تغییرها از نظر آماری معنی‌دار نبودند. ممکن است کاهش مقدار پتاسیم برگ به خاطر افزایش جذب یون سدیم و جلوگیری از جذب یون پتاسیم از ریشه باشد. از سوی دیگر، ممکن است گیاه با افزایش مقدار سدیم در منطقه ریشه با انتقال پتاسیم از دیگر اندام‌ها مانند برگ به ریشه از جذب یون سدیم جلوگیری کند. یون سدیم می‌تواند جایگزین یون پتاسیم شود زیرا سازوکار جذب این دو یون مشابه می‌باشد. ریشه گیاهان نسبت K^+/Na^+ را تنظیم می‌کند، اما در شرایط شور این نسبت به هم خورده و تاثیر نامطلوب در گیاه ایجاد می‌شود. در شرایط شور مقدار سدیم خاک بیشتر گردیده و تغذیه معدنی گیاه به هم می‌خورد. کمبود پتاسیم در گیاه می‌تواند ناشی از کمبود این عنصر در محیط ریشه و یا رقابت جذب سدیم نسبت به پتاسیم باشد (۱). ممکن است با افزایش سطح شوری گیاه در ابتدا برای جلوگیری از جذب یون سدیم، یون‌های پتاسیم موجود در برگ را به سمت ریشه منتقل کرده و با افزایش بیشتر شوری برای مقابله با جذب یون سدیم در برگ از انتقال یون پتاسیم به ریشه منصرف شده و بخواهد در اندام برگ با جذب این یون توسط یاخته‌ها مقابله کند. سدیم عنصر ضروری برای گیاه در نظر گرفته نمی‌شود و انباشت سدیم در گیاه در شرایط شوری منجر به کاهش کلسیم و پتاسیم گیاه می‌گردد (۱۶). اگرچه سدیم می‌تواند به افزایش فشار شادابی کمک کند اما نمی‌تواند در فعالیت‌های فعال‌سازی آنزیم‌ها و ساخت پروتئین جایگزین یون پتاسیم گردد. بنابراین، ممکن است اثرهای سمیت کلرید سدیم (ناشی از انباشتگی زیاد نمک در گیاه) تنها به‌دلیل اثرهای مستقیم یون سدیم نباشد، بلکه به‌دلیل کاهش مقدار عنصرهای غذایی ضروری پتاسیم و کلسیم در گیاه باشد. نقش اصلی در شرایط شوری با یون‌های تک‌ظرفیتی بوده و به‌طورکلی یون سدیم مهم‌ترین عامل مؤثر در ایجاد تنش می‌باشد. چون سدیم از فعالیت بسیاری از آنزیم‌ها جلوگیری می‌کند حضور این یون در سیتوپلاسم باید در کمینه باشد (۲۰). به‌همین دلیل با افزودن نمک به صورت محلول به گلدان‌ها کاهش رشد مشاهده شد.

کلر یکی از عنصرهایی است که افزایش غلظت آن در یاخته سبب تغییر در جذب دیگر عنصرها مانند نیترات و نیز اختلال در سوخت و ساز یاخته‌ای می‌شود (۲۵). در این پژوهش با افزایش شوری جمعیت لاله زار با کمترین انباشت کلر در برگ خود توانست از اثر سمی یون کلر بر گیاه جلوگیری کند و تحمل به شوری بالاتر را داشته باشد. جمعیت میمند بیشترین انباشت یون کلر در برگ را داشت. از آن‌جایی که سرعت جذب عنصر کلر وابسته به جریان تعرق می باشد (۱) به احتمال جمعیت میمند سرعت تعرق بیشتری را داشته است و مقدار بیشتری کلر به سمت برگ گیاهان این جمعیت حرکت کرده است.

تنش شوری با افزایش فعالیت آنزیم تجزیه‌کننده کلروفیل (کلروفیلاز)، انگیزش تخریب ساختار کلروپلاست و عدم تعادل کمپلکس‌های پروتئین-رنگدانه مقدار کلروفیل را کاهش می‌دهد. علت دیگر کاهش کلروفیل به‌دلیل مصرف نیتروژن در ساخت پرولین است. پرولین در حفظ فشار اسمزی و آنزیم‌های سیتوپلاسمی، نقش عمده دارد و با حذف رادیکال‌های آزاد، مانع آسیب به غشای یاخته‌ای می‌شود (۲۲). یافته‌های این پژوهش نشان داد که با افزایش سطح شوری مقدار کلروفیل برگ گیاه کاهش یافت که بیشترین کاهش مربوط به جمعیت میمند بود و جمعیت لاله‌زار کمترین کاهش کلروفیل را با افزایش سطح شوری نشان داد. شاید دلیل این تفاوت به خاطر تحمل به شوری بیشتر جمعیت لاله‌زار باشد.

یکی از راهکارهای مقابله و تحمل تنش شوری افزایش ترکیب‌های مانند پرولین، کربوهیدرات‌ها و آنزیم‌ها می‌باشد (۲۳). نتیجه‌های این پژوهش نشان دادندکه با افزایش سطح شوری مقدار پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی هم در گیاه افزایش پیدا کرد. انباشت پرولین ممکن است به خاطر کاهش اکسیداسیون پرولین یا تحریک ساخت آن از گلوتامات یا افزایش فعالیت آنزیم پروتئاز باشد. افزایش شوری باعث بر هم زدن نسبت‌های یونی و کاهش شدید یون K^+ شده که در این مرحله حفظ یاخته و تعدیل اسمزی برای حفظ بقای گیاه در شرایط شور اهمیت پیدا می‌کند و افزایش مقدار پرولین به‌عنوان نوعی سازوکار تحمل به شوری وارد عمل می‌شود (۱۳). وقتی گیاه در معرض تنش‌های محیطی نامطلوب مختلف از جمله شوری قرار می‌گیرد تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد که این امر می‌تواند موجب آسیب به یاخته‌ها و اجزای یاخته‌ای شود. در گیاهان آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی هر دو در از بین بردن اثرهای مخرب گونه‌های فعال اکسیژن نقش دارند (۲۱). آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز مهم‌ترین آنزیمی است که رادیکال سوپراکسید را تجزیه می‌کند و H_2O_2 و O_2 تولید می‌نماید. سپس H_2O_2 تولیدشده توسط آنزیم کاتالاز و انواع مختلفی از پراکسیداز تجزیه می‌گردد (۱۴). کاتالاز که به‌طور عمده در پراکسیزوم‌ها یافت می‌شود اصلی‌ترین آنزیمی است که به‌طور مستقیم H_2O_2 را به مولکول آب و O_2 تبدیل می‌کند. پراکسیدازها در خارج از یاخته توزیع شده‌اند و تبدیل H_2O_2 به آب را تسریع می‌نمایند. تعادل میان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان یک عامل اساسی و بحرانی برای تعیین سطح پایدار رادیکال‌های سوپراکسید و پراکسیدهیدروژن است. این تعادل برای جلوگیری از تشکیل بیش از اندازه رادیکال‌های هیدروکسیل بسیار مهم است (۱۹). افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان به‌عنوان سریع‌ترین واحدهای مقابله‌کننده در برابر حمله اکسیژن‌های فعال در تنش شوری توسط پژوهشگران گزارش شده است (۴، ۹).

نتیجه‌گیری

نتیجه این پژوهش نشان داد که گل محمدی با انباشت یون سدیم در برگ‌ها و افزایش پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی برگ با تنش شوری مقابله می‌کند. پاسخ به تنش شوری سه جمعیت گل محمدی میمند، کاشان و لاله‌زار نشان داد که جمعیت لاله‌زار در تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد کمترین کاهش سطح برگ و بیشترین انباشت یون سدیم را در برگ‌ها نسبت به دو جمعیت میمند و کاشان داشت. انباشت یون سدیم در برگ‌های جمعیت لاله‌زار می‌تواند دلیل مناسبی برای افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و انباشت پرولین در برگ این جمعیت باشد که نسبت به جمعیت‌های میمند و کاشان بیشتر است. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که جمعیت لاله‌زار نسبت به شرایط تنش شوری تحمل بالاتری نسبت به جمعیت میمند و کاشان دارد.

منابع References

۱. جلیلی مرندی، ر. ۱۳۸۹. فیزیولوژی تنش‌های محیطی و مکانیسم‌های مقاومت در گیاهان باغی. انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه. ارومیه. ۱۲۸۵ص.

۲. دوازده امامی، س. ۱۳۸۲. گل محمدی. مرکز ملی تحقیقات گل و گیاهان زینتی محلات. گزار ش. مرکز تحقیقات کشاورزی استان مرکزی. اراک. ایران. ۲۵ ص.
3. Ali, E., S. Bazaid, and F. Hassan. 2014. Salinity tolerance of Taif roses by Gibberellic acid (GA3). Inter. J. Sci. Res. 3(11): 184-192.
4. Amor, N.B., K.B. Hamed, A. Debez, C. Grignon, and C. Abdelly. 2005. Physiological and antioxidant responses of the perennial halophyte Crithmum maritimum to salinity. Plant Sci. 168(4):889-899.
5. Ashraf, M. 2002. Salt tolerance of cotton: some new advances. Crit. Rev. Plant Sci. 21(1): 1-30.
6. Bates, L., R. Waldren, and I. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant Soil, 39(1): 205-207.
7. Chance, B., and A. Maehly. 1955. Assay of catalases and peroxidases. Meth. Enzymol. 2: 764–775.
8. Chapman, H. D., and P. F. Pratt. 1962. Methods of analysis for soils, plants and waters. Soil Sci. 93(1): 68.
9. Dhindsa, R.S., P. Plumb-Dhindsa, and T.A. Thorpe. 1981. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. J. Exp. Bot. 32(1): 93-101.
10. Farhoudi, R., A. Modhej, and A. Afrous. 2011. Effect of salt stress on physiological and morphological parameters of rapeseed cultivars. Adv. Environ. Biol, 5(8): 2501-2508.
11. Fogle, V., and D. Munns. 1973. Effect of salinity on the time course of wheat seedling growth. Plant Physiol. 51(5): 987.
12. Hughes, H., and J. Hanan. 1978. Effect of salinity in water supplies on greenhouse rose production. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103: 694-699.
13. Josine, T.L., J. Ji, G. Wang, and J. Wu. 2011 Salinity stress tissue-regenerated Rosa chinensis Jacq. improves water and proline content. Afr. J. Agr. Res. 6(14): 3409-3418.
14. Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Sci.7(9): 405-410.
15. Mobasheri, S. 2011. Study on Various Level of Salinity on Some Morphological and Physiological Characteristics of Rosa hybrida. J. Orna. Hort. Plants, 1(1): 19-25
16. Munns, R., P.A. Wallace, N.L. Teakle, and T.D. Colmer. 2010. Measuring soluble ion concentrations (Na+, K+, Cl−) in salt-treated plants. Plant Stress Tol. (pp. 371-382): Springer.
17. Niu, G., D. S. Rodriguez, and L. Aguiniga. 2008. Effect of saline water irrigation on growth and physiological responses of three rose rootstocks. Hort. Sci. 43(5): 1479-1484.
18. Saini, R. 2001. Laboratory manual of analytical techniques in horticulture. Agrobios (India). 135p.
19. Sairam, R., and A. Tyagi. 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Cur. Sci. 407-421.
20. Sato, S., S. Sakaguchi, H. Furukawa, and H. Ikeda. 2006. Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on fruit characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Sci. Hort. 109(3): 248-253.
21. Sharma, P., A. B. Jha, R. S. Dubey, and M. Pessarakli. 2012. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. J. Bot. 2012: 1-26.
22. Sotiropoulos, T. 2007. Effect of NaCl and CaCl 2 on growth and contents of minerals, chlorophyll, proline and sugars in the apple rootstock M 4 cultured in vitro. Biol. Plant. 51(1): 177-180.
23. Taiz, L., E. Zeiger, I. Møller, and A. Murphy. 2015. Plant Physiology and Development, 6th Edn Sunderland. MA: Sinauer Associates. 834p.
24. Trivedi, P. 2006. Advances in Plant Physiology: I.K. International Publishing House Pvt. Ltd. 272 p.
25. Wahome, P., H. Jesch, and I. Grittner. 2001. Mechanisms of salt stress tolerance in two rose rootstocks: Rosa chinensis ‘Major’and R. rubiginosa. Sci. Hort. 87(3): 207-216.

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 20 (1): 89- 98 (2019)
Research article

Effect of Salinity Stress on Growth and Biochemical Characteristics of Three Population of Damask Rose of Iran

Y. Ahmadi*, M. Khosh-Khui, H. Salehi, S. Eshghi, A.A. Kamgar Haghighi and A. Karami[1]

Salinity stress is one of the important environmental factors that reduces the growth and yield of plants, especially in arid and semi-arid regions of the world. To investigate the effect of salinity levels (0.6, 3, and 6 dS m^{-1}) on 3 populations of damask rose (from Fars, Kerman, and Isfahan provinces) a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with four replications and some growth and Biochemical parameters were evaluated. Results showed that 6 dS m^{-1} salinity significantly reduced leaf area in Maymand population and root and shoot dry weight in Kashan population. The reduction of chlorophyll content in the treatment of 6 dS m^{-1} was more than that of control in the Meymand population (from 0.44 to 0.3 mg FW). Lalehzar population had the highest proline content (15.84 µmol mg^{-1} FW) and the highest activity of catalase (8.4 U mg^{-1} FW), peroxidase (11.76 U mg^{-1} FW), and superoxide dismutase (17.7 U mg^{-1} protein) at the concentration of 6 dS m^{-1}. The accumulation of the highest amount of sodium and chloride ions occurred in the leaves. Lalehzar and Meymand populations had the highest concentrations of sodium ions (19.6 µmol g^{-1} DW) and chlorine (11.51 µmol g^{-1} DW) at 6 dS m^{-1}, respectively. With increase in salinity levels, the amount of potassium ion in leaf in all three populations did not change significantly, while its increased amount in stem and root was significantly. Lalehzar population had the highest potassium ion in stem (10.89 µmol g^{-1} DW) and root (6.87 µmol g^{-1} DW) at the concentration of 6 dS m^{-1}. Totally, from data obtained in this investigation, it may be concluded that Lalehzar and Meymand populations had the highest and lowest tolerance to salinity respectively.

Keywords: Damask rose, Enzyme, Proline, Salt tolerance.

1. Ph.D. Student, Professors of Horticultural Science, Shiraz University, Professor of Water Science and Engineering and Associate Professor of Horticultural Science, Shiraz University, Shiraz, Iran, respectively.
* Corresponding author, Email: (ahmadi.y66@gmail.com).