گل و گیاهان زینتی (۱۴۰۲)، ۸(۱): ۱۷۱-۱۸۲
مقاله پژوهشی

بررسی رشد رویشی و بیوشیمیایی معدنی گل محمدی آبیاری‌شده با سطوح مختلف کلریدسدیم

محمد طهماسبی[۱]، محمدرضا صالحی سلمی[۱*]، مختار حیدری[۱] و بابک پاکدامن سردرود[۲]

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، رامین
۲. گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، رامین
salehi@asnrukh.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۷/۲۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱

چکیده

خاک و آب شور دو مشکل اساسی کاشت گیاهان در مناطق گرم و خشک هستند. در این پژوهش برای بررسی اثر شوری بر رشد و جذب عناصر معدنی نهال‌های گل‌محمدی، ٤ سطح شوری ۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم در شرایط مزرعه‌ای به کار رفت. در این پژوهش، ویژگی‌های وزن‌تر و خشک شاخساره، وزن‌تر و خشک ریشه، میزان پرولین، مالون دی‌آلدئید، فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز و کاتالاز، کربوهیدرات‌های محلول، سبزینه و کاروتنوئید برگ اندازه‌گیری شد. همچنین غلظت عناصر موجود در برگ شامل نیتروژن، پتاسیم، سدیم، فسفر، آهن، مس، منگنز و روی اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که افزایش غلظت کلریدسدیم در آب آبیاری اثر منفی بر شاخص‌های رشد رویشی، و همچنین اثر معنی‌داری بر کاهش سبزینه و کاروتنوئیدها داشت. آبیاری با آب دارای کلریدسدیم سبب انباشت پرولین و کربوهیدرات‌های محلول در برگ گردید، افزون بر این، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و مجموع این تغییرات بیوشیمیایی سبب کاهش رشد رویشی گل‌محمدی شد. با افزایش شوری، انباشت یون سدیم در برگ‌ها افزایش یافت ولی در جذب عناصر دیگر اختلال به‌وجود آمد. پیشنهاد می‌شود برای کاهش اثر شوری و تأمین عناصر غذایی، محلول‌پاشی غذایی انجام شود.

واژه‌های کلیدی: آب شور، آنتی اکسیدانت، تحمل، عنصر، سبزینه.

مقدمه

با افزایش جمعیت شهری و توسعه صنعت، در آینده دسترسی به آب شیرین جهت آبیاری گیاهان محدود شده و استفاده از منابع آبی جایگزین مانند آب بازیافتی، گسترش خواهد یافت. آب بازیافتی دارای نمک‌های محلول زیادی است که سبب ایجاد تنش شوری می‌شود. شوری می‌تواند بسیاری از ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه را تحت تأثیر قرار دهد و از رشد و دستیابی عملکرد مناسب جلوگیری نماید (Niu *et al.*, 2013). برخی از این تغییرات ناشی از سازگاری‌های فیزیولوژیکی، برای تحمل تنش شوری هستند (Pitman & Läuchli, 2012). بنابراین، تشخیص مکانیسم‌های فیزیولوژیکی محدودکننده رشد گیاهان تحت تنش و نحوه پاسخ گیاه به آن مهم است. مشخص‌شده است که تنش شوری ناشی از غلظت زیاد کلریدسدیم، عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد (Wahome *et al.*, 2001). تنش شوری موجب تغییر پتانسیل اسمزی در یاخته‌های گیاهی، غلظت سبزینه، محتوای نسبی آب یاخته (Kaya *et al.*, 2021)، مقاومت روزنه‌ای، شاخص سطح برگ، فتوسنتز و انتقال مواد غذایی (Tunctürk *et al.*, 2011)

می‌شود. همچنین رشد ریشه در مقایسه با اندام هوایی کمتر تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد. بیان‌شده که در غلظت‌های کم نمک، رشد ریشه غالباً کمتر کاهش می‌یابد و ممکن است گاهی اوقات در مقایسه با ساقه، شوری موجب تحریک رشد رویشی ریشه شود (Mirmohamadi & Ghareyazi, 2002).

گل‌محمدی با نام علمی *Rosa damascena* Mill. از قدیم به‌عنوان گیاه زینتی-دارویی شناخته می‌شود. اسانس گل‌محمدی از باارزش‌ترین اسانس‌های گیاهی بوده، و ازلحاظ ارزش حجمی (ارزش واحد حجمی اسانس آن) به‌عنوان سومین اسانس طبقه‌بندی می‌شود (Mahboubi, 2016). این گیاه در شهرستان اهواز جایگاه ویژه‌ای در فضای سبز داشته و کاشت آن رایج می‌باشد. طبق آمارنامه‌ی جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۲ سطح زیر کشت گل‌محمدی در استان خوزستان ۲۳ هکتار بوده است (Anonymous, 2015). در ارتباط با پاسخ‌های برخی از گونه‌های رز به تنش شوری پژوهش‌های محدودی انجام‌شده است (Cabrera *et al*., 2009; Niu *et al*., 2013). در پژوهشی با افزایش سطح شوری تا ٦/٤ دسی زیمنس بر متر مشخص گردید که برخی از گونه‌های رز تغییرات مورفولوژی و فیزیولوژی قابل‌توجهی نداشته و به این سطح از شوری مقاوم هستند. نتایج مقایسه مقاومت به تنش شوری نشان داد که گونه *R. fortuniana* نسبت به دو گونه *R. odorata* و *R. multiflora* به تنش شوری مقاوم‌تر بود و توانست عملکرد خود را حفظ کند (Niu *et al*., 2013).

با توجه به کاهش کیفیت آب شهر اهواز و افزایش میزان شوری در آب مورداستفاده جهت آبیاری در فضای سبز و درنتیجه افزایش اهمیت استفاده از آب‌های دارای کیفیت پایین برای آبیاری گیاهان و امکان بروز تنش شوری، در پژوهش حاضر اثر سطوح مختلف کلریدسدیم بر برخی شاخص‌های رشد رویشی و بیوشیمیایی گل محمدی موردبررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه گروه علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، واقع در شهر ملاثانی (۳٦ کیلومتری اهواز با ارتفاع ۵۱ متر از سطح دریا) در سال ۹۵-۱۳۹٤ اجرا شد. در بهمن‌ماه ۱۳۹٤ نهال‌های دوساله گل‌محمدی با قطر تنه یکسان، ۱/۵ سانتی‌متر، از نهالستانی واقع در شهرستان دزفول خریداری شد و پس از انتقال به مزرعه آزمایشی، هرسی سبک روی آن‌ها انجام شد. سپس نهال‌ها به گلدان پلاستیکی با قطر دهانه ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر انتقال داده شدند. حجم محیط رشد ریشه مورداستفاده ۵ لیتر (٦۰٪ خاک زراعی، ۳۰٪ ماسه و ۱۰٪ کود کاملاً پوسیده حیوانی) بود. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک زراعی مورداستفاده در جدول ۱ آورده شده است. جهت زهکشی در کف گلدان‌ها ٤ سوراخ (به قطر ۰/۵ سانتی‌متر) ایجاد و ۲۵۰ گرم سنگریزه قرار گرفت. میانگین دمای هوا منطقه از بهمن‌ماه تا اردیبهشت‌ماه به ترتیب ۱۳/۹، ۱۷/۷، ۲۳ و ۲۹/۹ درجه سلسیوس و میزان بارش به ترتیب ۲٦/۳، ۲۷/۷، ۱۳/۲ و بدون بارندگی بود.

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۷ تکرار (هر تکرار یک گلدان) اجرا شد. برای اعمال تنش‌شوری، محلول پایه کلریدسدیم در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار تهیه شد و سپس غلظت‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار با رقیق‌سازی محلول پایه با آب مقطر تهیه شد. گیاهان شاهد با آب مقطر آبیاری شدند. برای جلوگیری از ورود تنش ناگهانی کلریدسدیم، تنش‌شوری ابتدا از شوری پایین (٦/۲۵ میلی‌مولار) شروع شده و در هر دوره‌ی آبیاری این نسبت تقریباً دو برابر شد، تا در هر تیمار به سطوح شوری موردنظر برسد. آبیاری با آب دارای کلریدسدیم به‌مدت ۷ هفته پس از رسیدن به سطح شوری موردنظر ادامه پیدا کرد و پس‌ازآن نمونه‌برداری‌ها انجام شد. لازم به ذکر است آبیاری به میزان ظرفیت مزرعه و هر ۵ روز یک‌بار انجام شد.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده.

Table 1- Some physicochemical characteristics of the used soil.

pH	هدایت الکتریکی (dS/m) Electrical Conductivity (dS/m)	ظرفیت مزرعه‌ای (درصد) Field Capacity (%)	نقطهٔ پژمردگی دائمی (درصد) Permanent Wilting Point (%)
7.71	1.52	26.97	20.29

برای اندازه‌گیری وزن‌تر و خشک قسمت هوایی و ریشه، گیاهان از قسمت طوقه قطع‌شده و پس از توزین، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت درون آون در دمای ۷۵ درجه سلسیوس نگهداری شده و سپس وزن خشک نمونه‌ها با ترازو اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های بیوشیمیایی شامل: سنجش پرولین آزاد موجود در برگ (Bates *et al*., 1973)، پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء به‌عنوان شاخص مالون‌دی‌آلدئید (Heath & Packer, 1968)، سنجش میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز برگ (Lin & Kao, 1999)، اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز برگ (Aebi, 1984)، اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول برگ (Albalasmeh *et al*., 2013)، اندازه‌گیری محتوای سبزینه کل و کاروتنوئید برگ (Lichtenthaler & Wellburn, 1983) بود. اندازه‌گیری عناصر پتاسیم و سدیم برگ با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (مدل PFP7، کشور انگلیس) و اندازه‌گیری عناصر کم‌مصرف شامل آهن، روی، مس و منگنز با دستگاه جذب اتمی مدل AA240 انجام شد.

داده‌های خام توسط نرم‌افزار آماری SPSS تجزیه‌وتحلیل شده و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن درسطح ۵٪ انجام شد و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج

بررسی اثر تنش شوری بر وزن تر و خشک شاخساره نشان داد با افزایش غلظت کلریدسدیم در آبیاری، میزان این دو شاخص کاهش یافت. بیشترین وزن تر شاخساره در تیمار شاهد (۲۶/۶۱ گرم) بود، که با وزن تر شاخساره در تیمار ۲۵ میلی‌مولار کلریدسدیم ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین وزن تر شاخساره در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم (۱۶/۰۴ گرم) بود. همچنین بیشترین وزن خشک شاخساره در تیمار شاهد بود (۱۵/۲۷ گرم) که با وزن خشک شاخساره در تیمار ۲۵ میلی‌مولار کلریدسدیم تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین وزن خشک شاخساره در تیمار شوری ۷۵ میلی‌مولار (۷/۸۱ گرم) بود (شکل ۱- A و B).

نتایج نشان داد در تیمارهایی با غلظت پایین کلریدسدیم، در وزن تر ریشه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، به‌گونه‌ای که بیشترین وزن تر ریشه مربوط به تیمار شاهد (۷۰/۹۱ گرم)، با وزن تر ریشه در تیمار ۲۵ میلی‌مولار کلریدسدیم اختلاف معنی‌داری نداشت. با افزایش غلظت کلریدسدیم وزن تر ریشه کاهش یافت و کمترین وزن تر ریشه در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم (۳۹/۲۹ گرم) بود (شکل ۱- C). همچنین نتایج نشان داد با افزایش غلظت کلریدسدیم وزن خشک ریشه کاهش معنی‌داری داشت. بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار شاهد (۳۴/۸۴ گرم) و کمترین مربوط به تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم (۱۵/۲۲ گرم) بود (شکل ۱- D).

با افزایش غلظت کلریدسدیم، میزان پرولین برگ گل محمدی افزایش یافت. بیشترین میزان در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم (۱/۴۹ میکروگرم برگرم وزن‌تر) و کمترین پرولین برگ در تیمار شاهد (۰/۸۰ میکروگرم برگرم وزن‌تر) بود (شکل ۱- E). همچنین با افزایش غلظت کلریدسدیم در محیط رشد، غلظت مالون‌دی‌آلدئید در برگ‌های گل محمدی افزایش یافت. بیشترین

میزان مالون‌دی‌آلدئید در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم (۱/۳۰ میکرومول برگرم وزن‌تر) و کمترین آن در تیمار شاهد (۰/٤۸ میکرومول برگرم وزن‌تر) بود (شکل ۱- F). نتایج نشان داد با افزایش غلظت کلریدسدیم، میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ گل‌محمدی افزایش یافت. بیشترین غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ در تیمار شوری ۷۵ میلی‌مولار (۱۱۱/٦٤ میکروگرم برگرم وزن‌خشک) و کمترین مربوط به تیمار بدون شوری (۷۹/۳۹ میکروگرم برگرم وزن‌خشک) بود (شکل ۱-G).

نتایج نشان داد اثر تنش شوری بر میزان سبزینه کل و کاروتنوئیدهای برگ معنی‌دار بود. بیشترین سبزینه کل برگ در تیمار شاهد (۲/۳۷ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر) و کمترین در تیمار ۷۵ میلی‌مولار (۱/۱۳ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر) بود (شکل ۱- H). همچنین با افزایش غلظت شوری تا ۲۵ میلی‌مولار میزان کاروتنوئیدهای کل برگ افزایش یافت و با افزایش شدت تنش شوری و گذشتن آن از آستانه ۲۵ میلی‌مولار، محتوای کاروتنوئیدها کاهش یافت. به‌گونه‌ای که بیشترین کاروتنوئیدها مربوط به تیمار شوری ۲۵ میلی‌مولار (۱/۲۳ میلی‌گرم‌برگرم وزن‌تر) و کمترین مربوط به سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار (۰/۵۹ میلی‌گرم‌برگرم وزن‌تر) بود (جدول ۲).

با افزایش غلظت شوری میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت. به‌گونه‌ای که بیشترین میزان آنزیم کاتالاز مربوط به سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار (۰/۳۷ میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین) و کمترین مربوط به تیمار بدون شوری (۰/۰۲ میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین) بود (جدول ۳). همچنین بیشترین فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز مربوط به سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار (۰/۳۸ میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین) و کمترین مربوط به تیمار بدون شوری (۰/۰٤ میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین) بود (جدول ۳).

بر اساس جدول ۳، افزایش شوری اثر کاهنده معنی‌داری بر غلظت نیتروژن برگ داشت ، به‌طوری‌که با افزایش سطوح شوری غلظت نیتروژن برگ کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد با افزایش کلریدسدیم، غلظت یون پتاسیم برگ نیز کاهش یافت. به‌گونه‌ای که بیشترین پتاسیم مربوط به تیمار بدون شوری (۱٤۳/۸۲ میلی‌گرم بر گرم وزن‌خشک) و کمترین مربوط به سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار (۲۹/۰۷ میلی‌گرم‌برگرم وزن‌خشک) بود (جدول ۳). همچنین نتایج نشان داد با افزایش غلظت کلریدسدیم در آب آبیاری، غلظت سدیم برگ افزایش داشت. به‌گونه‌ای که بیشترین غلظت سدیم برگ در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم (٤۲/۵۹ میلی‌گرم برگرم وزن‌خشک) و کمترین مربوط به تیمار بدون شوری (۱۹/۳٦ میلی‌گرم برگرم وزن‌خشک) بود (جدول ۳). بررسی نتایج اثر تیمار شوری بر غلظت فسفر برگ نشان داد با افزایش غلظت کلریدسدیم میزان این عنصر کاهش یافت. بیشترین مقدار فسفر مربوط به تیمار بدون شوری (۰/۰٦ میلی‌گرم برگرم وزن‌خشک) و کمترین مربوط به سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار (۰/۰۱ میلی‌گرم برگرم وزن‌خشک) بود (جدول ۳). با افزایش شوری، غلظت جذب آهن و مس شاخساره به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین با افزایش شوری از ۰ به ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم غلظت منگنز برگ به‌ترتیب به ۱/۳۷، ۱/۱۲، ۰/۷٦ و ۰/٦ میلی‌گرم در گرم وزن خشک کاهش یافت (جدول ۳). نتایج نشان داد با افزایش غلظت شوری، میزان جذب روی کاهش یافت. به‌گونه‌ای که بیشترین میزان روی مربوط به تیمار بدون شوری (۰/۰٦ میلی‌گرم‌برگرم وزن‌خشک) و کمترین مربوط به سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم (۰/۰۱ میلی‌گرم‌برگرم وزن‌خشک) بود (جدول ۳).

جدول ۲- تأثیر تنش کلریدسدیم بر میزان کاروتنوئیدها، فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز و کاتالاز در برگ گل محمدی.

Table 2- Effect of NaCl on carotenoids, the activity of guaiacol peroxidase and catalase enzymes in the leaves of *Rosa damascena* Mill.

Characteristics	کلریدسدیم NaCl (mM) 0	25	50	75	ویژگی‌ها
Carotenoids (mg/g FW)	1.07[b]	1.23[a]	0.77[c]	0.59[d]	کاروتنوئیدها
Guaiacol Peroxidase Activity (µmol/min/mg pro)	0.04[d]	0.12[c]	0.22[b]	0.38[a]	فعالیت گایاکول پراکسیداز
Catalase Activity (µmol/min/mg pro)	0.02[d]	0.08[c]	0.20[b]	0.37[a]	فعالیت کاتالاز

در هر ردیف، اعدادی با حروف غیرمشترک ازلحاظ آماری در سطح ۵ ٪ آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری دارند.

In each row, numbers with different letters are significantlt different at the 5% level of Duncan's Multiple Range Test.

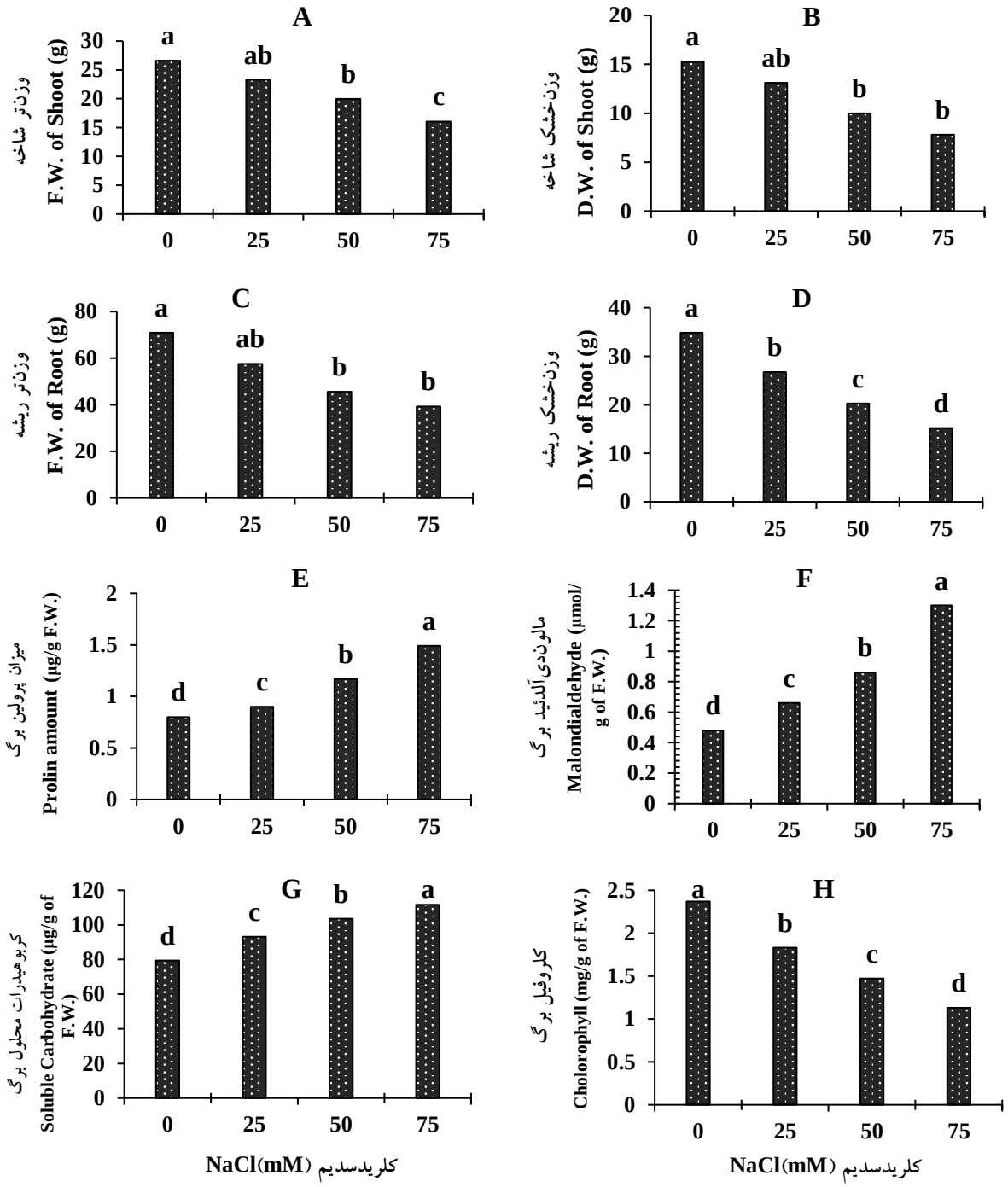
جدول ۳- اثر تنش کلریدسدیم بر میزان برخی عناصر غذایی در برگ گل محمدی.

Table 3- Effect of NaCl on some nutritional elements in the leaves of *Rosa damascena* Mill.

Element	کلریدسدیم NaCl (mM) 0	25	50	75	عنصر
N (%)	3.2[a]	2.6[b]	2.3[c]	1.6[d]	نیتروژن
K (mg/g D.W.)	143.8[a]	90.5[b]	60.0[c]	29.0[d]	پتاسیم
Na (mg/g D.W.)	19.36[d]	25.21[c]	33.88[b]	42.59[a]	سدیم
P (mg/g D.W.)	0.06[a]	0.03[b]	0.02[c]	0.01[d]	فسفر
Fe (mg/g D.W.)	1.05[a]	0.87[b]	0.70[c]	0.57[d]	آهن
Cu (mg/g D.W.)	0.03[a]	0.02[b]	0.02[b]	0.01[c]	مس
Mn (mg/g D.W.)	1.37[a]	1.12[b]	0.76[c]	0.60[c]	منگنز
Zn (mg/g D.W.)	0.06[a]	0.04[b]	0.02[c]	0.01[d]	روی

در هر ردیف، اعدادی با حروف غیرمشترک ازلحاظ آماری در سطح ۵ ٪ آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری دارند.

In each row, numbers with different letters are significantlt different at the 5% level of Duncan's Multiple Range Test.



شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف کلرید سدیم بر وزن تر (**A**) و خشک شاخساره (**B**)، وزن تر (**C**) و خشک ریشه (**D**)، غلظت پرولین برگ (**E**)، غلظت مالوندی‌آلدئید برگ (**F**)، کربوهیدرات‌های محلول برگ (**G**) و سبزینه کل برگ (**H**) گل محمدی. در هر نمودار، ستون‌های با حروف غیرمشترک ازلحاظ آماری در سطح ۵٪ آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری دارند.

Figure 1- Effect of different concentrations of NaCl on fresh (A) and dry (B) weight of shoots, fresh (C) and dry (D) weight of root, leaf proline concentration (E), leaf malondialdehyde concentration (F)), leaf soluble carbohydrates (G) and total chlorophyll (H) of *Rosa damascena* Mill. In each chart, the bars with different letters have significant differences at the 5% level of Duncan's Multiple Range Test.

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که وزن تر و خشک گل محمدی در غلظت‌های بالای کلریدسدیم کاهش معنی‌داری داشت. گیاهانی که در خاک‌های شور رشد می‌کنند، به دلیل خواص اسمزی نمک، علاوه بر تنش شوری با تنش کم‌آبی مواجه می‌شوند که این عامل سبب کاهش سرعت رشد گیاه می‌شود. این امر موجب اختلال در تقسیم و بزرگ شدن یاخته‌ها شده و تمام واکنش‌های متابولیکی گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Demir Kaya *et al*., 2006). اثر مضر شوری بر رشد گیاه ناشی از پتانسیل اسمزی پایین در خاک، تغذیه نامناسب، اثرهای یونی و یا برهمکنش این عوامل می‌باشد. شوری بر متابولیسم گیاه اثر گذاشته و تغییراتی را در آناتومی و ریخت‌شناسی گیاه ایجاد می‌کند. اگرچه گیاهان در میزان تحمل به شوری متفاوت‌اند، اما درنهایت تنش شوری سبب کاهش رشد آن‌ها خواهد شد. این کاهش در ارتباط با افت ظرفیت فتوسنتزی بوده که خود می‌تواند به‌دلیل کاهش در محتوای سبزینه باشد. مهم‌ترین علت این موضوع، به‌ویژه در شرایط تنش شدید، کاهش فعالیت آنزیم‌های مؤثر در سنتز سبزینه می‌باشد (Viera Santos, 2004). پیشنهادشده است که انباشت نمک در برگ‌های پیر سبب تسریع مرگ آن‌ها، ریزش آن‌ها و کاهش حمایت کربوهیدرات‌ها در نواحی مریستمی شده، درنتیجه باعث کاهش رشد می‌شود (Munns, 2002). نتایج مطالعات انجام‌شده پیشین نیز نشان داده است تیمار شوری اثر معنی‌داری بر کاهش وزن گل رز داشته است. در پژوهشی نشان داده شد که گل رز رقم 'بریدال‌پینک' توانست شوری را تا حد ۷ دسی زیمنس بر متر تحمل کند و وزن تر و خشک آن تغییر معنی‌داری نداشت (Cabrera & Perdomo, 2003).

هنگامی‌که گیاهان در معرض شوری بالا قرار می‌گیرند تمایل به تغییر فعالیت متابولیکی در تولید ترکیبات آلی مشخص از قبیل ساکارز به سمت سنتز اسیدآمینه به‌ویژه پرولین و انباشت آن‌ها درون یاخته در پاسخ به کاهش آب یا برای موازنه پتانسیل ریشه در پاسخ به کمبود آب در خاک دارند. انباشت پرولین در بسیاری از گیاهان، غیرسمی و به‌عنوان محافظی در شرایط تنش شوری می‌باشد. علاوه بر این، پرولین سبب حفظ فعالیت‌های آنزیمی در شرایط شوری می‌شود (Ozturk *et al*., 2012). نتایج آزمایش حاضر نیز نشان داد غلظت پرولین برگ در تیمارهای کلریدسدیم افزایش معنی‌داری داشت. بیان‌شده است که در شرایط تنش شوری فرآیندهای حفظ‌کننده‌ی اسمزی مانند تولید پرولین، گلیسین‌بتائین و پلی‌آمین‌ها در سیتوپلاسم یاخته‌های گیاهی افزایش می‌یابد. جهت ایجاد تعادل یونی در واکوئل، سیتوپلاسم موادی با وزن مولکولی کم به نام مواد سازگار تولید می‌کند. این مواد در واکنش‌های بیوشیمیایی یاخته اختلال ایجاد نکرده و موجب حفظ تعادل اسمزی و ادامه جذب آب، حفظ ساختارهای یاخته‌ای، ترکیبات پروتئینی و آنزیمی می‌شوند (Silveria *et al*., 2003). این مواد شامل پرولین، گلیسین بتائین و پولی‌اول‌ها[1] می‌باشند. پولی‌اول‌ها قندهای غیراحیایی هستند که کربن زیادی در شرایط تنش ذخیره می‌کنند. کربوهیدرات‌هایی مانند قندها (گلوکز، فروکتوز و ساکارز) و نشاسته تحت تنش انباشت می‌یابند، که نقش اصلی آن‌ها حفاظت اسمزی، تنظیم اسمزی و ذخیره کربن است (Bohnert *et al*., 1995).

نتایج آزمایش حاضر نشان داد اثر تیمارهای کلریدسدیم بر افزایش غلظت مالون‌دی‌آلدئید برگ معنی‌دار بود. یکی از بارزترین اثرات مخرب تنش شوری افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشد اگر تولید گونه‌های فعال اکسیژن با افزایش ظرفیت گیاه برای سم‌زدایی همراه نباشد، واکنش‌های اختلال‌آمیز مضر رخ‌داده و نشانه‌های بارز شامل فقدان حساسیت اسمزی، پژمردگی و

۱- Polyols

نکروزه شدن بافت ظهور می‌کنند. همچنین، تولید مقادیر زیادی از گونه‌های فعال اکسیژن نظیر آنیون‌سوپراکسید، رادیکال‌هیدروکسیل و پراکسیدهیدروژن منجر به برهم خوردن انسجام غشاهای یاخته‌ای و بروز علائم اکسیداتیوی می‌شود (Sherameti *et al*., 2008). افزایش غلظت مالون‌دی‌آلدئید برگ تحت تأثیر تنش شوری در گیاهچه‌های برنج گزارش‌شده است که تخریب غشاءهای یاخته‌ای، تحت تأثیر تنش شوری و تولید مالون‌دی‌آلدئید برگ که ناشی از تخریب و تجزیه چربی‌های غشاء یاخته‌ای است می‌تواند به‌عنوان معیار مناسبی برای بررسی واکنش گیاه برنج به تنش شوری باشد (Bandeoglu *et al*., 2004). بررسی‌ها نشان داده‌اند که تحمل گیاهان به تنش‌شوری با انگیزش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در ارتباط است. گزارش‌هایی مبنی‌بر ارتباط مستقیم بین افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و تحمل به شوری در گیاهان وجود دارد (Azevedo-Neto *et al*., 2006). یکی از سریع‌ترین و کارآمدترین راه‌های مقابله با گونه‌های فعال اکسیژن در گیاهان، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌باشد (Sekmen *et al*., 2007). دراین‌بین آنزیم‌های گایاکول‌پراکسیداز و کاتالاز از مهم‌ترین آنزیم‌های دخیل در پاک‌سازی رادیکال‌های پراکسید هیدروژن می‌باشند.

نتایج این آزمایش نشان داد با افزایش غلظت کلریدسدیم، میزان سبزینه کاهش یافت. تنش شوری باعث افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز می‌گردد و باعث تغییراتی در تشکیلات فتوسنتزی و نفوذپذیری غشاء کلروپلاست می‌شود (Storey *et al*., 1993). پیشنهاد شده که در شرایط شوری به رنگ‌دانه‌های فتوسیستم II آسیب ساختاری وارد می‌آید (Kasukabe *et al*., 2004). کاهش غلظت سبزینه تحت تأثیر تنش شوری، به‌علت مشترک بودن مسیر بیوسنتزی سبزینه و آلفا توکوفرول می‌باشد که گیاه در شرایط تنش شوری می‌تواند با توقف بیوسنتز سبزینه، مسیر بیوسنتزی آنتی‌اکسیدان آلفاتوکوفرول را فعال نماید و همچنین به دلیل تغییر مسیر متابولیسم نیتروژن در ساخت ترکیب‌هایی مانند پرولین باشد که برای تنظیم اسمزی به کار می‌روند (Kaya *et al*., 2001). اثر تنش شوری روی رنگ‌دانه‌ها کاهش مقدار آن‌هاست، ولی بسته به گیاه آثار افزایشی نیز مشاهده‌شده است. در سطوح بالاتر شوری، سطح برگ شدیداً کاهش‌یافته و علی‌رغم تخریب مولکول‌های سبزینه توسط یون‌های سدیم، غلظت مولکول‌های باقیمانده در واحد سطح برگ افزایش می‌یابد (Parida & Das, 2005). همچنین علت دیگر آن می‌تواند این باشد که تنش شوری باعث تجزیه بتاکاروتن شده و در چرخه گزانتوفیل‌ها فرآیند دی‌اپوکسیداسیون باعث افزایش مقدار زآگزانتین می‌شود. این فرآیندها در حفاظت از بازدارندگی نوری مؤثر هستند و با تأثیر مثبت روی سیالیت غشاهای تیلاکوئیدی باعث کاهش نفوذپذیری غشاها در برابر گونه‌های فعال اکسیژن در تیلاکوئیدها شده و افزایش کاروتنوئیدها توان مقابله با شرایط تنشی در گیاه را افزایش می‌دهد (Misra *et al*., 2006).

ارتباط بین شوری و عناصر غذایی در گیاهان بسیار پیچیده است. عملکرد محصول می‌تواند به‌واسطه تأثیر شوری بر ایجاد عوارض تغذیه‌ای در حد رضایت‌بخشی نباشد. این عوارض می‌تواند ناشی از تأثیرات شوری بر قابلیت دسترسی، رقابت در جذب، انتقال یا توزیع عنصر غذایی در داخل گیاه باشد (Grattan & Grieve, 1999). بسیاری از پژوهش‌های آزمایشگاهی و گلخانه‌ای کاهش در میزان نیتروژن گیاه را به دلیل تنش شوری نشان داده‌اند. شوری همراه با کاهش تولید ماده خشک، جذب نیتروژن را نیز کاهش می‌دهد (Sotiropoulos *et al*., 2006). این کاهش می‌تواند ناشی از اثر آنتاگونیسمی یون کلر در جذب نیترات، کاهش متابولیسم نیتروژن در اثر کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ و کاهش مصرف آب به‌دلیل کاهش جذب آب توسط گیاه باشد (Sotiropoulos *et al*., 2006). حفظ سطوح مناسبی از پتاسیم برای ادامه حیات گیاه در مکان‌های شور

ضروری می‌باشد. بسیاری از تحقیقات انجام‌شده روی انواع گسترده‌ای از گیاهان، ثابت می‌کند که غلظت پتاسیم در بافت گیاه، به‌ویژه بر اساس ماده خشک، با افزایش میزان سدیم و یا افزایش نسبت Na^+/Ca^+ حاصل از شوری در محیط ریشه کاهش پیدا می‌کند. کاهش پتاسیم می‌تواند به دلیل رقابت سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌های غشاء پلاسمایی و یا نشت پتاسیم به دلیل عدم ثبات غشاء پلاسمایی باشد (Ferreira-Silva *et al*., 2008). اثرات متقابل بین شوری و فسفر در گیاهان همانند نیتروژن پیچیده می‌باشد. این اثر به ژنوتیپ، مرحله نمو، سطوح شوری و غلظت فسفر در محیط رشد بستگی دارد. بنابراین با توجه به نوع گیاه و شرایط آزمایش، نتایج متفاوتی را می‌توان انتظار داشت (Grattan & Grieve, 1999). سدیم به‌جای انباشت در برگ‌های بالایی و جوان‌تر، ترجیحاً در برگ‌های پایینی و پیرتر انباشت می‌یابد و ماحصل آن نکروزه برگ‌های پیر می‌باشد. آسیب شدید برگ ناشی از شوری، از خصوصیات بارز گونه‌های حساس به شوری تلقی شده و آستانه تحمل شوری بین ارقام و گونه‌ها نیز توسط این شاخص ارزیابی می‌شود (Munns, 2002). همگام با افزایش شوری، غلظت سدیم برگ نیز به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. نحوه دفع نمک در گلیکوفیت‌ها باقابلیت ایجاد محدودیت در جذب و یا انتقال سدیم از ریشه به قسمت‌های بالایی گیاه مرتبط می‌باشد. انباشت مقادیر نسبتاً بالایی از سدیم در ریشه در مقایسه با برگ در مرکبات و نیز قابلیت ذخیره‌سازی سدیم در ریشه‌ها به‌عنوان شاخصی از تحمل به نمک محسوب می‌شود (Ballester *et al*., 2003).

نتایج پژوهشی نشان داد که با افزایش سطوح شوری، تقریباً تمام عناصر غذایی کم‌مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) در بافت‌های مختلف رز کاهش یافتند (Saber *et al*., 2019). کاهش مشابه‌ای در مقدار عناصر غذایی کم‌مصرف با افزایش شوری توسط Yahya (1998) گزارش‌شده است. مقادیر زیاد کلریدسدیم در محیط می‌تواند جذب آهن را تحت تأثیر قرار داده و کمبود یا سمیت آهن را تشدید کند (Yousfi *et al*., 2007). با انجام یک آزمایش آبکشت، گزارش شد که کمبود آهن و تیمار شوری، جذب و غلظت آهن در ریشه و شاخساره نخود را کاهش داد (Nenova, 2008). گزارش‌های متناقضی مبنی بر تأثیر شوری بر جذب مس توسط گیاه منتشرشده است. درحالی‌که در محیط کشت هیدروپونیک، شوری حاصل از کلریدسدیم، غلظت مس در برگ‌های ژربرا به میزان زیادی افزایش داد (Kumar *et al*., 2010). تحقیقات دیگر نشان داد که غلظت مس در برگ و شاخساره ذرت کشت‌شده در خاک و محلول غذایی (Izzo *et al*., 1991; Mirzaei & Dastoory, 2018)، با افزایش شوری کاهش یافت. علت کاهش جذب عناصر کم‌مصرف ازجمله مس در شرایط شوری می‌تواند ناشی از جذب بیشتر عناصری مانند سدیم، منیزیم و کلسیم باشد (Saber *et al*., 2019). همچنین با توجه به کاهش وزن ریشه و خاصیت آنتاگونیسمی بین عناصر غذایی و یون‌های سمی در شرایط شور، جذب عناصر غذایی توسط ریشه کاهش می‌یابد. غلظت‌های نسبتاً زیاد یون سدیم و یا قابلیت دسترسی محدود آب برای گیاه که به‌واسطه مقادیر زیاد نمک‌های محلول ایجاد می‌گردد، احتمالاً مسئول کاهش غلظت روی در بافت‌های تحت تنش شوری است (Tavallali *et al*., 2009). بیان‌شده که آثار زیان‌آور کمبود روی تحت تنش شوری ممکن است به‌عنوان عامل محدودکننده مهم‌تری نسبت به سمیت کلریدسدیم در کاهش رشد عمل کند (Gunes *et al*., 2007).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که سطح شوری ۲۵ میلی‌مولار می‌تواند برای گل‌محمدی سطح تنش بالایی به‌حساب آید. تنش کلریدسدیم در سطح ۲۵ میلی‌مولار به بالا موجب کاهش میزان کاروتنوئیدها، سبزینه و شاخص‌های مانند وزن تر و خشک در گیاهان موردمطالعه گردید. اما در همین شرایط میزان پرولین، کربوهیدرات‌های محلول در گیاهان افزایش یافت. افزایش فعالیت

آنزیم پراکسیداز در کنار فعالیت آنزیم کاتالاز نیز عوامل بیوشیمیایی دخیل در واکنش به تنش شوری در این گیاهان را نشان دادند. همچنین نتایج نشان داد که شوری سبب کاهش جذب بیشتر عناصر غذایی ضروری به غیر از سدیم شد و پیشنهاد می‌شود برای کاهش اثر سوء شوری محلول‌پاشی عناصر غذایی صورت گیرد تا کمبود موادغذایی کمتر رخ دهد.

منابع

Aebi, H. (1984). Catalase *in vitro*. *Methods in Enzymology, 105*, 112-121.

Albalasmeh, A.A., Berhe, A.A., Ghezzehei, T.A. (2013). A new method for rapid determination of carbohydrate and total carbon concentrations using UV spectrophotometry. *Carbohydrate Polymers, 97*, 253-261.

Anonymous. (2015). Statistical information of agricultural crops production in Iran. Department of Statistics. Ministry of Jihad-e-Keshavarzi (in Persian).

Azevedo Neto, A.D., Prisco, J.T., Eneas-Filho, J., de Abreu, C.E.B., Gomes-Filho, E. (2006). Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes. *Environmental and Experimental Botany, 56*, 87-94.

Ballester, G.F., Garcia-Sanchez, F., Cerda, A., Martinez, V. (2003). Tolerance of citrus rootstock seedlings to saline stress based on their ability to regulate ion uptake and transport. *Tree Physiology, 23*, 256-271.

Bandeoglu, E., Eyidogan, F., Yucel, M., Oktem, H.A. (2004). Antioxidant response of shoots and roots of lentil to NaCl Salinity stress. *Plant Growth Regulation, 42*, 69-77.

Bates, L.S., Waldern, R.P., Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil, 39*, 205-207.

Bohnert, H.J., Nelson, D.E., Jensen, R.G. (1995). Adaptations to environmental stresses. *Plant Cell, 7*, 1099-1111.

Cabrera, R.I., Perdomo, P. (2003). Reassessing the salinity tolerance of greenhouse roses under soilless production conditions. *HortScience, 38*, 533-536.

Cabrera, R.I., Solis-Perez A.R., Sloan, J.J. (2009). Greenhouse rose yield and ion accumulation responses to salt stress as modulated by rootstock selection. *HortScience, 44*, 2000-2008.

Demir Kaya, M., Gamze Oke, U., Atak, M., Yakup, C. (2006). Seed treatments overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy, 24*, 291-295.

Ferreira-Silva, S.L., Silveira, J., Voigt, E., Soares, L., Viegas, R. (2008). Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. *Brazilian Journal of Plant Physiology, 20*, 51-59.

Grattan, S.R., Grieve, C.M. (1999). Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae, 78*, 127-157.

Gunes, A., Inal, A., Alpuslan, M., Fraslan, F., Guneri, E., Cicek, N. (2007). Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize grown under salinity. *Journal of Plant Physiology, 164*, 728-736.

Heath, R.L., Packer, L. (1968). Photoperoxidarion in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics, 125*, 189-198.

Izzo, R., Navari-Izzo F., Quartacci M.F. (1991). Growth and mineral absorption in maize seedlings as affected by increasing NaCl concentrations. *Journal of Plant Nutrition, 14*, 687-699.

Kasukabe, Y., Marshall, N., Fanton, B. (2004). Salt stress causes depletion in CO_2 assimilation in Okra. *Plant and Cell Physiology, 45*, 1016-1019.

Kaya, C., Higges, D., Kirnak, H. (2021). The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *Journal of Plant Physiology, 127*, 47-59.

Kumar, K., Xia, Y.P., Zhu, Zh., Le., Ch., Wijeratne, A.W. (2010). Some deleterious effects of long-term salt stress on growth, nutrition, and physiology of gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) and potential indicators of its salt tolerance. *Journal of Plant Nutrition, 33*, 2010-2027.

Lichtenthaler, H.K., Wellburn, A.R. (1983). Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions, 603*, 591-592.

Lin, C.C., Kao, C.H. (1999). NaCl induced changes in ionically bounds peroxidase activity in roots of rice seedlings. *Plant and Soil, 216*, 147-153.

Mahboubi, M. (2016). *Rosa damascena* as holy ancient herb with novel applications. *Journal of Traditional and Complementary Medicine, 6*, 10-16.

Mirmohamadi, A., Ghareyazi, B. (2002). Physiological aspect and breeding. Isfahan University of Thecnology Press. 276 p. (in Persian).

Mirzaei, S., Dastoory, M. (2018). Effect of drought and salt stress on physiological and morphological characteristics of the green covers (*Phyla nodiflora* L. and *Frankenia thymifolia* Desf.). *Flower and Ornamental Plants, 3*, 61-74 (in Persian).

Misra, A.N., Latowski, D., Strzalka, K. (2006). The Xanthophylls cycle activity in Kidnay Bean and Cabbage leaves under salinity stress. *Russian Journal of Plant Physiology, 53*, 102-109.

Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell and Environment, 25*, 239-250.

Nenova, V. (2008). Growth and mineral content ratios of pea plants under different salinity levels and iron supply. *Journal of Plant Physiology, 34*, 189-202.

Niu, G., Starman, T., Byrne, D. (2013). Responses of growth and mineral nutrition of garden roses to saline water irrigation. *HortScience, 48*, 756-761.

Ozturk, L., Demir, Y., Unlukara, A., Karatas, I., Kurunc, A., Duzdemir, O. (2012). Effects of long-term salt stress on antioxidant system, chlorophyll and proline contents in pea leaves. *Romanian Biotechnology Letters, 17*, 7227-7236.

Parida, A.K., Das, A.B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 60*, 324-349.

Pitman, M.G., Läuchli, A. (2012). Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: Läuchli, A. and Lüttge, U., (Eds.). Salinity: Environment–Plants–Molecules. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 3-20.

Saber, M., Mobarak, Z.M., Salama, Z.A. (2019). Micronutrient spray as a tool to increase tolerance of rose to salinity. Proc. of XIV Intl. Plant Nutrition Colloquium, 28 July- 4 Aug., 2019, Hanover, Germany, pp. 422-423.

Sekmen, A.H., Turkan, I., Takio, S. (2007). Differential responses of antioxidative enzymes and lipid peroxidation to salt stress in salt-tolerant *Plantago maritima* and salt-sensitive *Plantago media*. *Physiologia Plantarum, 131*, 399-411.

Sherameti, I., Tripathi, S., Varma A., Oelmuller, R. (2008). The root-colonizing endophyte *Pirifomospora indica* confers drought tolerance in Arabidopsis by stimulating the expression of drought stress-related genes in leaves. *Molecular Plant-Microbe Interactions Journal, 21*, 799-807.

Silveria, J.A., Viegas Rade, A., de Rocha, I.M., Moreira, A.C, Moreira Rade, A., Oliveira, J.T. (2003). Proline accumulation and glutamine synthetase activity are increased by salt-induced proteolysis in Cashew leaves. *Journal of Plant Physiology, 16*, 115-23.

Sotiropoulos, T.E., Therios, I.N., Almaliotis, D., Papadakis, I., Dimassi, K.N. (2006). Response of cherry rootstocks to boron and salinity. *Journal of Plant Nutrition, 29*, 1691-1698.

Storey, R., Gorham, J., Pitman, M.C., Hanson, M.G., Gage, D. (1993). Response of *Melanthera biflora* to salinity and water stress. *Journal of Experimental Botany, 44*, 1551-1561.

Tavallali, V., Rahemi, M., Maftoun, M., Panahi, B., Karimi, S., Ramezanian, A., Vaezpour, M. (2009). Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations, and carbonic anhydrase activity in pistachio. *Scientia Horticulturae, 123*, 272-279.

Tunctürk, M., Tunctürk, R., Yildirim, B., Ciftci, V. (2011). Effect of salinity stress on plant fresh weight and nutrient composition of some canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *African Journal of Biotechnology, 10*, 1827-1832.

Viera Santos, C. (2004). Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Scientia Horticulturae, 103*, 93-99.

Wahome, P.K., Jesch, H.H., Grittner, I. (2001). Mechanisms of salt stress tolerance in two rose rootstocks: *Rosa chinensis* 'Major' and *R. rubiginosa*. *Scientia Horticulturae, 87*, 207-216.

Yahya, A. (1998). Salinity effects on growth and on uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesame. *Journal of Plant Nutrition, 21*, 1439-1451.

Yousfi, S., Wissal, M., Mahmoudi, H., Abdelly, C., Gharsalli, M. (2007). Effect of salt on physiological responses of barley to iron deficiency. *Journal of Plant Physiology and Biochemistry, 45*, 309-314.

Flower and Ornamental Plants (2023), 8(1): 171-182
Research article

Investigating the vegetative growth and mineral elements uptake by Damask rose irrigated with various levels of Sodium Chloride

Mohamad Tahmasebi[1], Mohamadreza Salehi Salmi[1*], Mokhtar Heidari[1], Babak Pakdaman Sardorood[2]

1. Department of Horticultural Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Ramin
2. Department of Plant Protection, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Ramin

✉ salehi@asnrukh.ac.ir

Abstract

This study examined how salinity affects the growth and mineral uptake of Damask rose seedlings in hot and dry areas, where soil and salt water are major challenges for plant cultivation. Four levels of salinity (0, 25, 50, and 75 mM NaCl) were applied to the seedlings under field condition. The following traits were measured: wet and dry weights of shoots and roots, proline and malondialdehyde contents, guaiacol peroxidase and catalase activities, soluble carbohydrates, chlorophyll and carotenoid levels, and concentrations of nitrogen, potassium, sodium, phosphorus, iron, copper, manganese, and zinc in the leaves. The results indicated that salinity reduced the vegetative growth and the chlorophyll and carotenoid levels of the seedlings. Salinity also increased the proline and soluble carbohydrate contents and the antioxidant enzymes activities in the leaves, which were biochemical responses to salt stress. Moreover, salinity disrupted the mineral balance in the leaves by increasing the sodium accumulation and decreasing the uptake of the other elements. To mitigate the adverse effects of salinity and supply adequate nutrients, the use of fertilizer solutions is recommended.

Keywords: Antioxidant, Chlorophyll, Element, Salt water, Tolerance.