

Research Article

Plant Prod., 2021, 44(1), 129-142
<http://plantproduction.scu.ac.ir/>


ISSN (P): 2588-543X
ISSN (E): 2588-5979

Comparison of Salinity Tolerant of Three Cultivars of Commercial Pomegranate (*Punica granatum* L.)

Zahra Jamaati¹, Maryam Dehestani Ardakani^{2*}, Ali Momenpour³, Mostafa Shirmardi⁴

- 1- M.Sc. Student of Horticultural Science, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Yazd, Iran
- 2- *Corresponding Author: Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Yazd, Iran (mdehestani@ardakan.ac.ir)
- 3- Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran
Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Yazd, Iran

Citation: Jamaati, Z., Dehestani Ardakani, M., Momenpour, A., & Shirmardi, M. (2021). Comparison of salinity tolerant of three cultivars of commercial pomegranate (*Punica granatum* L.). *Plant Productions*, 44(1), 129-142.

 10.22055/ppd.2019.29239.1752

Received: 22 April, 2019

Accepted: 22 June, 2019

Abstract

Background and Objectives

Pomegranate (*Punica granatum* L.) is an economically important commercial fruit plant species belonging to the family of Punicaceae. Saline irrigation water is currently one of the most severe limiting factors in the cultivation area. In recent years, nearly 7% of the global cultivated lands are affected by salinity, and soil salinization aggravating has been a more significant threat to the healthy and sustainable development of agriculture worldwide. Therefore, the study aimed to determine the effects of salt stress on physiological and biochemical characteristics in pomegranate cuttings to better understand the salt resistance of pomegranate and offer a reference for pomegranate cultivation on saline lands.

Materials and Methods

A pot experiment was conducted for nine months to evaluate and compare three Iranian cultivar salinity tolerance of commercial pomegranate in 2017-2018. The experiment was arranged in factorial based on a completely randomized design with two factors included water salinity in 5 levels of 1, 3, 5, 7, and 9 dSm⁻¹ and three commercial pomegranate genotypes ('Shishehcap Ferdos,' 'Malas Saveh' and 'Malas Yazdi') in 4 replications and generally with 60 pots. At the end of the experiment, the vegetative yield and fresh and dry



weight of leaves, ion leakage, relative water content, chlorophyll a, b and total were also measured. In addition, leaves were analyzed for Na⁺, K⁺, Cl⁻, and Na/K ratio elements.

Results

Results showed that cultivar and salinity levels were affected by morphological and physiological characteristics, and concentration of nutritional elements. In all the three studied cultivars, an increase in the salinity levels led to a significant decrease in the growth characteristics, the relative water content of leaves, and chlorophyll. Moreover, the percentage of leaf necrosis, fall, and ion leakage increased considerably. Also, with increasing salinity levels, Na⁺, Cl⁻ and Na⁺/Cl⁻ significantly increased. In the highest level of salinity (9 dS.m⁻¹), the maximum growth characteristics, fresh and dry weight of leaves, green leaves, the relative water content of leaves, chlorophyll, and potassium, and the lowest percentage of leaf necrosis, ion leakage, Na⁺, Cl⁻ and Na⁺/Cl⁻ were obtained in a cultivar of 'Malas Yazdi.'

Discussion

Generally, among the investigated cultivars, 'Malas Yazdi' and 'Malas Saveh' were the highest and the lowest tolerants, respectively. Our study showed that the adverse effects on physiological and morphological indexes aggravated over stress time. We inferred that it was one of the mechanisms for pomegranate alleviating the detrimental effects of salt stress. This study would provide a theoretical basis for the cultivation and utilization of pomegranate plants on saline soil.

Keywords: Chlorine, Growth characteristics, Malas Yazdi, Sodium

مقایسه تحمل به شوری سه رقم انار تجاری (*Punica granatum L.*)زهرا جماعتی^۱، مریم دهستانی اردکانی^{۲*}، علی مومن پور^۳، مصطفی شیرمردی^۴

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، یزد، ایران
 ۲- *نویسنده مسئول: دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، یزد، ایران (mdehestani@ardakan.ac.ir)
 ۳- استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
 ۴- استادیار، گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، یزد، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۰۲

چکیده

انار (*Punica granatum L.*) یک گونه گیاهی میوه‌ای تجاری مهم از خانواده Punicaceae می‌باشد. شوری آب آبیاری یکی از مشکلات محدودکننده کشت و کار آن است. هدف از انجام این پژوهش، شناسایی و معرفی متحمل‌ترین رقم تجاری انار به شوری آب آبیاری بود. طی یک آزمایش گلدانی در یک دوره نه ماهه ارزیابی و مقایسه تحمل به شوری سه رقم انار تجاری در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶ در سایت مرکز ملی تحقیقات شوری صورت گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور ۱- شوری آب آبیاری در پنج سطح ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر و ۲- رقم انار در سه سطح ("شیشه کپ فردوس"، "ملس ساوه" و "ملس یزدی") و با چهار تکرار و در مجموع ۶۰ گلدان انجام شد. نتایج نشان داد که رقم و سطح شوری اثر معنی‌داری بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و غلظت عناصر غذایی داشتند. در تمامی ارقام مورد مطالعه با افزایش سطح شوری، شاخص‌های رشدی، محتوی نسبی آب‌برگ و میزان کلروفیل کاهش و درصد برگ‌های نکرزده و ریزش یافته افزایش یافت. بیشترین ارتفاع، تعداد انشعابات نهایی، قطر شاخه و کلروفیل کل در شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر و در رقم "ملس یزدی" مشاهده شد. همچنین با افزایش سطح شوری میزان سدیم، کلر و نسبت سدیم به پتاسیم به طور معنی‌داری افزایش یافت. در بالاترین سطح شوری (۹ دسی‌زیمنس بر متر) بیشترین میزان شاخص‌های رشدی، وزن تر و خشک برگ، برگ‌سبز، محتوای نسبی آب، کلروفیل و پتاسیم و کمترین میزان برگ نکرزده، غلظت سدیم، کلر و نسبت سدیم به پتاسیم در رقم "ملس یزدی" حاصل شد. به طور کلی در میان ارقام مورد بررسی "ملس یزدی" و "ملس ساوه" به ترتیب متحمل‌ترین و کم تحمل‌ترین رقم به شوری بودند.

کلیدواژه‌ها: خصوصیات رشدی، سدیم، کلر، ملس یزدی

مقدمه

عامل اصلی کاهش رشد و عملکرد به شمار می‌رود، در شرایط کمبود آب استفاده از آب‌های شور جهت تولید گیاهان زراعی غیرقابل اجتناب است. عموماً با افزایش شوری آب آبیاری، بر شوری خاک نیز اضافه می‌گردد

شوری آب و خاک یکی از اساسی‌ترین مشکلات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Emam et al., 2013). در این مناطق شوری خاک و کمبود آب به عنوان

سطح شوری، غلظت روی، مس و منگنز در ریشه‌ها و منگنز در ساقه افزایش یافت.

در پژوهشی (Karimi and Hasanpour, 2014) اثر تنش شوری و خشکی را بر رشد و غلظت عناصر غذایی ماکرو در انار بررسی کردند. آنالیز ریشه و اندام هوایی نشان داد که شوری و خشکی، بر غلظت و توزیع سدیم، پتاسیم، کلر، کلسیم، منگنز و فسفر در برگ‌ها تاثیر دارد. با افزایش شوری میزان سدیم، کلر، پتاسیم در اندام هوایی و ریشه‌ها افزایش یافت. در میان ارقام مورد بررسی، "شیشه‌کپ" در مقایسه با "رباب" از طریق حفظ رشد رویشی و انتقال کمتر کلر و افزایش انتقال پتاسیم به اندام هوایی، تحمل بیشتری نسبت به شوری نشان داد. میزان تبخیر و تعرق و رشد دو رقم انار 'Wonderful' و 'SP-2' تحت تنش شوری توسط Bhantana and Lazarovitch (2010) بررسی شد. آن‌ها بیان کردند که در برخی محصولات، زمانی که گیاه در شرایط تنش شوری قرار دارد، عملکرد به صورت خطی با تبخیر و تعرق (Evapotranspiration) (ET) کاهش می‌یابد.

ایران از نظر تعداد و تنوع ارقام، سطح زیر کشت، تولید و صادرات انار در رتبه نخست جهانی قرار دارد (Parvizi et al., 2016). در حال حاضر ۷۶۰ ژنوتیپ انار در کلکسیون در استان یزد موجود می‌باشد. استان یزد در مرکز ایران قرار دارد که به علت اقلیم خاص خود یکی از مناطقی است که پتانسیل بالایی برای تولید انار دارد. به هر حال شوری مهم‌ترین مشکل اکثر مناطق پرورش انار در نواحی مرکزی ایران (خصوصاً استان یزد) است (Naeini et al., 2006). لذا هدف از انجام این پژوهش، بررسی سطوح مختلف شوری بر برخی خصوصیات رشدی و فیزیولوژیک سه رقم انار تجاری بود تا متحمل‌ترین رقم نسبت به شوری جهت کشت و کار در این مناطق معرفی گردد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور رقم در سه سطح و شوری آب آبیاری در پنج سطح و با چهار تکرار در سال ۱۳۹۶-۱۳۹۷ در سایت مرکز ملی تحقیقات شوری انجام

که بر مشکلات شوری خواهد افزود (Ashraf and McNeilly, 2004). شوری خاک ممکن است زمانی که غلظت آن در محلول خاک بالا رود، مشکل سمیت ایجاد کند و مقادیر بالای آن توسط گیاه جذب شود. سمیت زمانی که غلظت عناصر در محلول خاک بیش از حد تحمل گیاه بالا رود، افزایش می‌یابد. زمانی که هدایت الکتریکی (EC) آب برابر ۴ دسی‌زیمنس بر متر باشد، برای تعداد زیادی از محصولات مضر است و ممکن است درصد جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه را کاهش دهد (Horneck et al., 2007).

انار (*Punica granatum* L.) یک میوه تجاری مهم متعلق به خانواده Punicaceae می‌باشد که به طور گسترده در خاک‌های خشک و نیمه‌خشک پرورش می‌یابد (Cao and Hou, 2013). باید توجه کرد که انار دارای ارزش‌های بسیار اقتصادی، غذایی، دارویی، زینتی و اکولوژیکی می‌باشد (Yuan, 2016) و نسبتاً مقاوم در برابر شوری است (Tavousi et al., 2015). محققان گزارش کردند که درصد بقای درختچه انار، ارتفاع گیاه، تعداد گره، قطر ساقه، وزن تر و خشک با افزایش شوری، کاهش یافت (Khoshgoftarmanesh, 2006; Khayyat et al., 2014; Liu et al., 2018).

در مطالعه‌ای Liu et al. (2018) اثر تنش شوری بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیک قلمه‌های انار را بررسی کردند. نتایج نشان داد که با افزایش سطح شوری، خصوصیات رشدی کاهش و نسبت کلروفیل a/b افزایش یافت. آن‌ها پیشنهاد کردند که انار رقم 'Tunisi' نسبتاً مقاوم به شوری (۰/۴ درصد NaCl) است که شوری ۰/۱ درصد رشد آن را تحریک می‌کند. این رقم دارای مکانیزمی است که اثر تنش را از طریق افزایش میزان پرولین، محتوای پروتئین محلول و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی تقلیل می‌دهد.

بررسی اثر تنش شوری و خشکی بر خصوصیات اکوفیزیولوژیک و غلظت عناصر غذایی میکرو در برگ‌های انار توسط Hasanpour et al. (2015) نشان داد که تنش شوری و خشکی بر غلظت آهن، روی، مس و منگنز برگ و ریشه‌های انار معنی‌دار بود. با افزایش

دستگاه صفحه فشار مدل (F1, USA) تعیین شد. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آن‌ها و نیاز آبتی، انجام می‌شد. برای این منظور، ابتدا وزن خاک خشک گلدان‌ها، نقطه ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی تعیین شد (جدول ۱). سپس میزان آب مورد نیاز برای رسیدن خاک مورد آزمایش به حد ظرفیت زراعی محاسبه شد. زمانی که ۵۰ درصد آب قابل استفاده گیاه مصرف شده بود، مجدداً آبیاری انجام می‌شد و در هر مرتبه آبیاری حدود $2/1 \pm 0/1$ لیتر آب به گلدان‌ها داده می‌شد به طوری که همچنین، به منظور اطمینان از انجام نیاز آبتی خاک گلدان‌ها، پس از هر نوبت آبیاری، هدایت الکتریکی و حجم زه آب خروجی گلدان‌ها اندازه‌گیری می‌شد. همچنین به منظور کنترل بیشتر رعایت آبتی، در پایان آزمایش نیز نمونه خاک، از هر یک از سطوح اعمال تیمار شوری تهیه و هدایت الکتریکی و pH آن‌ها اندازه‌گیری شدند.

به منظور ثبت میزان افزایش قطر، ارتفاع، تعداد برگ سبز و تعداد انشعابات گیاهان مورد نظر، قبل از شروع اعمال تیمار شوری، قطر و ارتفاع آن‌ها اندازه‌گیری شد و تعداد برگ‌های سبز و تعداد انشعابات آن‌ها یادداشت گردید و مجدداً صفات مورد نظر در پایان آزمایش اندازه‌گیری شدند و مقادیر افزایش یافته محاسبه گردید. به منظور اندازه‌گیری درصد برگ‌های نکروزه، در پایان آزمایش تعداد برگ‌های نکروزه شمارش و بر تعداد کل برگ‌ها تقسیم شدند. همچنین به منظور اندازه‌گیری درصد برگ‌های ریزش یافته، در طول مدت آزمایش، تعداد برگ‌های ریزش یافته تا پایان آزمایش یادداشت و بر تعداد کل برگ‌ها تقسیم شدند. درصد برگ‌های سبز گیاهان از طریق تفاضل درصد کل برگ‌ها از (درصد

شد. ارقام مورد مطالعه شامل "ملس یزدی"، "ملس ساوه" و "شیشه کپ فردوس" و شوری آب آبیاری شامل ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، بودند. به منظور انجام این تحقیق، ابتدا از گیاهان مادری واقع در کلکسیون ذخایر ژنتیکی انار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، قلمه‌های خشبی به طول 27 ± 3 سانتی‌متر و قطر 1 ± 10 میلی‌متر در دهه سوم بهمن ماه ۱۳۹۶ تهیه شد. سپس قلمه‌ها به مدت ۵ ثانیه در محلول ایندول بوتریک اسید (فلوکا) با غلظت ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر قرار گرفتند و در کیسه‌های پلاستیکی حاوی ماسه کشت و در داخل گلخانه ریشه‌دار شدند. سپس قلمه‌های ریشه‌دار شده یکنواخت و یک اندازه از نظر طول و قطر انتخاب و در اوایل اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۷ در داخل گلدان‌های ۱۵ کیلویی حاوی خاکی با بافت لوم باز کشت شدند. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در جدول (۱) آورده شده است. پس از رشد کافی گیاهان و از اوایل تیرماه، اعمال تیمارهای شوری آغاز شد و به مدت سه ماه (۱۳ هفته) ادامه یافت (Okhovatian et al., 2010).

به منظور اعمال تیمارهای شوری ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، از آب بسیار شور منطقه عقدا (با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی)، استفاده شد که ترکیب آن در جدول (۲) ارائه شده است. همچنین، برای اجتناب از ایجاد تنش ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک‌ها به صورت تدریجی انجام و در مدت یک هفته به غلظت نهایی رسانده شد. میزان رطوبت خاک گلدان‌ها در سطح ظرفیت مزرعه (Field capacity)، قبل از انتقال گیاهان به گلدان، به کمک

Table 1. Physical and Chemical properties of studied soil

Texture	K	P	pH	Organic carbon	Organic carbon	Nitrogen	Clay	Silt	Sand	Saturation point	Field capacity	Permanent wilting point
	ppm						%					
Loam	227	14.49	7.77	1.05	1.01	0.10	18	35	47	38.05	26.30	13.50

Before transition plants to pots, three times washed with fresh water (0.6 dS.m^{-1}) and first soil EC decreased to lower than 1 dS.m^{-1}

Table 2. Qualitative characteristics of the used water after diluting by urban water by 1:20 ratio

HCO_3^- (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	Na (mg/l)	pH	Electrical Conductivity (dS.m^{-1})
2.77	29.52	22.05	223.11	211.3	7.91	25.10

برگ‌های ریزش یافته + درصد برگ‌های نکروزه محاسبه شدند (Momenpour et al., 2018).

به منظور اندازه گیری وزن تر و خشک برگ‌ها در پایان آزمایش از گیاهان جدا و وزن شدند و سپس به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها محاسبه شد (Mousavi et al., 2009). سطح برگ در پایان آزمایش با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ مدل (LI-Cor, Li 1300, USA)، اندازه گیری شد. میزان جذب نور برای کلروفیل a و b به ترتیب در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل DR2000)، اندازه گیری شد (Arnon, 1994).

محتوای نسبی آب برگ (Relative water content (RWC)) با استفاده از رابطه ۱ اندازه گیری شد (Yamasaki and Dillenburg, 1999).

$$RWC = (F_w - D_w / S_w - D_w) \times 1000 \quad (1)$$

که در آن F_w : وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه برداری؛ D_w : وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون؛ S_w : وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر پس از تهیه عصاره گیاهی غلظت سدیم و پتاسیم در عصاره با دستگاه فلیم فتومتر (Jenway, PFP7, England) اندازه گیری شدند (Emami, 1996). به منظور اندازه گیری کلر، ۰/۱ گرم از برگ‌های خشک شده در آون با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن و سپس به ارلن مایر ۵۰ میلی لیتری منتقل شدند. به نمونه‌ها ۲۵ میلی لیتر آب در حال جوش اضافه شد و سپس به مدت یک ساعت روی شیکر با ۱۲۰ دور در دقیقه قرار گرفتند و عصاره‌ها در چند مرحله کاملاً صاف شدند و با آب مقطر به حجم رسانده شدند. ۱۰ میلی لیتر از عصاره‌ها برداشته شدند و ۴ قطره دی کرومات پتاسیم به آن‌ها اضافه شد و با محلول نیترات نقره ۰/۰۵ نرمال تا ظهور رنگ قرمز آجری تیترا شدند. مقدار نیترات نقره مصرفی برای نمونه‌ها یادداشت و درصد کلر با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد (Staples and Toenniessen, 1984).

رابطه (۲)

$$\text{درصد کلر} = \frac{\text{نیترات نقره مصرفی (mlit)}}{\text{حجم کل} \times 100 \times \text{نرمالیه نیترات نقره} \times 35/5} \times 100$$

در نهایت، تجزیه و تحلیل داده‌های آماری، با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱)، انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و نرم افزار MSTATC (ورژن ۲.۱۰)، صورت گرفت.

نتایج و بحث

در همه ارقام با افزایش سطح شوری، ارتفاع به طور معنی داری کاهش یافت (جدول ۳). در منابع متعددی گزارش شده است که با افزایش سطح شوری، ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد (Liu et al., 2018; Khayyat et al., 2014; Momenpour et al., 2014; Karimi and Hasanpour, 2014). در تمام ارقام مورد بررسی ارتفاع از شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر به طور معنی دار شروع به کاهش کرد (جدول ۳) بدین مفهوم که در هر سه رقم تا شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر تغییری در میزان ارتفاع مشاهده نشد. بر اساس نتایج به دست آمده بیشترین ارتفاع (۴۵/۲۲ cm) در طول دوره آزمایش مربوط به رقم "ملس یزدی" در شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۳). بر اساس جدول (۳) کمترین ارتفاع (۲۹/۵۲ cm) در رقم "ملس ساوه" و در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. بالاترین سطح شوری (۹ دسی‌زیمنس بر متر) بیشترین (۳۸/۱۲ cm) و کمترین (۲۹/۵۲ cm) ارتفاع به ترتیب در ارقام "ملس یزدی" و "ملس ساوه" به دست آمد (جدول ۳). (Okhovatian-Ardakani et al., 2010). Liu et al. (2018) و Karimi and Hasanpour (2014) نیز نشان دادند که ارقام مختلف پاسخ‌های مختلفی نسبت به شوری نشان دادند و ارتفاع شاخه اصلی در مواجهه با تنش شوری کاهش یافت. وجود نمک‌های محلول زیاد در ناحیه ریشه برداشت آب از خاک اطراف ریشه را محدود کرده و به طور مؤثری آب در دسترس گیاه را کاهش می‌دهد. بنابراین، کاهش رشد گیاه تحت تیمارهای کمبود آب باید

کمترین تعداد انشعابات به ترتیب در ارقام "ملس یزدی" و "ملس ساوه" به دست آمد (جدول ۳). نتایج به دست آمده با نتایج (Mastrogiannidou et al., 2016) در مورد انار مطابقت داشت. شوری متوسط موجب جلوگیری از توسعه شاخساره انتهایی می شود که این در پاسخ به اثر شوری NaCl است (Munns and Tester, 2008).

با افزایش سطح شوری، میزان قطر شاخه اصلی در هر سه رقم کاهش یافت که بیشترین کاهش در رقم "ملس ساوه" به دست آمد (جدول ۳). بیشترین قطر شاخه اصلی (۳/۹۴ cm) در رقم "ملس یزدی" و در شوری ۳ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد که تفاوت معنی داری با سایر سطوح شوری در این رقم و سایر ارقام (به جز شوری ۷ دسی زیمنس بر متر در رقم "ملس ساوه") نشان نداد (جدول ۳). کمترین قطر شاخه اصلی (۲/۷۶ cm) در رقم "ملس ساوه" و در شوری ۹ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۳). در شوری ۹ دسی زیمنس بر متر قطر شاخه اصلی به ترتیب در ارقام "ملس یزدی"، "شیشه کپ فردوس" و "ملس ساوه" کاهش یافت (جدول ۳). محققان بر این باورند که رشد گیاه در شرایط تنش

به علت قرار گرفتن در معرض سطوح آسیب زننده خشکی باشد که موجب کاهش فشار تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد و نمو سلولها شده است (Scalia et al., 2009). کاهش میزان رشد در اثر تنش شوری، در ابتدا به علت کاهش فشار تورژسانس در سلول می باشد. کاهش میزان رشد حتی بدون کاهش فشار تورژسانس نیز ممکن است صورت گیرد. این تغییرات همراه با تغییر در ترکیب پروتئین دیواره سلول است. بنابراین اثرات نامطلوب تنش شوری بر رشد و متابولیسم ممکن است به علت جلوگیری از دسترسی به آب (در اثر اسمز)، اثرات سمی یونهای نمکی و اختلال در جذب و انتقال عناصر غذایی باشد (Ates and Tekeli, 2007).

با افزایش سطح شوری، تعداد انشعابات نهایی شاخه کاهش یافت (جدول ۳). در پایان دوره آزمایش بیشترین انشعابات نهایی (۷/۵۰ عدد) در رقم "ملس یزدی" و در شوری ۳ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۳). کمترین انشعابات شاخه نیز در رقم "ملس یزدی" و در شوری ۹ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۳). در بالاترین سطح شوری (۹ دسی زیمنس بر متر) بیشترین و

Table 3. Mean comparison of interaction of salinity and genotype on some growth characteristics of three cultivars of pomegranate

Salinity (dSm ⁻¹)	Cultivar	Height (cm)	Number of final branches	Diameter of main branch (cm)	Average of leaf area (cm ²)	Leaves Fresh weight (g)	Leaves dry weight (g)	Percent of necrosis leaf	Percent of green leaves	Percentage of downfall leaves
1	Shishekap Ferdous	42.00 ^{abcd}	7.00 ^{ab}	3.43 ^{abc}	664.10 ^a	19.84 ^a	8.33 ^{ab}	0.00 ^g	100 ^a	0.00 ^f
3		41.30 ^{bcd}	6.75 ^{ab}	3.36 ^{abc}	675.60 ^a	19.94 ^a	8.37 ^a	0.00 ^g	100 ^a	0.00 ^f
5		38.85 ^{cde}	6.50 ^{ab}	3.11 ^{abc}	620.30 ^a	17.07 ^{ab}	7.34 ^{abc}	2.94 ^f	96.29 ^{bc}	0.76 ^f
7		36.67 ^{ef}	6.00 ^{abc}	3.12 ^{abc}	497.50 ^{ab}	14.56 ^{bc}	6.48 ^{abcd}	11.94 ^c	85.95 ^f	2.10 ^d
9		32.02 ^g	5.25 ^{bc}	2.89 ^{bc}	405.50 ^{abc}	11.97 ^{bcd}	5.50 ^{bcde}	14.01 ^b	78.72 ^g	7.26 ^b
1	Malas Saveh	43.95 ^{ab}	6.00 ^{abc}	3.79 ^{ab}	604.30 ^{ab}	14.82 ^{abc}	6.22 ^{abcd}	0.00 ^g	100 ^a	0.00 ^f
3		44.12 ^{ab}	6.50 ^{ab}	3.82 ^{ab}	605.50 ^{ab}	14.76 ^{abc}	6.35 ^{abcd}	0.24 ^g	100 ^a	0.00 ^f
5		40.47 ^{bcd}	5.00 ^{bc}	3.59 ^{abc}	533.70 ^{ab}	11.11 ^{bcd}	5.00 ^{cde}	3.69 ^f	94.41 ^c	1.89 ^{de}
7		34.67 ^{fg}	4.25 ^{cd}	3.18 ^{abc}	351.50 ^{bc}	9.00 ^{cd}	4.27 ^{de}	9.29 ^d	85.53 ^f	5.17 ^c
9		29.52 ^h	3.00 ^d	2.76 ^c	200.50 ^c	6.16 ^d	3.08 ^e	33.48 ^a	57.77 ^h	8.74 ^a
1	Malas Yazdi	43.65 ^{ab}	7.00 ^{ab}	3.61 ^{abc}	672.60 ^a	14.82 ^{ab}	7.66 ^{abc}	0.00 ^g	100 ^a	0.00 ^f
3		45.22 ^a	7.50 ^a	3.94 ^a	658.50 ^a	17.11 ^{ab}	7.70 ^{abc}	0.00 ^g	100 ^a	0.00 ^f
5		42.37 ^{ab}	7.00 ^{ab}	3.61 ^{abc}	638.50 ^a	16.65 ^{ab}	7.65 ^{abc}	0.84 ^g	98.32 ^{ab}	0.83 ^{ef}
7		38.62 ^{de}	6.75 ^{ab}	3.48 ^{abc}	551.70 ^{ab}	14.64 ^{abc}	6.92 ^{abcd}	6.74 ^e	91.32 ^d	1.93 ^{de}
9		35.12 ^{fg}	6.25 ^{abc}	3.26 ^{ab}	448.60 ^{ab}	13.10 ^{bc}	6.30 ^{abcd}	8.84 ^d	88.74 ^e	2.40 ^d

Means in each column and for each trait, followed by similar letter(s) are not significantly different at $p < 0.01$ using Duncan's Multiple Range Test.

شوری طی دو مرحله کاهش می‌یابد. بدین صورت که در مرحله اول، مصرف انرژی توسط سلول‌های گیاهی جهت تنظیم اسمزی به‌عنوان عکس‌العملی در برابر نمک موجود در محیط و در مرحله دوم (واکنش ثانویه) اثرات سمی ناشی از تجمع بیش از حد نمک در سلول و اجزاء مختلف آن از جمله کلروپلاست و میتوکندری، موجب کاهش رشد گیاه می‌شود (Moller, 2001).

با افزایش سطح شوری آب در هر سه رقم مورد مطالعه، سطح برگ کاهش یافت (جدول ۳). نتایج حاصله با Mirfattahi et al. (2018) در مورد پسته مطابقت داشت. بیشترین کاهش سطح برگ در رقم "ملس ساوه" مشاهده شد (جدول ۳). کاهش سطح برگ در سطوح شوری ۱، ۳، ۵ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر در هر سه رقم معنی‌دار نبود، اما در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر تنها در رقم "ملس ساوه" معنی‌دار شد (جدول ۳). کمترین سطح برگ ($200/50 \text{ cm}^2$) در رقم "ملس ساوه" در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۳). دلیل کاهش سطح برگ در حالت اعمال شوری نسبت به عدم اعمال آن را می‌توان به کاهش مواد فتوسنتزی برای رشد و توسعه سلول‌های برگ و افزایش پیری برگ در شرایط تنش نسبت داد (Betran et al., 2003). همچنین کاهش سطح برگ ممکن است به علت سمیت یونی حاصل از سدیم باشد.

وزن تر و خشک برگ نیز با افزایش سطح شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین وزن تر برگ ($19/84$ و $19/94$ گرم) در رقم "شیشه کپ فردوس" در شوری ۱ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۳). در حالی که بیشترین وزن خشک برگ ($8/37$ گرم) در رقم "شیشه کپ فردوس" و در شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (جدول ۳). کمترین وزن تر ($6/16$ گرم) و خشک ($3/08$ گرم) برگ در رقم "ملس ساوه" و در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۳). در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین وزن تر و خشک برگ در رقم "ملس یزدی" و کمترین آن در رقم "ملس ساوه" حاصل شد (جدول ۳). کاهش در وزن خشک برگ با افزایش شوری در انار یا سایر گونه‌های چوبی نیز گزارش شده است

(Mastrogiannidou et al., 2016; Melgar et al., 2008). تنش شوری با افزایش پتانسیل آبی و در نتیجه کاهش پتانسیل اسمزی سلول‌ها، سبب کاهش جذب آب موردنیاز سلول‌ها می‌شود که این امر منجر به بروز اثرات منفی بر صفات مورفولوژیکی گیاه نظیر طول گیاه، وزن تر و خشک ریشه و اندام‌های هوایی (ساقه و برگ) و نیز عملکرد گیاه می‌شود. استفاده از وزن خشک گیاه به‌عنوان شاخص تحمل به شوری توسط محققان مختلف مورد استفاده قرار گرفته است (Shannon and Grieve, 1999). تنش اسمزی حاصل از شوری موجب کاهش محتوای آب سلول‌ها، کاهش رشد رویشی و در نتیجه کاهش وزن خشک می‌شود که احتمالاً به دلیل کاهش سطح فتوسنتزکننده و همچنین کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل a، b، جذب خالص CO_2 و هدایت روزنه‌ای و بسته شدن روزنه‌ها در اثر تنش شوری است (Netondo et al., 2004). نتایج بررسی اثر متقابل شوری و ژنوتیپ نشان داد که با افزایش سطح شوری، درصد برگ‌های نکروزه و ریزش یافته افزایش و درصد برگ‌های سبز کاهش یافت (جدول ۳). نتایج به‌دست آمده با Momenpour et al. (2015) روی پایه GF677 مطابقت داشت. در هر سه رقم مورد بررسی در شوری ۱ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین درصد برگ‌های سبز (۱۰۰ درصد) و کمترین میزان برگ‌های نکروزه و ریزش یافته (صفر درصد) را نشان دادند (جدول ۳). در ارقام "شیشه کپ فردوس" و "ملس ساوه" از شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر و در رقم "ملس یزدی" از شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر افزایش نکروزه و کاهش درصد برگ سبز مشاهده شد (جدول ۳). در ارقام "ملس یزدی" و "شیشه کپ فردوس" در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر و در رقم "ملس ساوه" از شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر ریزش برگ‌ها افزایش یافت (جدول ۳). بیشترین میزان نکروزه و کمترین درصد برگ‌های سبز در هر سه رقم در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (جدول ۳) که افزایش نکروزه در برگ‌ها همراه با افزایش جذب سدیم در آن‌ها بود (جدول ۴). در بالاترین سطح شوری (۹ دسی‌زیمنس بر متر) بیشترین برگ سبز و کمترین برگ نکروزه و ریزش

Table 4. Mean comparison of interaction of salinity and cultivar on some physiological properties and nutrient elements on three cultivars of pomegranate

Salinity (dSm ⁻¹)	Cultivar	RWC (%)	chlorophyll a (mg.g ⁻¹)	chlorophyll b (mg.g ⁻¹)	Total chlorophyll (mg.g ⁻¹)	Na (%)	K (%)	Cl (%)	Na/K
1	Shishekap Ferdou	84.44 ^a	0.50 ^e	0.20 ^{ab}	0.70 ^d	0.12 ^{hg}	0.75 ^d	0.50 ^{ef}	0.16 ^g
3		87.62 ^a	0.50 ^e	0.20 ^{ab}	0.70 ^d	0.15 ^g	0.77 ^{cd}	0.67 ^{cde}	0.19 ^g
5		84.98 ^a	0.45 ^f	0.19 ^{bc}	0.65 ^e	0.62 ^f	0.80 ^{bc}	0.82 ^c	0.77 ^f
7		70.00 ^c	0.40 ^{gh}	0.17 ^{cd}	0.57 ^f	1.26 ^c	0.61 ^e	0.77 ^{cd}	2.07 ^d
9		55.27 ^d	0.38 ^h	0.10 ^f	0.48 ^g	1.32 ^b	0.43 ^h	1.80 ^a	3.09 ^b
1	Malas Saveh	88.21 ^a	0.81 ^a	0.22 ^a	1.04 ^a	0.10 ^h	0.73 ^d	0.44 ^f	0.14 ^g
3		88.61 ^a	0.78 ^a	0.21 ^{ab}	0.99 ^{ab}	0.12 ^{hg}	0.77 ^{cd}	0.58 ^{def}	0.16 ^g
5		78.87 ^b	0.68 ^b	0.18 ^c	0.86 ^c	0.69 ^e	0.84 ^b	0.81 ^c	0.81 ^f
7		69.85 ^c	0.57 ^d	0.14 ^e	0.71 ^d	1.25 ^c	0.59 ^e	1.11 ^b	2.12 ^d
9		50.32 ^d	0.41 ^g	0.09 ^f	0.51 ^g	1.84 ^a	0.45 ^h	1.80 ^a	4.05 ^a
1	Malas Yazdi	87.69 ^a	0.81 ^a	0.19 ^{bc}	1.00 ^{ab}	0.08 ^h	0.50 ^g	0.50 ^{ef}	0.16 ^g
3		89.34 ^a	0.82 ^a	0.19 ^{bc}	1.02 ^a	0.14 ^g	0.80 ^{bc}	0.53 ^{ef}	0.18 ^g
5		85.45 ^a	0.79 ^a	0.17 ^{cd}	0.96 ^b	0.60 ^f	0.95 ^a	0.69 ^{cde}	0.62 ^f
7		73.82 ^{bc}	0.71 ^b	0.15 ^{de}	0.87 ^c	1.09 ^d	0.82 ^b	1.08 ^b	1.32 ^e
9		70.20 ^c	0.63 ^c	0.11 ^f	0.74 ^d	1.28 ^c	0.55 ^f	1.15 ^b	2.33 ^c

Means in each column and for each trait, followed by similar letter(s) are not significantly different at $p < 0.01$ using Duncan's Multiple Range Test

"ملس ساوه" از شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر معنی دار شد (جدول ۴). این به معنی حفظ آب بیشتر برگ در دو رقم "شیشه کپ فردوس" و "ملس یزدی" با افزایش سطح شوری می‌باشد. نتایج به‌دست آمده با Hasanpour et al. (2015) مطابقت داشت. کاهش محتوای نسبی آب برگ در گیاهان تحت تنش شوری، نتیجه از دست رفتن فشار آماس گیاه است که موجب بسته شدن روزنه‌ها و در نهایت منجر به کاهش جذب دی‌اکسید کربن و پس از آن کاهش فعالیت متابولیکی می‌شود. از طرف دیگر یون پتاسیم نقش مهمی در تنظیم سلول‌های محافظ روزنه دارد (Zhu, 2003). در هر حال مشخص شده است که میزان کاهش محتوای آب نسبی برگ در شرایط تنش در ارقام مختلف متفاوت است و محتوای نسبی در ارقام متحمل به مراتب بیشتر از ارقام حساس به تنش است (Marcinska et al., 2013). در پژوهش حاضر میزان پتاسیم برگ در رقم "ملس یزدی" بیشتر بود که با توجه به نقش پتاسیم در تنظیم روزنه‌ها، احتمالاً بالاتر بودن محتوای نسبی آب برگ در این رقم را توجیه می‌کند. ارقام متحمل با جذب بیشتر آب از خاک، قادر به حفظ محتوای آب نسبی خود در حد مطلوبی هستند. در واقع ژنوتیپ‌های متحمل به شوری با حفظ پتانسیل اسمزی، میزان محتوای آب نسبی برگ را در شرایط تنش بالا نگه می‌دارند که این امر در نهایت منجر به

یافته در رقم "ملس یزدی" مشاهده شد (جدول ۳). در پایان آزمایش بیشترین میزان ریزش برگ (۸۷۴ درصد) در رقم "ملس ساوه" و در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۳). مطالعه Liu et al. (2018) نیز نشان داد که تا شوری متوسط (۰/۴ درصد NaCl) صدمه‌ای به برگ‌های انار رقم 'Tunisi' وارد نشد که این مسئله بیانگر سازگاری این ژنوتیپ با شوری محیطی است. کاهش میزان کلروفیل که یکی از مهم‌ترین رنگیزه‌های بافت گیاهی است در نتیجه سمیت منجر به بروز کلروز و نکروز در برگ می‌شود (Khoshgoftarmanesh and Naeini, 2008). نتایج Okhovatian et al. (2010) نیز نشان داد که ارقام حساس به شوری بافت مردگی بیشتری داشتند.

نتایج بررسی اثر متقابل شوری و ژنوتیپ نشان داد که با افزایش سطح شوری، محتوای نسبی آب برگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). بیشترین محتوای نسبی آب برگ در ارقام "شیشه کپ فردوس" و "ملس یزدی" در شوری ۱، ۳ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر و در رقم "ملس ساوه" در شوری ۱ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین میزان آن در ارقام "شیشه کپ فردوس" و "ملس ساوه" در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۴). کاهش محتوای نسبی آب برگ در ارقام "شیشه کپ فردوس" و "ملس یزدی" از شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر و در رقم

با افزایش سطح شوری میزان جذب سدیم در برگ هر سه رقم مورد مطالعه به طور معنی داری افزایش یافت (جدول ۴). در هر سه رقم کمترین جذب سدیم در شوری ۱ دسی زیمنس بر متر به دست آمد (جدول ۴). بیشترین میزان جذب سدیم (۱/۸۴ درصد) در رقم "ملس ساوه" و در شوری ۹ دسی زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۴) که همین مسئله موجب افزایش نکرروز شدن برگ در این ژنوتیپ شد (جدول ۴). در سطوح بالای شوری (۷ و ۹ دسی زیمنس بر متر) رقم "ملس یزدی" نسبت به دو رقم "ملس ساوه" و "شیشه کپ فردوس" به طور معنی داری سدیم کمتری جذب کرد (جدول ۴). در پژوهش های انجام شده روی گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری نشان داده شده است که سدیم، سبب عدم تعادل اسمزی، تخریب غشاهای سلولی، کاهش رشد، جلوگیری از تقسیم و بزرگ شدن سلول ها می شود. نتایج حاصله با گیاهان انار (Mastrogiannidou et al., 2016; Naeini et al., 2006; Momenpour and Okhovatian et al., 2010) و پسته (Imani, 2018) تحت تنش شوری مطابقت داشت. با افزایش سطح شوری سدیم به بخش هوایی منتقل و در برگ ها جمع و موجب بروز نشانه های سمیت می شود. با افزایش سطح شوری در خاک، تجمع یون سدیم در برگ های هر سه رقم افزایش یافت. در زیتون (Chartzoulakis, 2005) و پسته (Momenpour and Imani, 2018) نیز تجمع یون سدیم در ریشه ها و مهار انتقال سدیم به برگ ها به عنوان ساز و کار موثر برای غلبه بر شوری در محیط خاک شناخته شده است. همچنین در سطح شوری بالا در رقم های حساس به شوری، سدیم به بخش هوایی انتقال و در برگ ها جمع و موجب بروز نشانه های سمیت می شود (Chartzoulakis, 2005). اختلاف بین ارقام در موثر بودن سازوکار برون داشت سدیم در سطوح بالای شوری، انعکاس دهنده اختلاف در تحمل به شوری است و گیاهان متحمل به شوری با انتقال کمتر یون سدیم به بخش هوایی از گیاهان حساس متمایز می شوند (Fernández, 2014). طبق نتایج حاصله، در شوری ۷ و ۹ دسی زیمنس بر متر، بیشترین تجمع یون

بهبود تحمل شوری می شود (Sairam and Sirvastava, 2001). بررسی برهمکنش شوری و ژنوتیپ نشان داد که با افزایش سطح شوری، کلروفیل a، b و کل به طور معنی داری کاهش یافت (جدول ۴). بیشترین میزان کلروفیل a در رقم "ملس ساوه" در شوری ۱ و ۳ دسی زیمنس بر متر و در "ملس یزدی" در شوری ۱، ۳ و ۵ دسی زیمنس بر متر به دست آمد (جدول ۴). نتایج به دست آمده نشان داد که میزان کلروفیل a در رقم "ملس یزدی" حتی در بالاترین سطوح شوری، نسبت به کمترین سطح شوری در رقم "شیشه کپ فردوس" به طور معنی داری بالاتر بود (جدول ۴). بیشترین میزان کلروفیل b (۰/۲۲ میلی گرم بر گرم) در رقم "ملس ساوه" در شوری ۱ دسی زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۴). بالاترین سطح کلروفیل کل در رقم "ملس ساوه" در شوری ۱ دسی زیمنس بر متر (۱/۰۴ میلی گرم بر گرم) و در رقم "ملس یزدی" در شوری ۳ دسی زیمنس بر متر (۱/۰۲ میلی گرم بر گرم) به دست آمد (جدول ۴). Liu et al. (2018) نیز نشان دادند که با افزایش سطح شوری میزان کلروفیل کاهش یافت. به نظر می رسد که اثر شوری بسته به گونه و رقم و مرحله رشدی گیاه متفاوت باشد. بسیاری از گونه های انار در پاسخ به تنش شوری کاهش محتوای کلروفیل نشان دادند (Mastrogiannidou et al., 2016; Melgar et al., 2008). کاهش میزان کلروفیل احتمالاً به علت افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز یا تغییرات ساختار پیچیده پروتئین کلروپلاست در سلول ها باشد (Bejaoui et al., 2016). به طور کلی، غلظت کلروفیل در گیاهان رابطه منفی با شوری دارد. شوری ممکن است بر جذب بسیاری یون ها مانند منیزیم و آهن که در ساختار کلروفیل نقش دارند، تأثیر بگذارد (Sivstev et al., 1973) و در این تحقیق ممکن است غلظت منیزیم در گیاهان با افزایش شوری کاهش یافته باشد. به هر حال، تغییرات میزان کلروفیل در زمان شوری بسیار به گونه گیاهی، تیمار شوری و سن گیاه مربوط است (Mastrogiannidou et al., 2016).

تنظیم بیان و فعالیت انتقال‌دهنده‌های یون سدیم و پتاسیم و پمپ‌های یون هیدروژن تولیدکننده نیروی لازم برای انتقال، انجام می‌گیرد (Zhu, 2003).

نتایج بررسی برهمکنش شوری و رقم بر میزان کلر نشان داد که با افزایش سطح شوری، در هر سه رقم مورد مطالعه میزان کلر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴). بیشترین غلظت کلر (۱/۸۰ درصد) در رقم "شیشه کپ فردوس" و در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۴). کمترین میزان آن نیز در رقم "ملس ساوه" (۰/۴۴ درصد) در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۴). در بالاترین سطح شوری (۹ دسی‌زیمنس بر متر) ارقام "ملس یزدی" و "ملس ساوه" غلظت کلر کمتری نسبت به رقم "شیشه کپ فردوس" نشان داد (جدول ۴)، نتایج ریزش برگ رقم "ملس یزدی" هم نسبت به دو رقم دیگر در این سطوح شوری کمتر بود. نتایج به‌دست آمده با Mastrogiannidou et al. (2016) و Khayyat et al. (2014) روی انار مطابقت داشت. Naeini et al. (2005) نیز گزارش کردند که غلظت یون کلر در برگ با افزایش شوری در سه رقم مورد بررسی افزایش یافت که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت. گیاهان مقاوم به شوری با انتقال کمتر یون کلر به برگ‌ها از گونه‌های حساس به شوری متمایز می‌شوند (Munns, 2002). در مطالعه حاضر رقم "ملس یزدی" کمترین میزان کلر را نشان داد که می‌تواند به‌عنوان مقاوم‌ترین رقم شناخته شود.

با افزایش سطح شوری نسبت سدیم به پتاسیم در هر سه رقم مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴). در هر سه رقم، کمترین نسبت سدیم به پتاسیم در دو سطح شوری ۱ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (جدول ۴). در سطوح بالای شوری (۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) رقم "ملس یزدی" نسبت به "ملس ساوه" و "شیشه کپ فردوس" به‌طور معنی‌داری نسبت سدیم به پتاسیم کمتری نشان دادند (جدول ۴). در خاک‌های شور رقابت سدیم با پتاسیم برای جذب توسط غشای پلاسمایی یاخته‌های گیاهی منجر به کاهش نسبت پتاسیم به سدیم می‌شود که ممکن

سدیم در برگ رقم "ملس ساوه" و کمترین آن در برگ رقم "ملس یزدی" مشاهده شد، می‌توان به این ترتیب این دو رقم را حساس‌ترین و متحمل‌ترین رقم تشخیص داد. به هر حال غلظت‌های بالای سدیم و کلر در برگ ممکن است به گیاه آسیب وارد کند، همان‌گونه که منجر به کاهش میزان کلروفیل شد.

نتایج برهمکنش شوری و رقم نشان داد که با افزایش سطح شوری تا ۵ دسی‌زیمنس بر متر، میزان پتاسیم افزایش و پس از آن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). نتایج حاصله با گزارش و Kalhor et al. (2019) در مورد همیشه‌بهار مطابقت داشت. با این‌که میزان پتاسیم در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر شروع به کاهش کرد، اما در دو رقم "ملس ساوه" و "شیشه کپ فردوس" میزان آن در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر کمتر از میزان پتاسیم در ۱ دسی‌زیمنس بر متر بود و تنها در رقم "ملس یزدی" مقدار آن بیش از ۱ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۴). کمترین میزان پتاسیم (به ترتیب ۰/۴۵ و ۰/۴۳ درصد) در دو رقم "ملس ساوه" و "شیشه کپ فردوس" در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (جدول ۴). بیشترین غلظت پتاسیم (۰/۹۵ درصد) در رقم "ملس یزدی" و در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۴). اثر منفی شوری بر غلظت پتاسیم در انار یا سایر گیاهان چوبی گزارش شده است (Mastrogiannidou et al., 2016; Momenpour et al., 2018). یک رابطه آنتاگونیستی میان سدیم و پتاسیم در انارهای تحت تنش شوری مشاهده شد (Mastrogiannidou et al., 2016; Naeini et al., 2005). رابطه آنتاگونیستی ممکن است مربوط به رقابت مستقیم جذب پتاسیم و سدیم در ناحیه ریشه باشد. بر اساس نتایج حاصله با افزایش جذب سدیم، جذب پتاسیم تا شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر افزایش و سپس از شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر با افزایش جذب سدیم، جذب پتاسیم کاهش یافت که با نتایج Mastrogiannidou et al. (2016) مطابقت داشت. در شرایط تنش شوری، گیاهان تلاش می‌کنند که مقدار زیادی پتاسیم و مقدار کمی از سدیم در سیتوسول خود نگه‌داری کنند. این مهم به‌واسطه

سبز (۸۷/۷۴ درصد)، محتوای نسبی آب برگ (۷۰/۲۰ درصد)، کلروفیل a (۰/۶۳ میلی گرم بر گرم)، کلروفیل b (۰/۱۱ میلی گرم بر گرم)، کلروفیل کل (۰/۷۴ میلی گرم بر گرم)، و پتاسیم (۰/۵ درصد) و کمترین میزان برگ نکروزه (۸/۸۴ درصد)، برگ ریزش یافته (۲/۴۰ درصد)، غلظت سدیم (۱/۲۸ درصد)، کلر (۱/۱۵ درصد) و نسبت سدیم به پتاسیم (۲/۳۳) در رقم "ملس یزدی" حاصل شد. در حالی که کمترین میزان اکثر صفات فوق الذکر در رقم "ملس ساوه" مشاهده شد. بنابراین به نظر می رسد که در میان ارقام مورد بررسی "ملس یزدی" و "ملس ساوه" به ترتیب متحمل ترین و کم تحمل ترین رقم به شوری باشند.

سپاس گذاری

از زحمات و همکاری پرسنل محترم آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه اردکان تقدیر می گردد.

است منجر به کاهش رشد گیاه و در نهایت سمیت سدیمی شود (Schachtman and Lio, 1999).

نتیجه گیری

بررسی صفات مورفولوژی و آسیب های ظاهری نشان داد که با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، خصوصیات رشدی کاهش و آسیب های ظاهری افزایش یافتند. بررسی عناصر غذایی نشان داد که در تمامی ارقام مطالعه شده، بیشترین مقدار کلر، سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و کمترین مقدار پتاسیم در تیمار شوری ۹ دسی زیمنس بر متر حاصل شد. در بالاترین سطح شوری (۹ دسی زیمنس بر متر) بیشترین ارتفاع (۳۵/۱۲ cm)، تعداد انشعابات (۶/۲۵ عدد)، قطر شاخه اصلی (۳/۲۶ cm)، سطح برگ (۴۴۸/۶۰ cm²)، نسبت سطح برگ کل (۱۸۴۶۵)، وزن تر (۱۳/۱۰ گرم) و خشک برگ (۶/۳۰ گرم)، برگ

References

- Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplast polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1), 1-15.
- Ashraf, M., & Mcneilly, T. (2004). Salinity Tolerance in Brassica Oilseeds. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 23(2), 157-174.
- Ates, E., & Tekeli, A. S. (2007). Salinity tolerance of Persian clover (*Trifolium resupinatum* var. Majus Boiss.) lines at germination and seedling stage. *World Journal of Agricultural Sciences*, 3(1), 71-79.
- Bejaoui, F., Salas, J. J., Nouairi, I., Smaoui, A., Abdely, C., Martínez-Force, E., & Youssef, N.B. (2016). Changes in chloroplast lipid contents and chloroplast ultrastructure in *Sulla carnosa* and *Sulla coronaria* leaves under salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 198(1), 32-38.
- Betran, F.J., Beck, D., Banziger, M., & Edmeades, G.O. (2003). Secondary traits in parental inbreds and hybrids under stress and nonstress environments in tropical maize. *Field Crops Research*, 83(1), 51-65.
- Bhantana, P., & Lazarovitch, N. (2010). Evapotranspiration, crop coefficient and growth of two young pomegranate (*Punica granatum* L.) varieties under salt stress. *Agricultural Water Management*, 97(5), 715-722.
- Cao, S. Y., & Hou, L. F. (2013). Chinese fruit trees -pomegranate. *China Forestry Publishing House, Beijing*. Zhengzhou, China: The forestry press.
- Chartzoulakis, K. (2005). Salinity and olive: growth, salt tolerance, photosynthesis and yield. *Agric. Water Manage*, 78(1-2), 108-121.
- Emam, Y, Hosseini, E., Rafiei, N., & Pirasteh, H. (2013). Response of early growth and sodium and potassium ions concentrations in ten barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in salinity tension conditions. *Crop Physiology Journal*, 5(19), 5-15. [In Farsi]
- Emami, A. (1996). Methods of plant analysis. *Journal of Agricultural Research, Education & Extension Organization*, 1(982), 28-58. [In Farsi]

- Fernández, J. (2014). Understanding olive adaptation to abiotic stresses as a tool to increase crop performance. *Environmental and Experimental Botany*, 103(1), 158-179.
- Hasanpour, Z., Karimi, H. R., & Mirdehghan, S. H. (2015). Effects of salinity and water stress on echophysiological parameters and micronutrients concentration of pomegranate (*Punica granatum* L.). *Journal of plant Nutrition*, 38(5), 795-807.
- Horneck, D., Ellsworth, J., Hopkins, B., Sullivan, D., & Stevens, R. (2007). *Managing salt affected soils for crop production*. Pacific northwest extension publication, <http://extension.oregonstate.edu/catalog/pdf/pnw/pnw601-e.pdf>.
- Kalhor, M., Dehestani-Ardakani, M., Shirmardi, M., & Gholam nezhad, J. (2019). Effect of different media cultures on physico-chemical characteristics of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) plants under salt stress. *Plant Productions*, 42(1), 89-102. [In Farsi]
- Karimi, H., & Hasanpour, Z. (2014). Effects of salinity and water stress on growth and macro nutrients concentration of pomegranate (*Punica granatum*L.). *Journal of Plant Nutrition*, 37(12), 1937-1951.
- Khayyat, M., Tehranifar, A., Davarynejad, G. H., & Sayyari-Zahan, M. H. (2014). Vegetative growth, compatible solute accumulation, ion partitioning and chlorophyll fluorescence of 'Malas-e-Saveh' and 'Shishe-Kab' pomegranates in response to salinity stress. *Photosynthetica*, 52(2), 301-312.
- Khoshgoftarmanesh A. H., & Naeini, M. R. (2008). Salinity effect on concentration, uptake, and relative translocation of mineral nutrients in four olive cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 31(7), 1243-1256.
- Khoshgoftarmanesh, A. H. (2006) Partitioning of chlorine, sodium, and potassium and shoot growth of three pomegranate cultivars under different levels of salinity. *Journal of Plant Nutrition*, 29(10), 1835-1843.
- Liu, C., Ming, Y., Xianbin, H., & Zhaohe, Y. (2018). Effects of salt stress on growth and physiological characteristics of pomegranate (*Punica granatum* L.) cuttings. *Pakistan Journal of Botany*, 50(2), 457-464.
- Marcinska, I., Czyczyło-Mysza, I., Skrzypek, E., Filek, M., Grzesiak, S., Grzesiak, M. T., Janowiak, F., Hura, T., Dziurka, M., Dziurka, K., Nowakowska, A., & Quarrie, S. A. (2013). Impact of osmotic stress on physiological and biochemical characteristics in drought-susceptible and drought-resistant wheat genotypes. *Acta physiologiae plantarum*, 35(2), 451-461.
- Mastrogiannidou, E., Chatzissavvidis, C., Antonopoulou, C., Tsabardoukas, V., Giannakoula, A., & Therios, I. (2016). Response of pomegranate cv. wonderful plants to salinity. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16(3), 621-636.
- Melgar, J.C., Syvertsen, J. P., Martínez, V., & Garcia-Sanchez, F. (2008). Leaf gas exchange, water relations, nutrient content and growth in citrus and olive seedlings under salinity. *Biology of Plant*, 52(2), 385-390.
- Mirfattahi, Z., Roozban, M., Karimi, S., Tavallali, V., & Aliniaiefard, S. (2018). Screening salt tolerance in pistachio seedlings by evaluating growth, oxidative damages and mineral composition. *Plant Productions*, 41(2), 13-28. [In Farsi]
- Moller, I. M. (2001). Plant mitochondria and oxidative stress: electron transport, NADPH turnover, and metabolism of reactive oxygen species. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 52(1), 561-591.
- Momenpour, A., & Imani, A. (2018). Evaluation of salinity tolerance in fourteen selected pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars. *Advances in Horticultural Science*, 32(2), 249-264.
- Momenpour, A., Imani, A., & Rezaie, H. (2015). Evaluation of growth characteristics and nutrient concentration in four almond (*Prunus dulcis*) genotypes budded on GF677 rootstock under salinity stress. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 46(3), 409-427. [In Farsi]
- Momenpour, A., Imani, A., Bakhshi, D., & Akbarpour, E. (2018). Evaluation of salinity tolerance of

- some selected almond genotypes budded on GF₆₇₇ rootstock. *International Journal of Fruit Science*, 18(4), 410-435.
- Mousavi, S.A., Tatari, M., Mehnatkesh, A., & Haghghati B. (2009). Vegetative growth response of young seedlings of five almond cultivars to water deficit. *Seed and Plant Improvement Journal*, 25(4), 551-567.
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment*, 25(2), 239-250.
- Naeini, M. R., Khoshgoftarmanesh, A. H., & Fallahi, E. (2006). Partitioning of chlorine, sodium, and potassium and shoot growth of three pomegranate cultivars under different levels of salinity. *Journal of Plant Nutrition*, 29(10), 1835-1843.
- Naeini, M. R., Khoshgoftarmanesh, A. H., Lessani, H., & Fallahi, E. (2005). Effects of sodium chloride induced salinity on mineral nutrients and soluble sugars in three commercial cultivars of pomegranate. *Journal of Plant Nutrition*, 27(8), 1319-1326.
- Netondo, G. W., Onyango, J. C., & Beck, E. (2004). Sorghum and salinity: I. Response of growth, water relations, and ion accumulation to NaCl salinity. *Crop Science*, 47(3), 797-805.
- Okhovatian-Ardakani, A. R., Mehrabani, M., Dehghani, F., & Akbarzadeh A. (2010). Salt tolerance evaluation and relative comparison in cuttings of different pomegranate cultivars. *Plant Soil Environment*, 56(4), 176-185.
- Parvizi, H., Sepaskhah, A. R., & Ahmadi, S. H. (2016). Physiological and growth responses of pomegranate tree (*Punica granatum* L.) cv. Rabab) under partial root zonedrying and deficit irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, 163(1), 146-158.
- Sairam, R. K., & Srivastava, G. C. (2001). Water stress tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) variations in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotypes. *Agronomy and Crop Science*, 186(1), 63-70
- Scalia, R., Oddo, E., Saiano, F., & Grisafi, F. (2009). Effect of salinity on *Puccinellia distans* (L.) Parl. treated with NaCl and foliarly applied glycine betaine. *Plant Stress*, 3(1), 49-54.
- Schachtman, D., & Lio, W. (1999). Molecular pieces to the puzzle of the interaction between potassium and sodium uptake in plants. *Trends Plant Science*, 4(7), 281-287.
- Shannon, M.C., & Grieve, C. M. (1999). Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae*, 78(1-4), 5-8.
- Sivstev, M. V., Ponamareva, S.V., & Kuzmetsova, E. A. (1973). Effect of salinization and herbicide on chlorophyllase activity in tomato leaves. *Fiziol Rast*, 20(1), 62-65.
- Staples, R.C., & Toenniessen, G. H. (1984). *Salinity tolerance in plants*. New York: John Wiley & Sons.
- Tavousi, M., Kaveh, F., Alizadeh, A., Babazadeh, H., & Tehranifar, A. (2015). Effects of drought and salinity on yield and water use efficiency in pomegranate tree. *Journal of Material and Environmental Science*, 6(7), 1975-1980.
- Yamasaki, S., & Dillenburg, L. C. (1999). Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. *Revista Brasileira Fisiologia Vegetal*, 11(2), 69-75.
- Yuan, Z. H. (2016). Research progress of molecular biology on *Punica granatum* L. *Deciduous Fruit Trees*, 48(5), 1-8.
- Zhu, J. K. (2003). Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Current Opinion in Plant Biology*, 6(5), 441-445.