

The effect of salinity stress on morphological and physicochemical traits of pomegranate to select the tolerant genotypes and cultivars

Seyed Rasoul Ziatabar Ahmadi¹, Esmail Seifi^{2*} , Ferial Varasteh³, Vahid Akbarpour⁴

1. Ph.D student, Department of Horticultural Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.

Citation: Ziatabar Ahmadi, S.R, Seifi, E., Varasteh, F., & Akbarpour, V. (2023). The effect of salinity stress on morphological and physicochemical traits of pomegranate to select the tolerant genotypes and cultivars. *Plant Productions*, 46(2), 199-211.

Abstract

Introduction

Salt stress is one of the most important factors limiting the growth, development and the yield of plants that cause structural changes in important plant organs such as stems, roots, leaves and petioles. In salinity conditions, the pomegranate tree cannot produce an economic product. Therefore, identification and use of selected pomegranate cultivars tolerant to salinity stress are necessary for breeding programs, introducing better cultivars and developing the pomegranate industry. Morphological and physicochemical changes can be used as indicators for selecting tolerant cultivars.

Materials and Methods

This study was conducted in 2019 in a factorial design based on a completely randomized block design in four replications in the laboratory of the department of horticultural sciences at Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. The first factor was pomegranate genotypes in 15 levels, including four wild genotypes (Vahshi Inchehbrun, Vahshi Aliabad and Vahshi Kordkoi from Golestan province, and Miankaleh from Mazandaran province), eight local genotypes (Qand and Torsh Galoogah, Shirin, Torsh, and Gol Anar Behshahr, Fereshteh qermez Sari, Shirin and Torsh Shivand of Khuzestan), two

* **Corresponding Author:** Esmail Seifi

E-mail: esmaeilseifi@gau.ac.ir



commercial export genotypes (Yosefkhani and Malas momtaz Saveh) and one foreign genotype (Wonderful) and the second factor was the salinity at three levels including control, 2.5 and 6.4 grams per liter of sodium chloride (EC 1.4, 4 and 8 dS/m, respectively). After rooting of the cuttings and growing the new pot plants, salinity stress was applied for 10 weeks. Then, the morphological, physicochemical and phytochemical traits were measured.

Results and Discussion

The results showed that after applying salinity stress in all genotypes and cultivars, morphological and physicochemical traits such as stem length, stem diameter, the number of branches, the total number of leaves, root length, root diameter, leaf surface and leaf fresh weight, leaf dry weight, the relative water content of leaf, chlorophyll, total phenol and anthocyanin decreased in comparison with the control. Some of the other physicochemical and phytochemical traits such as electrolyte leakage, the percentage of abscised leaves and the percentage of necrotic leaves, cell membrane damage, salinity damage index and proline increased in comparison with the control. Also, the responses of genotypes were different in terms of tolerance to salinity stress and growth traits. Some of the cultivars were introduced as tolerant cultivars, some as semi-tolerant and some others as sensitive. With increasing the salinity stress, the amount of morphological, physicochemical and phytochemical traits changed significantly in sensitive cultivars. Moreover, the results of the analysis of variance showed that the effect of salinity on all measured traits was significant except the root dry weight.

Conclusion

Based on the obtained results, and after ranking and standardization, the Wonderful cultivar was recognized as the most tolerant cultivar. It was able to tolerate the salinity of 6.4 grams per liter of sodium chloride (8 dS m⁻¹) well; followed by Fereshteh qermez and Malas Saveh. Torsh Galoogah, Torsh Shivand, Vahshi Inchehbrun, Shirin Shivand, Qand Galoogah, and Vahshi Miankaleh were identified as semi-tolerant cultivars and Vahshi Aliabad, Torsh Behshahr, Gol Anar behshahr, Vahshi Kordkoy and Shirin Behshahr were identified as sensitive cultivars to salt stress.

Keywords: Electrolyte Leakage, Growth index, Sodium chloride, Tolerance

اثر تنش شوری بر صفات ریخت‌شناختی و فیزیولوژیکی انار جهت گزینش ژنوتیپ‌ها و ارقام متحمل

سیدرسول ضیاءتبار احمدی^۱، اسماعیل سیفی^{۲*}، فریال وارسته^۳، وحید اکبرپور^۴

۱. دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۲. دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۳. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۴. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

چکیده

این آزمایش در سال ۱۳۹۹ به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. فاکتور اول ژنوتیپ و رقم انار در ۱۵ سطح، شامل چهار ژنوتیپ وحشی (اینچه‌برون، علی‌آباد و کردکوی از استان گلستان و میانکاله از استان مازندران)، هشت رقم محلی (قند و ترش گلوگاه، شیرین، ترش و گل انار بهشهر، فرشته قرمز ساری، شیرین و ترش شیوند خوزستان)، دو رقم تجاری (یوسف خانی و ملس ممتاز ساوه) و یک رقم خارجی (واندرفول) و فاکتور دوم شوری آب آبیاری در سه سطح شاهد، ۲/۵ و ۶/۴ گرم در لیتر نمک کلرید سدیم بود. پس از ریشه‌زایی، استقرار و رشد کافی قلمه‌ها در گلدان، تنش شوری به مدت ۱۰ هفته اعمال شد. سپس، صفات ریخت‌شناختی، فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی در ریشه، ساقه و برگ اندازه‌گیری گردید. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بعد از اعمال تنش شوری در تمامی ژنوتیپ‌ها و ارقام شاخص‌های ریخت‌شناختی و فیزیولوژیکی مانند رشد طولی ساقه، قطر ساقه، تعداد انشعابات شاخه، تعداد کل برگ، طول ریشه، قطر ریشه، سطح برگ، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل، فنل کل و آنتوسیانین در مقایسه با نمونه شاهد کاهش و در مقابل برخی دیگر از صفات فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی مانند نشت یونی، درصد برگ‌های ریزش یافته، درصد برگ‌های نکرده، آسیب‌دیدگی غشا سلولی، شاخص آسیب شوری و پرولین در مقایسه با شاهد افزایش یافت. همچنین واکنش ژنوتیپ‌ها از نظر قدرت تحمل به تنش شوری و شاخص‌های رشدی با یکدیگر متفاوت بود. بر اساس مجموع امتیازات حاصل از اندازه‌گیری صفات، برخی از ارقام متحمل، تعدادی نیمه‌متحمل و برخی دیگر حساس معرفی شدند. با افزایش تنش شوری میزان شاخص‌های ریخت‌شناختی، فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی در ارقام متحمل افزایش و در ارقام حساس کاهش یافت. همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده به جز وزن خشک ریشه معنی‌دار بود. در پایان آزمایش بر اساس مقایسه میانگین صفات ریخت‌شناختی، فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی اندازه‌گیری شده و پس از رتبه‌بندی و استانداردسازی، رقم واندرفول متحمل‌ترین رقم تشخیص داده شد. این رقم توانست شوری ۶/۴ گرم در لیتر کلرید سدیم (۸ دسی‌زیمنس بر متر) را به خوبی تحمل کند و در مقابل رقم شیرین بهشهر به عنوان حساس‌ترین رقم به تنش شوری شناسایی شد. پس از رقم واندرفول، ارقام فرشته قرمز و ملس ساوه، و یوسف‌خانی ساوه به عنوان ارقام متحمل در رتبه‌های بعدی بودند. ارقام ترش گلوگاه، ترش شیوند، وحشی اینچه‌برون، شیرین شیوند، قند گلوگاه، وحشی میانکاله، به عنوان ارقام نیمه‌متحمل و وحشی علی‌آباد، ترش بهشهر، گل‌انار بهشهر، وحشی کردکوی و شیرین بهشهر به عنوان ارقام حساس به تنش شوری شناسایی شدند.

کلیدواژه‌ها: تحمل، شاخص رشد، کلرید سدیم، نشت یونی

* نویسنده مسئول: اسماعیل سیفی

ایمانامه: esmaeilseifi@gau.ac.ir



مقدمه

انار (*Punica granatum*) بومی ایران و شمال آفریقا است و در محدوده عرض جغرافیایی ۲۷-۴۱ درجه شمالی و جنوبی کشت می‌شود. ایران، هندوستان، ترکیه و اسپانیا بالاترین سطح زیر کشت و تنوع ارقام انار را در اختیار دارند (Ardakani, 2014). ایران با تولید بیش از یک میلیون تن و سطح زیر کشت حدود ۹۰ هزار هکتار انار در سال ۲۰۲۰ توانست مقام سوم جهانی را به خود اختصاص دهد (Asadi and Homai, 2016).

استان مازندران و گلستان دارای ۶۵ هزار هکتار زمین زراعی شور و قلیایی هستند که به صورت پراکنده از قسمت مرکزی مازندران شروع شده و تا بندرگز در قسمت شرقی گلستان ادامه دارند و به دلایل گوناگون از جمله هم‌جواری با دریا از شوری خاک و آب و کاهش عملکرد ناشی از آن رنج می‌برند (Fallah et al., 2019). بیشترین تأثیر شوری از طریق کاهش کلروفیل و فتوسنتز است. تنش شوری با کوچک‌تر و متراکم‌تر کردن سلول‌های پارانشیمی نردبانی، محتوای کلروفیل و ظرفیت فتوسنتزی برگ را کاهش می‌دهند (Keshavarzi et al., 2022). شوری آب و خاک با ایجاد محدودیت‌های تغذیه‌ای و کاهش کلروفیل و فتوسنتز، منجر به کاهش جذب عناصر، افزایش مسمومیت یونی، اختلال در تعادل یونی و تنش اسمزی می‌گردند (Anahita et al., 2015). همچنین شوری با کاهش جذب آب باعث کاهش زیست‌توده، تقسیم سلول، و کوچک شدن اندازه و رشد گیاهان می‌شود (Fattahi et al., 2022). انار با داشتن خصوصیات ویژه برگ، از جمله ضخیم و باریک بودن، کاهش سطح برگ، دم‌برگ کوتاه، فقدان کرک و گوشواره، بشره مومی در سطح روئین، وجود روزنه‌ها در سطح زیرین و همچنین داشتن خارها به تعداد و طول مختلف، ریشه‌های بلند و تا عمق ۲/۵ تا ۳ متر با قدرت جذب بالا از درختان نسبتاً متحمل به تنش‌های خشکی و شوری محسوب می‌گردد (Eskandari et al., 2017). از اثرات شوری در درختان انار می‌توان به کاهش رشد شاخه اشاره کرد (Bhantana and Lazarovitch., 2010). بنابراین شناسایی، انتخاب و استفاده از ژنوتیپ‌های انار متحمل در برابر تنش شوری از موارد بسیار ضروری در برنامه‌های به نژادی انار می‌باشد. تنش شوری با کاهش فتوسنتز و رشد اندام‌های گیاهی به تغییرات مورفولوژیک در گیاه می‌انجامد. تغییرات مورفولوژیک می‌توانند به عنوان نشانگر در جهت‌گزینی

ارقام متحمل مورد استفاده قرار گیرند (Tavousi et al., 2016). رقم واندر فول^۱ به دلیل قرمزی رنگ پوست و دانه‌ها، درشتی میوه و پوست ضخیم در چند سال اخیر مورد توجه باغداران کشور قرار گرفته است. منشأ این رقم آمریکاست و در حال حاضر کالیفرنیا با بیش از ۶۰۰۰ هکتار سطح زیر کشت این رقم بزرگ‌ترین منطقه تولید انار در آمریکا شناخته می‌شود (Jalili Moghadam and Latifian, 2018).

به منظور ارزیابی و مقایسه میزان تحمل به شوری ارقام انار، پژوهشی بر روی نهال‌های انار ارقام واندر فول و مانوفالتی^۲ در شرایط کشت بدون خاک انجام شد (Ibrahim et al., 2016). نتایج آن‌ها نشان داد که واندر فول در شرایط تنش شوری ۱۵۰۰ و ۱۷۵۰ قسمت در میلیون طول شاخه، محتوای کلروفیل، نسبت رشد بالاتر و محتوای عناصر برگ، ازت، پتاسیم، آهن، منیزیم و روی بیشتری نسبت به رقم مانوفالتی داشت. در یک پژوهش، (El-Khawaga et al., 2012) پاسخ سه رقم انار واندر فول، مانوفالتی و نابلگامال^۳ را به تنش شوری ۱/۶ تا ۶ دسی‌زیمنس بر متر بررسی و بیان نمودند که تحت شرایط تنش میزان رشد کاهش و در شوری ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر گلدهی، عملکرد، شکاف میوه و میزان تجمع نمک داخل ریشه‌ها افزایش داشت.

به منظور انتخاب ارقام انار متحمل به تنش شوری، (Tavousi et al., 2016) پژوهشی را بر روی ارقام بومی موجود در استان خراسان جنوبی از نظر صفات مورفولوژیک انجام و رقم شیشه‌گپ را با صفات سازگار به تنش شوری گزینش کردند. نتایج حاصل نشان داد که رقم شیشه‌گپ در شرایط تنش شوری در شهرستان فردوس استان خراسان جنوبی تحمل بالاتری دارد. در یک پژوهش، تأثیر هم‌زمان شوری آب آبیاری و نیتروژن بر کارایی مصرف آب و عملکرد رقم انار ساوه مورد ارزیابی قرار گرفت (Shirdeli and Tahmasabi, 2012). آن‌ها بیان نمودند که شوری آب آبیاری، میزان عملکرد و کارایی مصرف آب در انار را کاهش داد. در شوری آب آبیاری کمتر از ۴ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر، عصاره اشباع خاک، عملکرد و کارایی جذب انار افزایش یافت؛ اما در شوری‌های بالاتر میزان عملکرد و کارایی جذب کاهش یافت. مشخص شده است که شوری علاوه بر تأثیر بر خصوصیات

1. Wonderful
2. Manfalouty
3. Nab Elgamal

نظر قدرت و حجم ریشه‌زایی اختلاف زیادی دیده نشد. برای اعمال تنش، سعی شد که از قلمه‌هایی با اندازه و ریشه یکسان استفاده شود. پس از ریشه‌زایی، استقرار و رشد کافی گیاهان، تنش شوری به مدت ۱۰ هفته اعمال شد. تنش شوری با احتساب غلظت نمک کلرید سدیم آب آبیاری در سه سطح ۱/۴، ۴ و ۸ دسی زیمنس بر متر صورت گرفت. به منظور اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز در نهال‌ها، میزان نمک در آب آبیاری به تدریج به غلظت نهایی رسید. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آن‌ها و لحاظ نیاز آبتی انجام شد؛ به طوری که در طول آزمایش هدایت الکتریکی آب ورودی و خروجی (زه آب) برابر باشند. به منظور اطمینان از نیاز آبتی، پس از هر نوبت آبیاری زه‌آب تعدادی از گلدان‌ها به طور تصادفی جمع‌آوری و هدایت الکتریکی آن‌ها اندازه‌گیری شد.

پس از اعمال تنش شوری، کلیه صفات در اواخر شهریور و اوایل مهر اندازه‌گیری شدند. رشد طولی شاخه و ریشه به روش Ganjeali and Kafi (2007) با استفاده از خط‌کش بر حسب سانتی‌متر تعیین شد. قطر ساقه حدود ۱۰ سانتی‌متر بالاتر از یقه و قطر ریشه اصلی حدود ۱۰ سانتی‌متر پایین‌تر از یقه با کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری گردید. همچنین تعداد کل برگ و تعداد انشعابات شاخه قبل و پس از اعمال تیمار شوری شمارش و مقادیر افزایش یافته محاسبه شد. تعداد برگ‌های ریزش یافته و تعداد برگ‌های نکروزه در مدت آزمایش یادداشت و نسبت به تعداد کل برگ به صورت درصد بیان شد. سطح برگ با دستگاه سطح‌سنج مدل Ci 2003 apparatus ساخت کشور آمریکا بر حسب سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شد. وزن تر برگ و ریشه با استفاده از ترازوی AND مدل GT-300 با دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین گردید. وزن خشک برگ و ریشه به روش Ganjeali and Kafi. (2007) پس از قرار گرفتن نمونه‌های گیاهی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت به دست آمد.

میزان هدایت الکتریکی با کمک دستگاه EC متر قرائت گردید. اندازه‌گیری نشت یونی با روش Siram et al., (1983) انجام شد. محتوای نسبی آب برگ با استفاده از روش Dhanda and Sethil (1998) تعیین شد. میزان کلروفیل از روش Lichtenthaler and Wellburn (1983) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-Vis) بر حسب میلی‌گرم در گرم

ریخت شناختی بر شاخص‌های فیزیولوژیک گیاهان نیز تأثیرگذار بود. هدف از انجام این پژوهش، بررسی اولیه تحمل به تنش شوری قلمه‌های ساقه برخی از ژنوتیپ‌های منتخب وحشی، ارقام محلی و ارقام تجاری انار از نظر صفات ریخت‌شناختی، فیزیوشیمیایی و فیتوشیمیایی و رتبه‌بندی آن‌ها بر اساس میزان تحمل به شوری بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۹ در آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به صورت طرح فاکتوریل بر پایه کاملاً تصادفی انجام شد. فاکتور اول ژنوتیپ‌ها و ارقام انار در ۱۵ سطح شامل چهار ژنوتیپ وحشی شمال ایران (اینچه‌برون، کردکوی و علی‌آباد گلستان و میانکاله مازندران هشت رقم محلی (قند و ترش گلوگاه، گل انار، ترش و شیرین بهشهر، فرشته قرمز ساری، ترش و شیرین شیوند) و دو رقم صادراتی (ملس ممتاز و یوسف‌خانی ساوه) و یک رقم خارجی واندرفول و فاکتور دوم شوری آب آبیاری در سه سطح شاهد، ۲/۵ و ۶/۴ گرم در لیتر نمک کلرید سدیم (هدایت الکتریکی برابر با ۱/۴ به عنوان شاهد، ۴ و ۸ دسی زیمنس بر متر) بود. به منظور ساده‌سازی در ادامه ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با واژه ژنوتیپ مورد اشاره قرار می‌گیرند. همچنین، در جدول ۱ نام مخفف این ارقام ذکر شده است.

در اوایل دی ماه، از ژنوتیپ‌های انار قلمه‌های خشبی یک‌ساله به طول ۳۰ سانتی‌متر تهیه و در گلدان‌های پلاستیکی با حجم ۷ لیتر حاوی مخلوطی از خاک زراعی و ماسه به نسبت ۱:۱ کشت شدند. بافت خاک با روش (1999) Jacoud et al., بر اساس قانون استوکس و روش هیدرومتری اندازه‌گیری شد. بافت خاک شنی لومی و درصد شن، سیلت، رس به ترتیب ۴۰، ۴۰ و ۲۰ درصد، هدایت الکتریکی خاک ۱/۱، واکنش خاک ۷/۱ و رطوبت ظرفیت زراعی ۲۹ درصد بود. سدیم، کلر، ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و بی‌کربنات به ترتیب ۹۱/۲۳، ۸۳/۲۱، ۰/۱۱، ۹۸، ۶۲۵، ۱۰۹۸، ۳۰۸/۷ و ۱۰/۲ میلی‌گرم در لیتر تعیین شدند. گیاهان در مدت آزمایش (اوایل دی ماه ۱۳۹۸ تا اوایل مهر ماه ۱۳۹۹) در گلخانه در شرایط نور طبیعی و میانگین دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. ریشه‌زایی قلمه‌ها در اواخر اسفند تا اواخر فروردین انجام شده و بین ژنوتیپ‌ها از

برگ‌های ریزش یافته، درصد برگ‌های نکروزه، طول ریشه، قطر ریشه، سطح برگ، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، نشت یونی، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل کل، آسیب‌دیدگی غشا سلولی، شاخص آسیب شوری، فنل کل، آنتوسیانین کل و پرولین در سطح احتمال ۰/۱ درصد معنی‌دار بود. در نتیجه، اثرات متقابل در این صفات ارائه شده است. اثر متقابل ژنوتیپ و تنش شوری بر وزن تر ریشه معنی‌دار نبود و در نتیجه اثرات مستقل ژنوتیپ و شوری بیان گردید. در مورد وزن خشک ریشه، هیچ کدام از اثرات متقابل و مستقل معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثر تنش شوری بر رشد طولی ساقه معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین رشد طولی ساقه مربوط به ژنوتیپ واندرپول تیمار شاهد (۳۰/۷۵ سانتی‌متر) بود که با تیمار ۲/۵ و ۶/۴ گرم در لیتر واندرپول و تیمار شاهد و ۲/۵ گرم در لیتر فرشته قرمز و تیمار شاهد قند گلوگاه اختلاف آماری نداشت. کمترین رشد طولی ساقه مربوط به تیمار ۶/۴ گرم در لیتر ژنوتیپ‌های شیرین و گل انار بهشهر بود. این نتایج با پژوهش Ibrahim et al., (2016) سازگار بود. آن‌ها بیان نمودند که تنش شوری با افزایش تنش اسمزی و کاهش محتوای آب سلول‌ها و طول شدن آن‌ها باعث کاهش ارتفاع نهال‌های انار شد. رشد طولی ساقه رقم مانوفالته نسبت به رقم واندرپول کاهش یافت.

تنش شوری بر قطر ساقه نیز اثر معنی‌دار داشت. بیشترین قطر ساقه مربوط به تیمار شاهد ژنوتیپ‌های شیرین و ترش بهشهر و قند گلوگاه بود. کمترین قطر ساقه مربوط به ژنوتیپ ترش شیوند تیمار ۶/۴ و ۲/۵ گرم در لیتر بود. نتایج این پژوهش با نتایج Mominpour et al., (2015) در یک راستا بود. آن‌ها نشان دادند که تنش شوری با ایجاد تنش اسمزی، تنش خشکی و سمیت یونی محلول خاک باعث کاهش قطر ساقه آن‌ها شد. مقدار شوری همچنین بر تعداد انشعابات شاخه اثر معنی‌دار داشت. بیشترین انشعابات شاخه مربوط به ژنوتیپ‌های وحشی کردکوی و شیرین و ترش شیوند (همه تیمارهای شوری) بود که البته با برخی از تیمارهای دیگر اختلاف آماری نداشت و کمترین انشعابات شاخه مربوط به ژنوتیپ یوسف‌خانی تیمار ۶/۴ گرم در لیتر و ژنوتیپ گل انار بهشهر تیمار شاهد و ۶/۴ گرم در لیتر بود.

وزن تر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری آسیب‌دیدگی غشا سلولی بر اساس روش Sairam et al., (2014) انجام گرفت. اندازه‌گیری شاخص آسیب شوری بر اساس روش Malmir et al., (2016) انجام شد. اندازه‌گیری آنتوسیانین برگ با روش Cheng and Breen (1991) با استفاده از اختلاف پی‌اچ انجام شد. میزان جذب آنتوسیانین‌ها در عصاره در طول موج‌های ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر بر حسب میلی‌گرم سیانیدین گلوکوزید در ۱۰۰ گرم عصاره بیان شد. مقدار فنل کل موجود در برگ با روش Anahita et al., (2015) با استفاده از معرف فولین سیوکالتو و اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۰ نانومتر به صورت میلی‌گرم اسیدگالیک بر لیتر عصاره تعیین شد. سنجش پرولین با استفاده از معرف نین هیدرین و تولوئن و اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر بر پایه روش Bates et al., (1973) بر حسب میکروگرم در گرم وزن تر بیان شد. داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ تجزیه واریانس شدند. مقدار پی‌ویو برای هر صفت تعیین و در جداول و اشکال درج شده است. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

شناسایی ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به تنش شوری بر اساس رتبه‌بندی صفات ریخت‌شناختی، فیزیکیوشیمیایی و فیتوشیمیایی انجام شد (Bahrani and Malmir, 2020). بدین منظور، در اثر متقابل شوری و ژنوتیپ تمامی صفات بر اساس حروف آماری امتیازدهی شدند. به طوری که، حرف a (بیشترین مقدار) امتیاز ۱، حرف b امتیاز ۲، حرف c امتیاز ۳ و بقیه به ترتیب امتیازهای بعدی را دریافت کردند. در گروه آماری با حروف مشترک، میانگین امتیازها لحاظ شد. به‌طور مثال، گروه abc امتیاز ۲ گرفت. در صفات نشت یونی، درصد ریزش برگ و درصد نکروز برگ، صورت عکس عمل شد و کوچک‌ترین مقادیر امتیاز ۱ و بقیه به ترتیب امتیازهای بعدی را دریافت کردند. در نهایت امتیازهای هر ژنوتیپ در تمامی صفات تجمیع شد تا حساس‌ترین ژنوتیپ (بالاترین امتیاز) و متحمل‌ترین ژنوتیپ (کمترین امتیاز) شناسایی و معرفی گردد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مستقل ژنوتیپ و تنش شوری و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر رشد طولی ساقه، قطر ساقه، تعداد انشعابات شاخه، تعداد کل برگ، درصد

Table 1. The interaction effect of genotype and salinity on morphological traits of pomegranate genotypes

Genotype (Abbreviated name)	Salinity level (g/l)	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Number of branches	Total number of leaves	Abscised leaves (%)	Necrotic leaves (%)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Leaf area (cm ²)
		P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001
Shirin Behshahr (ShBe)	Control	15.25 ^{m-o}	5.50 ^a	3.25 ^a	85.93 ^j	22.35 ^{de}	1.98 ^v	32.25 ^c	3.50 ^a	20.96 ^{f-h}
	2.5	15.00 ^{m-o}	4.75 ^c	3.00 ^{ab}	71.21 ^q	25.37 ^{c-e}	15.09 ^e	26.50 ^l	2.75 ^c	19.26 ^{h-l}
	6.4	11.25 ^p	2.75 ^k	2.25 ^d	64.73 ^v	37.74 ^b	25.34 ^c	12.75 ^{q-r}	1.00 ⁱ	9.68 ^{f-r}
Torsh Behshahr (ToBe)	Control	16.25 ^{ln}	5.00 ^{ab}	2.25 ^d	85.24 ^j	4.27 ^{mn}	1.12 ^v	30.50 ^g	3.00 ^{ab}	21.85 ^a
	2.5	16.50 ^{l-n}	4.00 ^f	2.75 ^b	80.11 ^m	12.75 ^{e-j}	15.95 ^c	25.00 ^k	2.00 ^{ef}	13.71 ^{f-h}
	6.4	14.00 ^{no}	2.75 ^k	2.75 ^b	79.13 ⁿ	23.72 ^d	16.75 ^{de}	19.50 ^o	1.25 ^h	8.78 ^{k-s}
Gol Anar Behshahr (GoBe)	Control	15.00 ^{m-o}	4.50 ^{d-g}	2.75 ^b	86.00 ⁱ	6.27 ^{l-n}	1.73 ^v	30.00 ^g	2.50 ^{b-d}	13.22 ^{f-i}
	2.5	13.75 ^o	3.75 ^g	2.25 ^d	84.00 ^k	16.25 ^{g-j}	14.63 ^f	29.50 ^h	1.75 ^g	10.28 ^{j-r}
	6.4	11.50 ^p	3.25 ⁱ	2.25 ^d	84.00 ^k	28.75 ^{b-d}	17.73 ^d	17.25 ^q	1.25 ^h	9.40 ^{m-q}
Fereshteh qermez (FeQr)	Control	29.50 ^{a-c}	3.75 ^{d-g}	0.75 ^g	105.75 ^a	0.75 ^s	0.00 ^x	46.75 ^a	1.75 ^g	19.28 ^b
	2.5	28.25 ^{a-d}	4.00 ^f	0.50 ^h	104.50 ^{a-c}	0.80 ^t	0.32 ^w	46.50 ^a	2.00 ^{ef}	16.24 ^{cd}
	6.4	27.50 ^{cd}	3.75 ^g	0.75 ^g	103.51 ^{a-c}	1.12 ^s	1.16 ^v	46.50 ^a	1.75 ^g	17.10 ^c
Wonderful (Wo)	Control	30.75 ^a	3.50 ^{e-h}	0.00 ^e	105.25 ^a	0.15 ^v	0.00 ^x	48.25 ^a	1.50 ^g	21.23 ^a
	2.5	30.50 ^{ab}	4.25 ^e	0.75 ^g	103.75 ^a	0.50 ^u	0.20 ^w	47.75 ^a	2.25 ^{b-c}	21.19 ^a
	6.4	30.50 ^{ab}	4.00 ^f	0.75 ^g	102.00 ^d	1.72 ^q	0.33 ^w	47.50 ^a	2.00 ^{ef}	21.35 ^{ab}
Yousefkhani Saveh (YoSa)	Control	21.50 ^g	3.75 ^{d-g}	0.75 ^g	93.00 ^g	1.47 ^r	3.25 ^q	39.75 ^b	1.75 ^g	17.22 ^c
	2.5	19.00 ^{hi}	4.75 ^c	0.75 ^g	90.00 ^h	7.05 ^{g-j}	9.50 ^k	36.50 ^c	2.75 ^c	16.09 ^{cd}
	6.4	14.25 ^{no}	2.75 ^{h-j}	0.25 ⁱ	91.00 ^{g-j}	31.82 ^{bc}	11.75 ^{hi}	31.25 ^f	1.00 ⁱ	11.87 ^{h-m}
Malas Saveh (MaSa)	Control	21.50 ^g	3.75 ^g	0.25 ⁱ	66.79 ⁿ	1.53 ^j	1.06 ^v	33.25 ^d	1.75 ^g	13.71 ^{f-h}
	2.5	22.25 ⁱ	4.25 ^e	0.50 ^h	71.52 ^q	3.45 ^o	8.52 ^l	26.25 ^j	2.25 ^d	12.66 ^{g-j}
	6.4	21.75 ⁱ	4.00 ^f	0.25 ⁱ	67.00 ^t	3.45 ^o	9.62 ^k	29.00 ^h	2.00 ^{ef}	10.45 ^{i-p}
Qand Galoogah (QaGa)	Control	28.50 ^{a-d}	5.50 ^a	0.75 ^g	70.51 ^r	2.60 ^p	1.10 ^v	39.00 ^b	3.50 ^a	13.92 ^{f-h}
	2.5	17.00 ^k	3.75 ^g	1.50 ^f	70.75 ^{n-r}	7.07 ^{kl}	5.33 ^p	30.75 ^g	1.75 ^g	6.41 ^m
	6.4	17.00 ^k	3.00 ^{g-j}	2.00 ^e	70.25 ^{n-r}	19.32 ^{e-g}	7.14 ^{mn}	24.75 ^l	1.00 ⁱ	3.63 ⁿ
Torsh Galoogah (ToGa)	Control	24.50 ^{gh}	4.00 ^f	2.75 ^b	67.25 ^t	3.27 ^o	2.15 ^u	32.50 ^e	2.00 ^{ef}	9.58 ^{f-r}
	2.5	19.00 ^{hi}	3.50 ^h	2.50 ^c	66.25 ^u	5.80 ^m	9.13 ^k	20.50 ⁿ	1.50 ^g	9.80 ^{f-r}
	6.4	16.25 ^{l-n}	3.50 ^h	2.50 ^c	63.56 ^w	30.15 ^{bc}	9.08 ^k	21.00 ^m	1.50 ^g	10.69 ^{i-o}
Vahshi Miankaleh (VaMi)	Control	18.00 ^{ij}	4.00 ^f	2.00 ^e	104.54 ^{a-c}	6.65 ^{l-n}	3.25 ^q	24.50 ^{g-l}	2.00 ^{ef}	8.65 ^{k-s}
	2.5	19.00 ^{hi}	3.25 ⁱ	2.50 ^c	102.53 ^d	28.25 ^{b-d}	42.45 ^b	17.50 ^q	1.25 ^h	8.44 ^{k-s}
	6.4	17.00 ^{jk}	3.50 ^h	2.75 ^b	102.00 ^d	56.77 ^a	44.05 ^a	16.00 ^t	1.50 ^g	7.14 ^{l-t}
Vahshi Inchehborun (VaIn)	Control	26.75 ^{de}	3.00 ^j	2.00 ^e	73.55 ^p	1.75 ^q	0.45 ^w	28.00 ⁱ	1.00 ⁱ	13.04 ^{f-i}
	2.5	25.50 ^{ef}	3.00 ^j	2.75 ^b	69.75 ^s	5.25 ^m	1.75 ^q	20.75 ⁿ	1.00 ⁱ	13.67 ^{f-h}
	6.4	16.75 ^{l-n}	2.75 ^k	3.25 ^a	64.54 ^v	8.35 ^k	5.23 ^p	14.50 ^u	1.00 ⁱ	13.93 ^{f-h}
Vahshi Aliabad (VaAl)	Control	19.00 ^{hi}	3.00 ^j	3.00 ^{ab}	79.51 ^{n-p}	3.45 ^o	2.20 ^t	16.25 ^l	1.00 ⁱ	10.50 ^{i-p}
	2.5	16.75 ^l	2.75 ^k	3.00 ^{ab}	74.00 ^{op}	4.64 ^{g-j}	6.13 ^o	13.75 ^v	1.00 ⁱ	10.20 ^{i-q}
	6.4	13.25 ^{o-q}	3.00 ^j	2.75 ^b	67.00 ^t	10.79 ^{e-j}	8.16 ^l	11.25 ^s	1.00 ⁱ	10.86 ^{i-o}
Vahshi Kordkoy (VaKo)	Control	21.50 ^g	3.75 ^g	3.00 ^{ab}	74.50 ^o	3.15 ^{h-j}	2.85 ^u	24.00 ^l	1.75 ^g	10.11 ^{i-r}
	2.5	17.00 ^k	3.25 ⁱ	3.25 ^a	73.54 ^p	6.65 ^{l-n}	7.19 ^{mn}	18.50 ^p	1.25 ^h	15.78 ^{i-o}
	6.4	13.50 ^{op}	3.00 ^j	3.00 ^{ab}	62.51 ^x	14.35 ^{h-j}	11.65 ^{hi}	12.00 ^r	1.00 ⁱ	12.40 ^{g-k}
Shirin Shivand (ShSh)	Control	28.25 ^{a-d}	3.25 ⁱ	3.00 ^{ab}	84.25 ^k	0.47 ^t	1.76 ^v	30.75 ^g	1.25 ^h	13.21 ^{f-i}
	2.5	24.75 ^{gh}	2.75 ^k	3.25 ^a	83.25 ^l	1.86 ^q	11.34 ^{hi}	20.25 ⁿ	1.00 ⁱ	9.18 ^{f-r}
	6.4	14.50 ^{n-o}	2.50 ^l	3.00 ^{ab}	83.50 ^l	6.65 ⁿ	12.17 ^{gh}	16.00 ^t	1.00 ⁱ	7.31 ^{l-t}
Torsh Shivand (ToSh)	Control	21.00 ^g	3.25 ⁱ	3.00 ^{ab}	94.00 ^e	11.37 ^{e-j}	1.53 ^v	25.75 ^j	1.25 ^h	14.32 ^{e-g}
	2.5	18.00 ^{ij}	2.25 ^m	3.00 ^{ab}	90.75 ^h	17.88 ^{fi}	8.53 ^l	19.00 ^{o-p}	1.00 ⁱ	15.02 ^{d-f}
	6.4	14.75 ^{n-o}	2.25 ^m	3.25 ^a	84.00 ^k	23.35 ^d	10.14 ^j	13.25 ^v	1.00 ⁱ	15.64 ^{d-e}

Different letters in each column indicate a significant difference at the 1% probability level (LSD).

و طول و قطر ریشه کاهش یافت (Mominpour et al., 2015; El-Khawaga et al., 2012). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با اعمال تنش شوری سطح برگ تحت تأثیر معنی‌دار قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین سطح برگ مربوط به ژنوتیپ واندرفول تمام تیمارها و ترش بهشهر تیمار شاهد و کمترین سطح برگ مربوط به ژنوتیپ قند گلوگاه تیمار ۶/۴ گرم در لیتر بود. در پژوهشی دیگر، (Rahemi et al., 2008) نیز بیان داشتند که تنش اسمزی ناشی از شوری موجب کوچک شدن برگ می‌گردد.

همچنین، بیش‌ترین وزن تر برگ در ژنوتیپ فرشته قرمز تمام تیمارهای شوری و بیشترین وزن خشک برگ در ژنوتیپ واندرفول تیمار ۶/۴ گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۲). طبق یافته‌های (Pouri et al., 2019) و (Mominpour et al., 2014) تنش شوری وزن تر و خشک برگ را کاهش می‌دهد. همچنین (Rezaei et al., 2015) نشان دادند که با افزایش غلظت شوری میزان فتوسنتز و ماده سازی در گیاهان کاهش یافت و به کاهش وزن خشک برگ و اندام هوایی منجر شد.

بیش‌ترین کلروفیل کل برگ نیز ژنوتیپ فرشته قرمز تیمار ۶/۴ گرم در لیتر (۳۵/۸۸ میلی‌گرم در گرم) و کمترین میزان آن مربوط به ژنوتیپ شیرین بهشهر همان تیمار (۷/۳۶ میلی‌گرم در گرم) بود. این نتایج با یافته‌های (Gholami et al., 2018) و (Dejampour et al., 2013) سازگار بود. آن‌ها بیان نمودند که با افزایش غلظت شوری تخریب ساختار کلروپلاست‌ها رخ داده و از میزان کلروفیل a و b، و کلروفیل کل کاسته می‌شود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنش اعمال شده بر درصد نشت یونی معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین نشت یونی مربوط به ژنوتیپ وحشی کردکوی تیمار ۶/۴ گرم در لیتر (۸۹/۱۱ درصد) و کمترین نشت یونی مربوط به ژنوتیپ واندرفول تیمار ۶/۴ گرم در لیتر و تیمار شاهد بود.

بیشترین محتوای نسبی آب برگ نیز در ژنوتیپ یوسف خانی تیمار شاهد (۸۸/۵۲ درصد) و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ قند گلوگاه و شیرین بهشهر بود. این نتایج با یافته‌های قبلی (Massai et al., 2015) و (Mominpour et al., 2004) در یک راستا بود، مبنی بر اینکه که با افزایش غلظت شوری از طریق انباشت تدریجی یون‌های سدیم و کاهش پتانسیل اسمزی شیره سلولی و افزایش آسیب به غشا سلولی، درصد نشت یونی و محتوای نسبی آب برگ کاهش می‌یابد.

در یک پژوهش، (Pourey et al., 2017) بیان نمودند که تنش شوری در مراحل مختلف رشد باعث کاهش تعداد انشعابات شاخه در زیتون شد و از این نظر بین ارقام اختلاف معنی‌دار وجود دارد به طوری که رقم کرونایکی ۱ این تأثیر را زودتر نشان داد. (Munns and Tester 2008) نیز بیان داشتند که تعداد انشعابات شاخه به شدت به محیط رشد و تنش شوری وابسته است. نتایج همچنین نشان داد که تنش شوری دارای اثر معنی‌دار بر تعداد کل برگ بود (جدول ۱). بیشترین تعداد کل برگ مربوط به ژنوتیپ فرشته قرمز تمام تیمارها، واندرفول تیمارهای شاهد و ۲/۵ گرم در لیتر و وحشی میانکاله تیمار شاهد بود. در مقابل، کمترین تعداد کل برگ نیز مربوط به ژنوتیپ وحشی کردکوی تیمار ۶/۴ گرم در لیتر (۶/۵۱) بود. این نتایج با یافته‌های (Rahmani et al., 2003) هم‌راستا بود. آن‌ها نشان دادند که با افزایش غلظت شوری نشانه‌های سوختگی در حاشیه برگ‌ها ظاهر و در نهایت با ریزش کامل برگ‌ها، تعداد کل برگ‌ها در بادام کاهش یافت. همچنین این نتایج با یافته‌های (Mominpour et al., 2015) مطابقت داشت مبنی بر این که با افزایش تنش شوری تعداد کل برگ‌های تولیدی در تمامی ژنوتیپ‌های تحت مطالعه بادام کاهش یافت.

تنش کلرید سدیم بر درصد برگ‌های ریزش یافته و نکروزه نیز معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین درصد برگ‌های ریزش یافته و نکروزه مربوط به ژنوتیپ وحشی میانکاله تیمار ۶/۴ گرم در لیتر (به ترتیب ۵۶/۷۷ و ۴۴/۰۵) و کمترین آن‌ها مربوط به ژنوتیپ‌های فرشته قرمز و واندرفول تیمار ۶/۴ گرم در لیتر (به ترتیب ۱/۱۲ و ۰/۳۳) بود. در پژوهشی دیگر، (Rahmani et al., 2003) بیان نمودند که با افزایش غلظت شوری نشانه‌های پیری و نکروز در حاشیه و مرکز برگ‌های بادام ظاهر و با حالت پیش‌رونده در طول زمان باعث پژمردگی شده و در نهایت برگ‌ها ریزش و درصد برگ‌های نکروزه افزایش یافت طبق نتایج، تنش کلرید سدیم بر طول و قطر ریشه معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین طول ریشه مربوط به ژنوتیپ‌های واندرفول و فرشته قرمز در تمامی تیمارها بود. بیشترین قطر ریشه نیز مربوط به تیمار شاهد شیرین و ترش بهشهر و قند گلوگاه بود. یافته‌های قبلی نیز نشان داده‌اند که با افزایش غلظت شوری میزان تجمع نمک داخل ریشه‌ها افزایش

Table 2. The interaction effect of genotype and salinity on physicochemical traits of pomegranate genotypes

Genotype	Salinity level (g/l)	Leaf fresh weight (g)	Leaf dry weight (g)	Total chlorophyll (mg/g FW)	Electrolyte Leakage (%)	Relative water content (%)	Cell membrane damage (%)	Damage index	Proline (μmol/g FW)	Total anthocyanin (mg/g)	Total phenol (mg/g FW)
		P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001
ShBe	Control	0.1204 ^{fk}	0.0610 ^d	11.36 ^x	55.40 ^u	27.90 ^{im}	6.10 ^{o-q}	1.39 ^{ik}	0.0450 ^c	1.2025 ^{sk}	1.0213 ^{jm}
	2.5	0.1310 ^e	0.0520 ^c	9.36 ^y	74.11 ^{e-i}	19.27 ^{m-r}	30.05 ^f	1.61 ^{mo}	0.0480 ^c	1.1620 ^{k-r}	1.0301 ^{jm}
	6.4	0.1109 ^g	0.0415 ^f	7.36 ^z	8336 ^c	15.79 ^{p-x}	40.35 ^c	2.39 ^c	0.0450 ^c	1.1314 ^{n-t}	1.0414 ^l
ToBe	Control	0.1206 ^{fk}	0.0515 ^e	15.81 ^w	59.56 ^{rs}	27.23 ^{jm}	3.74 ^{l-o}	1.53 ^h	0.0450 ^c	1.2250 ^{ef}	1.0911 ^j
	2.5	0.1311 ^e	0.0517 ^e	16.20 ^{w-x}	67.35 ^{l-n}	19.11 ^{m-v}	26.70 ^g	2.09 ^d	0.0451 ^z	1.1775 ^{i-p}	1.1621 ^f
	6.4	0.1421 ^d	0.0611 ^d	16.62 ^{w-x}	80.74 ^{cd}	15.49 ^{p-x}	31.29 ^{de}	2.69 ^b	0.0460 ^c	1.1606 ^{k-r}	1.2703 ^e
GoBe	Control	0.1421 ^d	0.0810 ^b	27.69 ^{fg}	56.55 ^t	25.38 ^k	3.10 ^v	1.41 ^{i-k}	0.1330 ^w	1.2175 ^{fh}	0.8152 ^w
	2.5	0.1514 ^c	0.0702 ^c	22.72 ^{l-o}	69.35 ⁱ⁻ⁿ	27.97 ^{i-m}	26.61 ^{gf}	1.72 ⁱ	0.1450 ^s	1.1775 ^{i-p}	0.9175 ^t
	6.4	0.1421 ^d	0.0513 ^e	17.79 ^{v-w}	84.05 ^{bc}	34.88 ^h	34.28 ^d	2.59 ^c	0.1650 ^r	1.1525 ^{l-r}	0.9815 ^q
FeQr	Control	0.1705 ^a	0.0812 ^b	33.24 ^{cd}	45.85 ^v	30.65 ⁱ	1.92 ^s	1.02 ⁿ	0.8150 ^{fg}	1.1905 ^{h-k}	1.1801 ^f
	2.5	0.1705 ^a	0.0812 ^b	34.21 ^b	45.55 ^v	30.49 ⁱ	1.94 ^s	1.02 ⁿ	0.8650 ^{e-j}	1.2304 ^c	1.1011 ^j
	6.4	0.1706 ^a	0.0810 ^b	35.88 ^a	48.85 ^{v-w}	29.67 ^{i-k}	1.94 ^s	1.02 ⁿ	0.8830 ^{c-f}	1.2304 ^c	1.0608 ^k
Wo	Control	0.1612 ^b	0.0704 ^c	31.55 ^e	43.98 ^x	29.77 ^{i-k}	1.85 ^s	1.02 ⁿ	0.8710 ^{d-f}	1.2275 ^{ef}	1.6701 ^b
	2.5	0.1612 ^b	0.0704 ^c	33.27 ^{cd}	48.05 ^{v-w}	29.18 ^{i-k}	1.94 ^s	1.02 ⁿ	0.8760 ^{d-f}	1.2423 ^b	1.5102 ^c
	6.4	0.1611 ^b	0.0908 ^a	34.72 ^b	43.55 ^x	28.68 ^{i-m}	1.94 ^s	1.02 ⁿ	0.8790 ^c	1.2423 ^b	1.7515 ^a
YoSa	Control	0.1421 ^d	0.0415 ^f	32.74 ^d	65.65 ^{np}	88.52 ^a	1.99 ^s	1.26 ^{im}	0.5050 ^q	1.1550 ^{l-r}	0.6715 ^y
	2.5	0.1514 ^c	0.0416 ^f	31.49 ^e	71.01 ^{j-i}	64.96 ^c	3.55 ^v	1.44 ⁱ	0.5061 ^q	1.1609 ^{k-r}	0.7425 ^x
	6.4	0.1515 ^c	0.0416 ^f	28.14 ^f	75.66 ^{e-g}	60.99 ^c	7.52 ^{mn}	1.92 ^g	0.5094 ^o	1.1701 ^{j-q}	0.8415 ^s
MaSa	Control	0.1109 ^g	0.0311 ^{g-i}	31.45 ^e	62.83 ^{q-r}	28.68 ^{i-m}	3.14 ^v	1.46 ⁱ	0.5552 ^{l-m}	1.1625 ^{k-r}	0.9525 ^u
	2.5	0.1108 ^g	0.0415 ^f	31.76 ^e	65.30 ^{n-p}	30.50 ^j	4.36 ^u	1.70 ^f	0.5780 ^{kl}	1.1725 ^{j-q}	0.9651 ^t
	6.4	0.1109 ^g	0.0612 ^d	33.01 ^{cd}	70.12 ^{i-m}	27.40 ^{j-m}	6.56 ^{o-q}	1.96 ^d	0.6201 ^{hk}	1.1725 ^{j-q}	0.9825 ^q
QaGa	Control	0.1109 ^g	0.0415 ^f	19.63 ^{o-r}	68.46 ^{k-n}	19.02 ^{m-v}	4.04 ^u	1.22 ^{im}	0.0880 ^y	1.2325 ^{cd}	0.6551 ^s
	2.5	0.1108 ^g	0.0516 ^e	18.88 ^{p-s}	76.71 ^{e-g}	17.23 ^{n-v}	3.12 ^r	1.45 ⁱ	0.0950 ^{xy}	1.2325 ^{cd}	0.7675 ^{qr}
	6.4	0.1205 ^{ef}	0.0312 ^{g-i}	19.12 ^{o-s}	84.53 ^{bc}	15.24 ^p	24.81 ^h	1.57 ^{hi}	0.1110 ^x	1.2423 ^b	0.9275 ^v
ToGa	Control	0.1612 ^b	0.0105 ⁱ	21.50 ^{m-p}	62.16 ^{q-r}	19.63 ^{m-r}	1.93 ^o	1.39 ^{ik}	0.1931 ^v	1.2450 ^b	0.9925 ^p
	2.5	0.1514 ^c	0.0105 ⁱ	21.65 ^{m-p}	66.65 ^{n-o}	46.13 ^g	6.70 ^{o-q}	1.60 ^{fg}	0.5081 ^p	1.2350 ^{cd}	1.1113 ⁱ
	6.4	0.1515 ^c	0.0415 ^f	22.63 ^{l-o}	68.97 ^{k-n}	63.76 ^d	8.94 ^{kl}	1.88 ^{de}	0.1143 ^{wx}	1.2350 ^{cd}	1.1502 ^g
VaMi	Control	0.0810 ⁱ	0.0415 ^f	22.81 ^{l-o}	71.80 ^{j-l}	54.10 ^f	8.55 ^l	1.61 ^{fg}	0.5580 ^{l-m}	1.1875 ⁱ⁻ⁿ	1.1502 ^g
	2.5	0.0715 ⁱ	0.0416 ^f	20.08 ^{n-q}	77.99 ^{e-f}	76.59 ^b	31.06 ^{de}	1.95 ^d	0.6030 ^{hm}	1.2075 ^{g-i}	1.1506 ^g
	6.4	0.1014 ^h	0.0515 ^e	18.18 ^{u-v}	86.92 ^b	60.27 ^e	43.62 ^b	2.96 ^a	0.6731 ^{gh}	1.2275 ^{ef}	1.1687 ^f
VaIn	Control	0.1013 ^h	0.0514 ^e	25.01 ^{i-l}	67.68 ^{l-n}	22.67 ^l	4.04 ^u	1.25 ^{lm}	0.9072 ^c	1.1775 ^{i-p}	1.1403 ^h
	2.5	0.0715 ⁱ	0.0417 ^f	25.63 ^{i-l}	72.83 ^{h-i}	19.99 ^{m-r}	7.81 ^{mn}	1.53 ^h	0.9541 ^b	1.1825 ⁱ	1.0911 ^j
	6.4	0.1014 ^h	0.0414 ^f	26.33 ^h	74.56 ^{e-i}	21.36 ^{l-r}	9.37 ^k	1.71 ^f	0.9732 ^a	1.1975 ^{h-l}	0.9651 ^t
VaAl	Control	0.1421 ^d	0.0313 ^{g-i}	24.05 ^{j-m}	58.80 ^{r-s}	22.18 ^{g-p}	2.90 ^{no}	1.38 ^{ik}	0.1980 ^u	1.2506 ^a	1.0313 ^{h-u}
	2.5	0.1513 ^c	0.0313 ^{g-i}	23.44 ^{k-n}	67.59 ^{l-n}	19.98 ^{m-r}	8.05 ^l	1.65 ^{fg}	0.5081 ^c	1.2101 ^{f-j}	0.9815 ^q
	6.4	0.1514 ^c	0.0314 ^{g-i}	20.93 ^{n-q}	76.82 ^{ef}	15.86 ^{w-x}	12.36 ⁱ	1.84 ⁱ	0.5280 ^{mn}	1.1850 ^{i-u}	0.9525 ^u
VaKo	Control	0.1109 ^g	0.0206 ^h	22.65 ^{l-o}	78.36 ^{e-h}	21.84 ^{l-p}	9.39 ^k	1.44 ⁱ	0.1971 ^t	1.2422 ^b	1.210 ⁿ
	2.5	0.1311 ^e	0.0312 ^{g-i}	20.50 ^{p-r}	86.32 ^b	17.50 ^{w-v}	31.12 ^{de}	1.58 ^h	0.5053 ^q	1.2204 ^{e-h}	1.110 ^o
	6.4	0.1311 ^e	0.0312 ^{g-i}	18.45 ^{t-v}	89.11 ^a	15.44 ^{w-x}	47.50 ^a	1.94 ^{fg}	0.5180 ^{no}	1.1825 ⁱ	1.211 ⁿ
ShSh	Control	0.1205 ^{fk}	0.0207 ^h	24.62 ^{j-l}	67.54 ^{l-n}	20.44 ^{m-r}	3.29 ^v	1.31 ^k	0.1971 ^{u-l}	1.2225 ^{e-g}	0.9651 ^t
	2.5	0.1204 ^{fk}	0.0206 ^h	23.34 ^{k-n}	68.89 ^{k-n}	18.88 ^{m-v}	5.72 ^t	1.52 ^h	0.1960 ^{uv}	1.1225 ^o	1.1403 ^h
	6.4	0.1108 ^g	0.0313 ^{g-i}	24.73 ^{j-l}	72.58 ^{h-i}	16.95 ^{o-v}	9.55 ^{jk}	1.66 ^{fg}	0.5041 ^q	1.0505 ^p	1.2320 ^f
ToSh	Control	0.0810 ⁱ	0.0313 ^{g-i}	24.82 ^{j-l}	58.91 ^{r-s}	29.94 ^{i-m}	3.05 ^{m-o}	1.24 ^{l-x}	0.5850 ^k	1.2203 ^{e-h}	1.1700 ^g
	2.5	0.0811 ⁱ	0.0314 ^{g-i}	26.68 ^{g-h}	67.66 ^{l-n}	29.29 ^{q-m}	5.13 ^t	1.45 ^j	0.6050 ^j	1.1450 ^{m-t}	1.2701 ^e
	6.4	0.1108 ^g	0.0416 ^f	26.88 ^{g-h}	74.52 ^{e-i}	29.32 ^{i-m}	4.41 ^u	1.60 ^{pp}	0.6131 ⁱ	1.1225 ^u	1.3500 ^d

Different letters in each column indicate a significant difference at the 1% probability level (LSD).

افزایش غلظت شوری، مقدار پرولین ریزنمونه‌ها در همه سطوح شوری و در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه افزایش یافت. همچنین آن‌ها نشان دادند که پرولین به عنوان رایج‌ترین تنظیم‌کننده اسمزی در برگ‌ها تولید و به عنوان یک ماده حل‌شونده سازگار باعث پاک‌سازی اکسیژن‌های فعال، حفظ پایداری پروتئین‌ها و سلول‌ها از تنش اکسایشی، تنظیم پتانسیل آبی، حفظ دیواره سلولی و تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد. همچنین Hajiboland et al., (2014) نشان دادند که با افزایش غلظت شوری و افزایش سدیم برگ، نسبت پتاسیم به سدیم کاهش یافته و پرولین در بافت برگ‌های بالغ افزایش یافت. آن‌ها بیان نمودند که نقش پرولین ایجاد تعادل یونی، حفاظت اسمزی، حفاظت از ماکرومولکول‌ها، حفظ ساختار و ماهیت و یکپارچگی پروتئین‌ها، سمیت‌زدایی و حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن است. اثر مستقل ژنوتیپ و تنش شوری بر وزن تر ریشه، در سطح احتمال ۰/۱ درصد معنی‌دار بود (شکل ۱ و ۲). بیشترین وزن تر ریشه مربوط به ژنوتیپ فرشته قرمز (۰/۳۳ گرم) و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ وحشی میانکاله و شیرین شیوند بود.

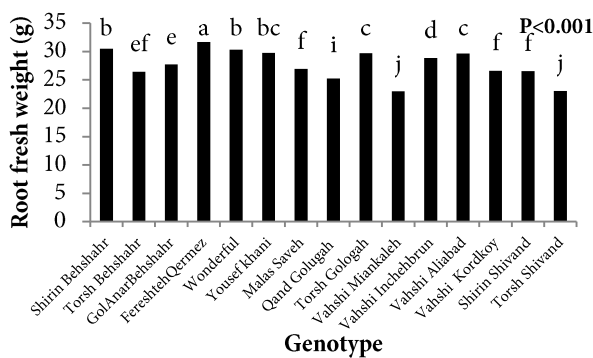


Fig 1. The independent effect of the pomegranate genotypes on root fresh weight

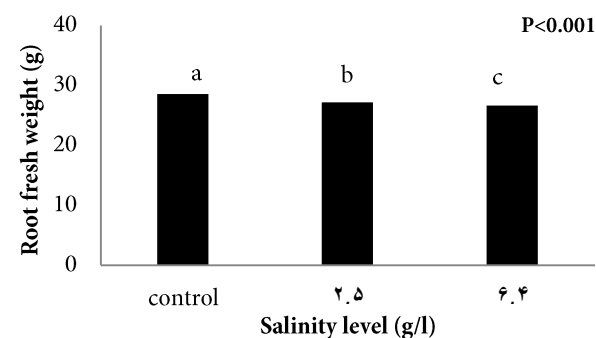


Fig 2. The independent effect of the salinity on pomegranate root fresh weight

طبق نتایج این پژوهش، بیشترین درصد آسیب‌دیدگی غشا سلولی مربوط به ژنوتیپ وحشی کردکوی تیمار ۶/۴ گرم در لیتر (۴۷/۵۰ درصد) و بیش‌ترین شاخص آسیب شوری مربوط به ژنوتیپ وحشی میانکاله تیمار ۶/۴ گرم در لیتر (۲/۹۶ درصد) بود (جدول ۲). این نتایج با گزارش‌های پیشین که نشان دادند افزایش مقدار بافت‌مردگی در برگ‌ها با غلظت بالای عناصر سدیم و کلر در سیتوپلاسم برگ‌ها مرتبط است و تجمع نمک در محیط رشد گیاه با افزایش مقدار آنزیم-کلروفیلز منجر به آسیب‌دیدگی غشاء سلولی، تخریب کلروفیل و افزایش آسیب و زردی برگ‌ها می‌شود، هم‌راستا بود.

همچنین، در پژوهش‌های قبلی به این نتیجه رسیدند که با افزایش سطوح شوری، نشانه‌های ظاهری آسیب به شکل کلروز و نکروز در نوک برگ‌ها و شاخساره‌ها مشاهده شده و شاخص آسیب شوری افزایش می‌یابد (Malmir et al., 2015; Malmir et al., 2016 Mominpour). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین فنل کل برگ مربوط به ژنوتیپ واندر فول تیمار ۶/۴ گرم در لیتر بود (جدول ۲). این نتایج با نتایج (Zarin Kamar and Esfa (2014) هم‌راستا بود. آن‌ها بیان نمودند که با افزایش غلظت شوری و کاهش پتانسیل اسمزی شیره سلولی، و افزایش تعداد و تراکم بلورها در سلول‌های پارانشیمی برگ و ریشه و کاهش ذخیره آب، تولید فنل کل در برگ و ریشه افزایش یافت. همچنین، بیشترین آنتوسیانین کل مربوط به ژنوتیپ علی‌آباد تیمار شاهد و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ شیرین شیوند تیمار ۶/۴ گرم در لیتر بود. نتایج این پژوهش با نتایج یافته‌های (Arbona et al., 2003) تناقض داشت. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت شوری و افزایش سدیم برگ، مقدار آنتوسیانین کل در بافت برگ‌های بالغ سیترنج افزایش یافت. نوع گونه تحت آزمایش و میزان حساسیت آن به تنش می‌تواند علت اصلی این نوع تناقض‌ها تلقی شود؛ به طوری که، انار با آستانه تحمل به شوری بالاتر نسبت به مرکبات واکنش متفاوتی نشان داده است.

طبق نتایج، بیشترین مقدار پرولین مربوط به ژنوتیپ اینچه‌برون تیمار ۶/۴ گرم در لیتر (۰/۹۷۳۲ میکرومول در گرم) و کمترین مقدار آن مربوط به ژنوتیپ شیرین و ترش بهشهر همه تیمارها بود. در بیشتر ژنوتیپ‌ها، با افزایش شوری بر مقدار پرولین افزوده شد. نتایج این پژوهش با نتایج (Malmir et al., 2016) سازگار بود. آن‌ها بیان نمودند که با

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن (۲/۵ و ۶/۴ گرم در لیتر)، شاخص‌های رشد شامل رشد طولی ساقه، قطر ساقه، تعداد انشعابات شاخه، تعداد کل برگ، طول ریشه، قطر ریشه، سطح برگ، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل کل، فنل کل، آنتوسیانین کل در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، کاهش و نشت یونی، درصد برگ‌های ریزش یافته، درصد برگ‌های نکروزه، آسیب‌دیدگی غشای سلولی، شاخص آسیب شوری و پرولین افزایش یافت. ولی میزان کاهش و افزایش صفات اندازه‌گیری شده در بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده با یکدیگر اختلاف آماری داشت. همچنین، نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که نوع ژنوتیپ در افزایش تحمل شوری بسیار مؤثر است، طبق رتبه‌بندی ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، در مجموع، ژنوتیپ واندر فول به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش شوری تا غلظت ۶/۴ گرم در لیتر کلرید سدیم (هدایت الکتریکی ۸ دسی زیمنس بر متر) معرفی شد. در مقابل، ژنوتیپ شیرین بهشهر به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ نسبت به تنش شوری تشخیص داده شد. تحمل به شوری تحت تاثیر عوامل ژنتیکی است، اما در اندام‌ها و گیاهان مسن‌تر بیشتر می‌باشد؛ بنابراین، نتایج حاصل در مورد درختان انار مسن‌تر در زمین اصلی نیز کاربرد دارد.

همچنین با افزایش غلظت کلرید سدیم وزن تر ریشه کاهش یافت. نتایج این پژوهش با نتایج Mominpour et al., (2015) در یک راستا بود. آن‌ها بیان نمودند که با افزایش غلظت شوری وزن تر ریشه کاهش یافت ولی میزان کاهش آن با توجه به نوع ژنوتیپ متفاوت بود. همچنین Rahemi et al., (2008) نشان دادند که با افزایش غلظت شوری و سمیت یونی و تنش خشکی ناشی از افزایش پتانسیل اسمزی محلول خاک، وزن تر ریشه و محدوده گسترش ریشه‌ها کاهش یافت.

شناسایی ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به تنش شوری بر اساس رتبه‌بندی صفات ریخت‌شناختی، فیزیوشیمیایی و فیتوشیمیایی انجام شد. نتایج مجموع امتیازات حاصل از رتبه‌بندی صفات در دو تیمار شوری و رتبه‌بندی نهایی ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ واندر فول با کمترین امتیاز به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ (رتبه ۱) و ژنوتیپ شیرین بهشهر با بیشترین امتیاز به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ (رتبه ۱۵) شناخته شدند. نتایج نشان می‌دهد که ارقام ملی و بین‌المللی از تحمل بیشتری نسبت به ارقام محلی برخوردار هستند. همچنین، بر خلاف تصور اولیه، ژنوتیپ‌های وحشی تحمل متوسطی نشان دادند. به نظر می‌رسد که باغداران قدیمی نسبت به گزینش ارقام با عملکرد بالاتر اقدامات مناسبی انجام داده و طی قرن‌ها ارقامی را گزینش کرده‌اند که اتفاقاً متحمل‌ترین ارقام نیز بوده‌اند.

References

- Ardakani, A. (2014). Investigation of salinity resistance of cuttings of different varieties of pomegranate in Yazd. *9th Congress of Horticultural Sciences of Iran*, 416-421. [In Persian]
- Asadi, S., & Homai, M. (2016). The application of desalination models in order to develop a crop rotation plan for saline and sodium soils. *Journal of Water and Soil Resources Protection*, 6(4), 92-105. [In Persian]
- Anahita, A., Asmah, R., & Fauziah, O. (2015). Evaluation of total phenolic content, total antioxidant activity, and antioxidant vitamin composition of pomegranate seed and juice. *Food Research International*, 22, 1212-1217.
- Arbona, V., Flors, V., Jacas, J., García-Agustín, P., & Gómez-Cadenas, A. (2003). Enzymatic and non-enzymatic antioxidant responses of Carrizo citrange, a salt-sensitive citrus rootstock, to different levels of salinity. *Plant and Cell Physiology*, 44(4), 388-394.
- Bahrani, P., Ebadi, A., Zamani, Z., & Fatahi Moghadam, M.R. (2020). Effects of Drought Stress Levels on Some Morphological and Physiological Traits to Select the Most Tolerant ones as a Rootstock. *Journal of Plant Production Research*, 27(1), 41-56. [In Persian]

- Bhantana, P., & Lazarovitch, N. (2010). Evapotranspiration, crop coefficient and growth of two young pomegranates (*Punica granatum* L.) varieties under salt stress. *Agricultural Water Management*, 97(5), 715-722.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., & Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39(1), 205-207.
- Cheng, G.W., & Breen, P.J. (1991). Activity of phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and concentrations of anthocyanin and phenol in developing strawberry fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116(5), 865-869.
- Dejampour, J., Ali Asgharzadeh, N., Grigorian, V., & Majidi, H. (2013). Evaluation of Salinity Tolerance in some Interspecific Hybrids of *Prunus*. *Seed and Plant*, 28, 339-351. [In Persian]
- Dhanda, S.S., & Sethi, G.S. (1998). Inheritance of excised-leaf water loss and relative water content in bread wheat (*Triticum aestivum*). *Euphytica*, 104(1), 39-47.
- Eskandari, A. (2017). Pomegranate production and cultivation. Anar Saveh Education Research Center, Jahad Keshavarzi Institute of Applied Scientific Higher Education, 1-50. [In Persian]
- El-Khawaga, A., Zaeneldeen, E., & Youssef, M. (2012). Responses of three pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars to salinity stress. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 1, 64-75.
- Fattahi, M., Mohammadkhani, A., Shiran, B., Baninsab, B., & ravash, R. (2022). Investigating of phosphorus use efficiency and drought and salinity stress resistance index in pistachio rootstock coexisted with *mycorrhiza arbuscular*. *Plant productions*, 44(4), 587-600.
- Fallah, A., Bagheri, L., & Banipour, A. (2019). Evaluation of some agronomic traits and performance of mutant rice lines in M2-M5 generations in the saline lands of Mazandaran. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 51(1), 135-127. [In Persian]
- FAO. (2021). Food and Agricultural commodities production, <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- Gholami, M., & Rahmi, M. (2018). Effect of NaCl Salt Stress on Physiological and Morphological Characteristic of Vegetative Peach- Almond Hybrid (GF677) Rootstock. *Plant Production Technology*, 9(1), 21-31. [In Persian]
- Ganjeali, A., & Kafi, M. (2007). Genotypic differences for allometric relationships between root and shoot characteristics in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 21, 1523-1531.
- Hajiboland, R., Norouzi, F., & Poschenrieder, C. (2014). Growth, physiological, biochemical and ionic responses of pistachio seedlings to mild and high salinity. *Trees*, 28(4), 1065-1078.
- Ibrahim, H.I. (2016). Tolerance of two pomegranates cultivars (*Punica granatum* L.) to salinity stress under hydroponic culture conditions. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 6(4), 38-46.
- Jalili Moghadam, Z., & Latifian, M. (2018). Introduction of ecological needs and some quantitative and qualitative characteristics of Pomegranate fruit of Wonderful variety. Central Province Agricultural Education and Natural Resources Research Center, Pomegranate Extension Magazine, (1), 46-54. [In Persian]
- Jacoud, C., Job, D., Wadoux, P., & Bally, R. (1999). Initiation of root growth stimulation by *Azospirillum lipoferum* CRT1 during maize seed germination. *Canadian Journal of Microbiology*, 45(4), 339-342.
- Kheshavarzi, M., & Esna-ashari, M. (2022). Anatomical changes of aerial and root organs in grapevine (*Vitis venifera* cv. *Yaghooti*) affected by salinity. *Plant Productions*, 45(2), 169-180.
- Lichtenthaler, H.K., & Wellburn, A.R. (1983). Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, 11, 591-592.

- Mominpour, A., Bakshi, D., Imani, A., & Rezaei, H. (2015). Effect of salinity stress on the morphological and physiological characteristics in some selected almond genotypes budded on GF677 rootstock. *Plant Production Technology*, 15(2), 137-152. [In Persian]
- Malmir, H., Soleimani, A., Nikzad, A., Razavi, F., & Amarlo, A. (2016). Comparison of tolerance to salinity stress of two pear cultivars under in vitro cultivation conditions. *Iranian Journal of Horticultural Sciences and Techniques*, 18(1), 56-47. [In Persian]
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681.
- Massai, R., Remorini, D., & Tattini, M. (2004). Gas exchange, water relations and osmotic adjustment in two scion/rootstock combinations of *Prunus* under various salinity concentrations. *Plant and soil*, 259(1), 153-162.
- Poury, N., Seifi, E., & Alizadeh, M. (2017). The effect of salt stress and proline on some morphological, physical and phytochemical traits of leaf in three olive cultivars. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 5(2), 69-84. [In Persian]
- Pouri, N., Seifi, E., & Alizadeh, M. (2019). The Effect of Proline and Salt Stress on Growth Characteristics of Three Olive Cultivars at Three Different Stages of the Growing Season. *Journal of Chemical Health Risks*, 9(2), 133-147.
- Tavousi, M., Kaveh, F., Alizadeh, A., Babazadeh, H., & Tehranifar, A. (2016). The effect of low irrigation and salinity on the fruit of Shishegap variety pomegranate (a case study of Ferdous city South Khorasan). *Iran Irrigation and Drainage Journal*, 10(4), 507-499. [In Persian]
- Rezaei, M., Lasani, H., Babalar, M., & Talai, A. (2015). The effect of sodium chloride stress on the growth indices and element content of five olive cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 37(2), 301-293. [In Persian]
- Rahemi, M., Nagafian, S., & Tavallaie, V. (2008). Growth and chemical composition of hybrid GF 677 influenced by salinity levels of irrigation water. *Plant Sciences*, 7(3), 309-313.
- Rahmani, A., Daneshvar, H.A., & Sardabi, H. (2003). Effect of salinity on growth of two wild almond species and two genotypes of the cultivated almond species (*P. dulcis*). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 11(1), 202-208.
- Shirdeli, A., & Tahmasabi, A. (2012). The effect of irrigation water salinity and nitrogen on resistance, yield and water use efficiency (WUE) of Pomegranate, Zanjan University. *Scientific Journal of Agriculture, Irrigation Science and Engineering*, 36(1), 34-44. [In Persian]
- Sairam, R.K., Deshmukh, P.S., & Shukla, D.S. (1997). Tolerance of drought and temperature stress in relation to increased antioxidant enzyme activity in wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 178(3), 171-178.
- Zarin Kamar, F., & Esfa, A. (2014). Studying the effect of salinity on the anatomical structure of root leaves and alkaloid production in pomegranate trees. *Tarbiat Modares University, Rostaniha*, 6(2005), 98-106. [In Persian]