

## اثر تنش شوری بر برخی از شاخص‌های رشدی و خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام انتخابی انار

### Effect of Salinity Stress on Some Growth Indices and Physiological Characteristics of Selected Pomegranate Cultivars

نصراله سوری<sup>۱</sup>، داود بخشی<sup>۲\*</sup>، عبدالحسین رضایی‌نژاد<sup>۳</sup> و محمد فیضیان<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۵/۱۳

(مقاله پژوهشی)

#### چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش شوری کلرید سدیم بر برخی از شاخص‌های رشدی ارقام تجاری انار و شناسایی رقم‌های متحمل به شوری، آزمایشی گلخانه‌ای در دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در پنج سطح شوری با آب شهری به‌عنوان تیمار شاهد (با هدایت الکتریکی ۰/۶۶ دسی‌زیمنس بر متر) و غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (به‌ترتیب دارای هدایت الکتریکی ۳/۳۵، ۶/۲۱، ۹/۷۲ و ۱۴/۳۵ دسی‌زیمنس بر متر بودند) و شش رقم انار ملس دانه قرمز اصفهان، ملس یزدی، شیرین شهوار، می‌خوش یزد، ملس ساوه و ملس یوسف‌خانی و با سه تکرار صورت پذیرفت. پس از سه ماه اعمال تنش شوری، برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان بررسی و اندازه‌گیری گردید. نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش شوری، ارتفاع گیاه، اندازه برگ، وزن تر و خشک برگ و ریشه و محتوای کلروفیل گیاهان کاهش پیدا کرد، اما درصد نکروزه برگ، غلظت پرولین، مالون‌دی‌آلدئید، سایر آلدئیدها و قندهای محلول افزایش یافت. یافته‌های پژوهش مشخص نمود که در شرایط شوری تا میزان هدایت الکتریکی ۶/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر، ارقام مورد مطالعه تحمل قابل قبولی به شوری نشان دادند. در شوری‌های بالاتر، رقم ملس ساوه در صفات مرتبط با تحمل به شوری شامل کاهش کم‌تر در ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک برگ، غلظت کلروفیل و مالون‌دی‌آلدئید همراه با میزان کم‌تر نکروزه برگ برتری نشان داد و لذا از نظر صفات مورد ارزیابی در آزمایش نسبت به سایر ارقام از تحمل به شوری بالاتری برخوردار بود.

**واژه‌های کلیدی:** تحمل به شوری، ملس ساوه، خصوصیات مورفولوژیک، پرولین، مالون‌دی‌آلدئید

۱. دانشجوی سابق دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران و استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران  
۲. دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران  
۳. دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران  
۴. استادیار، گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران  
\* نویسنده مسئول Email: bakhshi-d@guilan.ac.ir  
مقاله مستخرج از پایانه نامه دکتری نویسنده اول به راهنمایی داود بخشی می‌باشد.

نسبی و میزان کاهش رشد نسبی (د/د/شی<sup>۱</sup> و همکاران، 2007؛ پرویز و ساتیاواتی، 2008) می‌باشد. همچنین، افزایش اسمولیت‌های سازگار در سلول‌های گیاهی تحت تنش، در جذب آب و حفظ آماس سلولی به جهت متعادل نگه‌داشتن فعالیت‌های متابولیکی سلول نقش تعیین‌کننده دارند (سعیدی‌پور، ۱۳۹۴). شناسایی و انتخاب ارقام متحمل به شوری و کشت آن‌ها در مناطق با آب‌وخاک شور، مؤثرترین راهکار جهت مدیریت شوری می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات شوری آب آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی شش رقم انار ایرانی و شناسایی و معرفی رقم(های) متحمل به شوری جهت استفاده در مناطق با خاک و آب شور طراحی و اجرا گردید.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان با متوسط دمای روزانه ۳۲ و شبانه ۲۵ درجه سانتی‌گراد، نور طبیعی و میزان رطوبت ۵۰ تا ۶۰ درصد در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور شوری در پنج سطح شامل صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم (که به‌ترتیب هدایت الکتریکی ۰/۶۶، ۳/۳۵، ۶/۲۱، ۹/۷۲ و ۱۴/۳۵ دسی‌زیمنس بر متر را دارا بودند) و رقم در شش سطح شامل ارقام انار ملس دانه قرمز اصفهان، ملس یزدی، شیرین شهوار، می‌خوش یزد، ملس ساوه و ملس یوسف‌خانی و با سه تکرار انجام شد. قلمه‌های یک‌ساله ریشه‌دار شده ارقام انار که از لحاظ قطر، سن و اندازه یکسان بودند، در اسفندماه ۱۳۹۳ از ایستگاه‌های تحقیقاتی انار واقع در شهرستان‌های ساوه و یزد تهیه گردید. سپس نهال‌ها در گلدان‌های پلاستیکی ۱۲ کیلویی حاوی ترکیب خاک زراعی، ماسه و کود حیوانی ضد عفونی‌شده توسط بنومیل به نسبت ۲:۱:۱ کاشته شدند (جدول ۱). تهیه تیمارهای آزمایش با آب شهری به‌عنوان تیمار شاهد (با غلظت صفر میلی‌مولار نمک کلریدسدیم) با هدایت الکتریکی ۰/۶۶ دسی‌زیمنس بر متر و غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم (نمک هامر با درجه خلوص ۹۹/۲ درصد) انجام شد (جدول‌های شماره ۲ و ۳ به‌ترتیب خصوصیات کیفی آب و آنالیز نمک مورد استفاده در آزمایش را نشان می‌دهند).

قبل از انتقال گیاهان به گلدان‌های آزمایشی، میزان رطوبت خاک آن‌ها در سطح ظرفیت زراعی (FC) و نقطه پژمردگی دائم (PWP) به کمک دستگاه صفحات فشاری (ساخت شرکت ابزار توسعه سهند تبریز- ایران) جهت مشخص نمودن مقدار آب

انار (*Punica granatum L.*) به‌عنوان یک گیاه اقتصادی خیلی مهم، بومی ایران تا هیمالیا در شمال هند بوده و از دوران باستان در مناطق مدیترانه و قفقاز آسیا کاشت و سازگار شده است (خوتیان-اردکانی<sup>۱</sup> و همکاران، 2010). ایران با دارا بودن حدود ۷۱ هزار هکتار سطح زیر کشت و میزان تولید سالانه یک‌میلیون و ۸۶ هزار تن، مقام اول تولید و صادرات انار را در جهان به خود اختصاص داده است (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۵). انار به‌طور گسترده‌ای در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، مناطقی که اغلب با شوری بالا تحت تأثیر قرار می‌گیرند، کشت می‌شود (نائینی<sup>۲</sup> و همکاران، 2006). اکثر گیاهان شیرین‌رست بوده و نمی‌توانند تنش شوری را تحمل کنند (پرویز و ساتیاواتی<sup>۳</sup>، 2008). در نتیجه شوری تهدیدی واقعی برای کشاورزی است، به‌ویژه در مناطقی که شور شدن ثانویه از طریق آبیاری توسعه یافته است (فلاورز و فلاورز<sup>۴</sup>، 2005). اثرات زیان‌آور شوری بر رشد گیاه، بر روی تمام فرآیندهای عمده مانند فتوسنتز، سنتز پروتئین و متابولیسم چربی و انرژی تأثیر می‌گذارد (پرویز و ساتیاواتی، 2008). نائینی و همکاران (2006) گزارش دادند در ارقام ملس ترش و آلك ترش، افزایش شوری متناسب با غلظت کلریدسدیم، ارتفاع ساقه، طول و تعداد میان‌گره‌ها و سطح برگ را کاهش داد. /براهیم<sup>۵</sup> (2016) با انجام یک آزمایش دوساله در شرایط کشت بدون خاک جهت بررسی اثر شوری کلریدسدیم بر روی رشد دو رقم انار *واندرفول*<sup>۶</sup> و *من‌فالوتی*<sup>۷</sup> گزارش نمود که در غلظت‌های بالای شوری (۱۵۰۰ و ۱۷۵۰ پی‌پی‌ام)، طول ساقه، محتوای کلروفیل و نسبت رشد در رقم *واندرفول* در قیاس با *من‌فالوتی* بیش‌تر بوده و تحمل به شوری بیش‌تری دارد.

اولین پاسخ گیاه به تنش شوری، کاهش میزان گسترش سطح برگ و پس از آن توقف رشد به‌دلیل تنش شدید می‌باشد اما زمانی که تنش از بین می‌رود، رشد ادامه می‌یابد (پرویز و ساتیاواتی، 2008). از طرفی، لزوم به‌کارگیری معیارهای مناسب برای گزینش رقم‌های مقاوم به شوری ضروری است. از جمله پارامترهای زراعی مورد استفاده برای بررسی تحمل به شوری، شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک از قبیل عملکرد، بقای گیاه، ارتفاع گیاه، سطح برگ، میزان آسیب برگ، سرعت رشد

1. Okhovatian-Ardakani
2. Naeini
3. Parvaiz and Satyawati
4. Flowers and Flowers
5. Ibrahim
6. Wounderful
7. Manfalouty

خشک برگ و ریشه نهال‌ها، ابتدا اندام‌های مختلف از هم جدا شدند و بلافاصله وزن‌تر آن‌ها محاسبه شد. سپس به‌منظور تعیین وزن خشک، اندام‌های موردنظر به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها محاسبه گردید (مؤمن‌پور و همکاران، ۱۳۹۴). جهت اندازه‌گیری اندازه برگ، تعداد ۲۰ برگ از هر نهال به‌طور تصادفی جدا گردید و با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج (مدل Delta-T-Scan)، سنجش سطح آن‌ها انجام و سپس میانگین گرفته شد. برای تعیین میزان نکروزه برگ، پس از اندازه‌گیری سطح برگ، قسمت‌های نکروزه برگ با قیچی بریده شد و سطح قسمت نکروزه شده به‌صورت مجزا توسط دستگاه سطح برگ‌سنج اندازه‌گیری گردید. سپس درصد نکروزه برگ از تقسیم سطح نکروزه برگ به سطح کل برگ‌هایی که قسمت نکروزه از آن‌ها جدا شده بود، محاسبه گردید. سنجش میزان کلروفیل نسبی برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (مدل SPAD 502, Minolta, Japan) انجام شد. اندازه‌گیری غلظت پرولین در بافت گیاهان به روش بیتس<sup>۱</sup> (1973)، سنجش پراکسیداسیون لیپیدهای غشا بر اساس غلظت مالون‌دی‌آلدئید تولید شده در اثر آسیب به غشا بر اساس روش بوژ و آست<sup>۲</sup> (1978) و اندازه‌گیری سایر آلدئیدها به روش میرس<sup>۳</sup> و همکاران (1992) انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری فندهای محلول نیز از روش کاشرت<sup>۴</sup> (1987) استفاده گردید. درنهایت، تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS 9.2 و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید.

## نتایج و بحث

### ارتفاع کل گیاه

نتایج تجزیه واریانس حاصل از این پژوهش نشان داد که شوری، رقم و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان ارتفاع گیاه اثر معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) داشت (جدول ۶)، به‌طوری‌که با افزایش غلظت کلریدسدیم، ارتفاع گیاه کاهش یافت. کم‌ترین ارتفاع گیاه مربوط به بالاترین غلظت کلریدسدیم (۱۰۰ میلی‌مولار) بود که باعث کاهش ۲۳ درصدی نسبت به تیمار شاهد گردید. بین ارقام انار نیز تفاوت معنی‌داری از نظر ارتفاع گیاه وجود داشت، به‌طوری‌که کم‌ترین و بیش‌ترین میزان کاهش ارتفاع به‌ترتیب مربوط به ارقام ملس ساوه و شیرین شهوار به‌ترتیب با میانگین ۱۶ و ۳۰ درصد در تیمار با بالاترین غلظت نمک

موردنیاز برای آبیاری آن‌ها تعیین شد. پس از استقرار نهال‌ها و سبز شدن برگ‌ها، تیمارهای مورد نظر اعمال گردید. اعمال تیمارهای شوری به مدت سه ماه تا ظهور علائم ناشی از تنش که شامل کلروز و نکروزه شدن برگ‌ها بود انجام گرفت. برای اعمال تیمار شوری، به‌منظور اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک کلریدسدیم به‌صورت تدریجی صورت گرفت. بدین منظور، به‌غیر از تیمار شاهد، ابتدا گیاهان با تیمار ۲۵ میلی‌مولار، آبیاری شدند و در مراحل بعدی در گیاهانی که باید تیمار شوری بالاتر اعمال می‌گردید، به‌تدریج افزایش غلظت نمک صورت گرفت تا این‌که درنهایت به سطح شوری‌های موردنظر رسانده شد. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آن‌ها و لحاظ نیاز آبتی، انجام گردید. بدین ترتیب که با توجه به وجود زهکش، تیمارهای شوری طوری اعمال گردید که مقدار ۳۰ درصد آب از طریق زهکش گلدان‌ها خارج شود تا از تجمع بیش از حد نمک در گلدان‌ها ممانعت گردد. لذا، در طول دوره سه‌ماهه آزمایش، تیمارهای شاهد ۲۶ مرتبه، تیمارهای با هدایت الکتریکی ۳/۳۵ دسی‌زیمنس بر متر ۲۴ مرتبه، تیمارهای با هدایت الکتریکی ۶/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر ۲۱ مرتبه، تیمارهای با هدایت الکتریکی ۹/۷۲ دسی‌زیمنس بر متر ۱۸ مرتبه و تیمارهای با هدایت الکتریکی ۱۴/۳۵ دسی‌زیمنس بر متر ۱۵ مرتبه اعمال شدند. تعداد دفعات کم‌تر آبیاری در سطوح بالاتر نمک به علت کاهش سرعت رشد گیاهان و کاهش تبخیر و تعرق توسط آن‌ها و وجود نمک بیش‌تر در خاک گلدان‌ها بود. این شرایط باعث حفظ رطوبت به مدت بیش‌تری شده و فاصله زمانی بین دو نوبت آبیاری در این تیمارها را افزایش می‌داد و در نتیجه تعداد دفعات آبیاری در تیمارهای شوری با غلظت‌های بالاتر در طول دوره آزمایش نسبت به گیاهان شاهد، کاهش یافت. هم‌چنین، به‌منظور اطمینان از انجام نیاز آبتی خاک گلدان‌ها، پس از هر مرتبه آبیاری، زه‌آب تعدادی از گلدان‌ها به‌طور تصادفی جمع‌آوری و هدایت الکتریکی و pH آن‌ها اندازه‌گیری شد. درنهایت در پایان آزمایش نیز، نمونه خاک از هر یک از سطوح اعمال تیمار شوری، تهیه و آنالیز گردید (جدول ۴). تفاوت‌هایی که در بین ارقام موردبررسی در زمان شروع اعمال تیمارها مشاهده می‌گردد، به علت اختلاف در سرعت رشدی آن‌ها است و رشد آن‌ها در داخل گلخانه با شرایط کنترل شده، انجام شده است. وضعیت رشدی ارقام مورد مطالعه در زمان شروع اعمال تیمارهای شوری در جدول شماره ۵ آمده است.

در پایان آزمایش و اتمام اعمال تیمارهای شوری، صفات موردنظر در پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفت. ارتفاع کل گیاه توسط متر نواری اندازه‌گیری گردید. به‌منظور سنجش وزن‌تر و

1. Bates  
2. Buege and Aust  
3. Meirs  
4. Kochert

توت‌فرنگی، بیان داشتند که کاهش رشد گیاهان در شرایط تنش شوری، در اثر کاهش جذب آب ناشی از اثر اسمزی، کاهش تغذیه و کاهش در بسیاری از فعالیت‌های متابولیکی می‌باشد (کارلی‌داگ<sup>۶</sup> و همکاران، 2011).

### وزن تر و خشک برگ

نتایج تجزیه واریانس حاصل از این پژوهش نشان داد که شوری، رقم و اثرات متقابل آن‌ها بر وزن تر و خشک برگ اثر معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) داشت (جدول ۶)، به طوری که با افزایش غلظت کلریدسدیم، وزن تر و خشک برگ گیاه کاهش یافت. کم‌ترین وزن تر و خشک برگ‌ها مربوط به بالاترین غلظت کلریدسدیم (۱۰۰ میلی‌مولار) بود که باعث کاهش ۳۲ درصدی وزن تر برگ و کاهش ۴۴ درصدی وزن خشک آن نسبت به تیمار شاهد گردید. بین ارقام انار نیز تفاوت معنی‌داری از نظر وزن تر و خشک برگ وجود داشت، به طوری که کم‌ترین و بیش‌ترین میزان کاهش وزن تر برگ مربوط به ارقام ملس ساوه و ملس یزدی به ترتیب با میانگین ۱۷ و ۳۲ درصد و کم‌ترین و بیش‌ترین میزان کاهش وزن خشک برگ نیز مربوط به همان ارقام ملس ساوه و ملس یزدی به ترتیب با میانگین ۲۳ و ۴۲ درصد در تیمار با بالاترین میزان شوری نسبت به تیمار شاهد اتفاق افتاد (جدول ۷). گریگوریان و همکاران (۱۳۸۱) با بررسی اثر تنش شوری روی دانه‌های ۴ رقم بادام گزارش نمودند که شوری باعث کاهش آهنگ رشد گیاهان گردید و وزن تر و خشک کل گیاهچه، شاخساره و ریشه را در هر چهار رقم کاهش داد و مقدار کاهش در این شاخص‌ها متناسب با غلظت کلریدسدیم در تیمارهای شوری بود. آن‌ها بیان کردند که علت کاهش زیست‌توده، کاهش فتوسنتز در اثر شوری است. با بررسی اثر تنش شوری روی تمشک قرمز مشخص شد که وزن تر و خشک گیاه در اثر تنش شوری کاهش معنی‌داری پیدا کرد و در غلظت‌های ۱۵، ۲۰ و ۳۰ میلی‌مولار کلریدسدیم به ترتیب ۳۴، ۴۵ و ۴۸ درصد کاهش در وزن خشک حاصل گردید (نوکلئوس و واسیلاکاکیس<sup>۷</sup>، 2007) که با نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه سازگاری دارد. سمیت یونی حاصل از افزایش عناصر مضر در تنش شوری در کلیه فعالیت‌های زیستی و متابولیسمی گیاه اختلال ایجاد می‌نماید و اندام هوایی به‌شدت تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش می‌یابد (صفرنژاد و حمیدی، ۱۳۸۷).

کلریدسدیم نسبت به تیمار شاهد اتفاق افتاد (جدول ۷). ارتفاع گیاهان به‌شدت به محیط رشد آن‌ها وابسته می‌باشد. از آنجاکه پدیده رشد، حاصل فعالیت‌های حیاتی در شرایطی است که گیاه بایستی آب کافی در اختیار داشته باشد، در صورت عدم تأمین آب موردنیاز به‌دلیل کاهش فشار تورژسانس سلول‌های در حال رشد و اثر بر طول سلول‌ها، کاهش ارتفاع در گیاه اتفاق می‌افتد. تنش اسمزی، باعث کاهش محتوای آب سلول‌ها می‌شود و طولیل شدن آن‌ها را با مشکل روبرو می‌نماید (مانس و تستر<sup>۱</sup>، 2008). به‌علاوه، از آنجاکه شوری باعث اختلال در جذب عناصر غذایی و برهم زدن تعادل یونی در گیاه می‌گردد، می‌توان کاهش رشد طولی گیاه را به کمبود عناصر غذایی و اختلالات تغذیه‌ای ناشی از شوری نیز نسبت داد (شمس‌الدین سعید و فرحبخش، ۱۳۸۸).

### اندازه برگ

نتایج تجزیه واریانس حاصل از این پژوهش نشان داد که شوری، رقم و اثرات متقابل آن‌ها بر اندازه برگ اثر معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) داشت (جدول ۶)، به طوری که با افزایش غلظت کلریدسدیم، اندازه برگ گیاه کاهش یافت. کم‌ترین میزان اندازه برگ مربوط به بالاترین غلظت کلریدسدیم (۱۰۰ میلی‌مولار) بود که سبب کاهش ۳۰ درصدی نسبت به تیمار شاهد گردید. بین ارقام انار نیز تفاوت معنی‌داری از نظر اندازه برگ وجود داشت، به طوری که کم‌ترین و بیش‌ترین میزان کاهش اندازه برگ به ترتیب مربوط به ارقام ملس دانه قرمز اصفهان و ملس یزدی به ترتیب با میانگین ۱۷ و ۴۸ درصد در تیمار با بالاترین میزان شوری نسبت به تیمار شاهد اتفاق افتاد (جدول ۷). پیامد سریع تنش شوری، کاهش میزان توسعه سطح برگ به موازات افزایش غلظت نمک است (وانگ و نیل<sup>۲</sup>، 2000). کاهش سطح برگ را می‌توان در نتیجه کاهش سرعت گسترش سلول‌ها و یا کاهش سرعت تقسیم سلولی به علت کم شدن آماس سلولی (ولکمار<sup>۳</sup> و همکاران، 1997) بیان نمود. از طرفی، از آنجاکه یکی از بارزترین اثرات کاهش رشد گیاه، کاهش سطح برگ است (گرینوی و مانس<sup>۴</sup>، 1980)، حتی در صورتی که میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ تغییر نکند، میزان رشد به‌دلیل کاهش میزان فتوسنتز در کل گیاه که حاصل کاهش سطح برگ فتوسنتزکننده است، کاهش خواهد یافت (مانس و پسیورا<sup>۵</sup>، 1984). محققین با بررسی تنش شوری بر روی دو رقم

1. Munns and Tester
2. Wang and Nil
3. Volkmar
4. Greenway and Munns
5. Munns and Passioura

6. Karlidag  
7. Neocleous and Vasilakakis

## وزن تر و خشک ریشه

نتایج تجزیه واریانس حاصل از این پژوهش نشان داد که شوری، رقم و اثرات متقابل آن‌ها بر وزن تر و خشک ریشه اثر معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) داشت (جدول ۶)، به طوری که با افزایش غلظت کلریدسدیم، وزن تر و خشک ریشه گیاه کاهش یافت. کم‌ترین وزن تر و خشک ریشه‌ها مربوط به بالاترین غلظت کلریدسدیم (۱۰۰ میلی‌مولار) بود که باعث کاهش ۳۶ درصدی وزن تر ریشه و کاهش ۳۷ درصدی وزن خشک آن نسبت به تیمار شاهد گردید. بین ارقام انار نیز تفاوت معنی‌داری از نظر وزن تر و خشک ریشه وجود داشت، به طوری که کم‌ترین و بیش‌ترین میزان کاهش وزن تر ریشه مربوط به ارقام می‌خوش یزد و شیرین شهوار به ترتیب با میانگین ۲۴ و ۵۷ درصد و کم‌ترین و بیش‌ترین میزان کاهش وزن خشک ریشه نیز مربوط به همان ارقام می‌خوش یزد و شیرین شهوار به ترتیب با میانگین ۲۳ و ۶۰ درصد در تیمار با بالاترین میزان شوری نسبت به تیمار شاهد اتفاق افتاد (جدول ۷). سینگ<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۰) بیان داشتند گیاهانی که ریشه اصلی طولی‌تر و تعداد ریشه‌های جانبی بیش‌تری دارند، نسبت به گیاهانی که این خصوصیت را کمتر دارند، تحمل بیش‌تری به تنش شوری دارند. به‌طور کلی، ارقام مقاوم به خشکی و شوری، نسبت به ارقام حساس، از ریشه‌های حجیم‌تر، طولی‌تر و نسبت بالاتر ریشه به اندام هوایی برخوردار می‌باشند (ویت‌میر و مرباک<sup>۲</sup>، ۲۰۰۵). شاید بتوان کاهش یافتن وزن خشک ریشه را در شوری‌های بالا به اختصاص کربن تولید شده به سایر مسیرهای متابولیک مؤثر در تحمل به تنش مربوط دانست. گزارش گردیده است که در زمان شروع تنش شوری و خشکی، گسترش برگ متوقف می‌شود، درحالی که جذب کربن همچنان در حدود نزدیک به مقادیر نرمال باقی می‌ماند و لذا کربن اضافی تولید شده ممکن است ذخیره شده و برای تنظیم اسمزی به کار رود، یا آن‌که به رشد ریشه اختصاص یابد (امام و زواره، ۱۳۸۴).

## میزان نکرزوه برگ

نتایج تجزیه واریانس این پژوهش نشان داد اگرچه اثرات متقابل شوری و رقم بر میزان نکرزوه برگ معنی‌دار نگردید، اما اثرات ساده هرکدام از آن‌ها معنی‌دار ( $P \leq 0/01$ ) شد (جدول ۶)، به طوری که با افزایش تنش شوری و غلظت کلریدسدیم، میزان نکرزوه برگ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیش‌ترین میزان نکرزوه برگ مربوط به بالاترین غلظت نمک کلریدسدیم (۱۰۰

میلی‌مولار) بود که سبب افزایش ۴ برابری آن نسبت به تیمار شاهد گردید. بین ارقام انار نیز تفاوت معنی‌داری از نظر میزان نکرزوه برگ وجود داشت. در غلظت‌های مختلف کلریدسدیم، کم‌ترین و بیش‌ترین میزان نکرزوه برگ مربوط به ارقام ملس ساوه و ملس یزدی به ترتیب با میانگین ۳/۲۷ و ۶/۰۰ درصد بود (جدول ۸). بررسی اثر شوری بر روی گیاه تمشک قرمز حاکی از آن است که با افزایش سطح شوری، اندازه سطح برگ و درصد برگ‌های سبز کاهش پیدا کرده و یک ماه بعد از آغاز تیمارهای شوری کلریدسدیم، نکرزوه شدن از قسمت نوک برگ‌های پایینی (مسن‌تر) آغاز و تا وسط برگ‌ها پیشروی نموده اما برگ‌های جوان‌تر علائم نکرزوه را نشان ندادند. به‌طور کلی غلظت کلر در بافت‌های گیاهی بیش‌تر از غلظت سدیم بوده و باعث ایجاد صدمه برگ می‌شود و به نظر این محققین انتقال یون‌های کلر به سمت برگ‌ها در زمان تعرق، صدمات ناشی از شوری را در برگ‌های تمشک توجیه می‌کند (نوکلئوس و واسیلاکاکیس، ۲۰۰۷). در بررسی اثر شوری بر روی شش رقم زیتون نیز معلوم شد، ارقامی که مقاومت کم‌تری به شوری دارند با افزایش سطح شوری، علائم مسمومیت نظیر سوختگی نوک برگ، مرگ حاشیه برگ و ریزش آن به علت تجمع زیاد یون‌ها در برگ‌ها (به‌ویژه برگ‌های مسن) ایجاد می‌گردد (چارتزولاکیس<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۲). هم‌چنین در بررسی تحمل به شوری ارقام باغی و وحشی بادام گزارش شده است که با افزایش سطوح شوری علائم سوختگی در حاشیه برگ‌های ارقام بادام باغی به تدریج ظاهر و با حالت پیش‌رونده در طول زمان باعث پژمردگی و در نهایت ریزش کامل آن‌ها می‌گردد (رحمانی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۳).

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاکی مورد استفاده در آزمایش

Table 1: Physical and chemical characteristics of the used soil mixture in the experiment

عنوان	نماد	مقدار	واحد	عنوان	نماد	مقدار	واحد	عنوان	نماد	مقدار	واحد
Title	Symbol	Value	Unit	Title	Symbol	Value	Unit	Title	Symbol	Value	Unit
شن	Sand	31	درصد Percentage	هدایت الکتریکی	EC	2.6	دسی‌زیمنس بر متر dS/m	فسفر قابل جذب	P <sub>av.</sub>	70	پی‌پی‌ام ppm
سیلت	Silt	40	درصد Percentage	نیتروژن	N	0.125	درصد Percentage	پتاسیم قابل جذب	K <sub>av.</sub>	1650	پی‌پی‌ام ppm
رس	Clay	29	درصد Percentage	کربن آلی	O.C	2.48	درصد Percentage	آهن	Fe	41.81	پی‌پی‌ام ppm
بافت خاک	Texture	Clay Loam	لوم رسی	فسفر قابل جذب	P <sub>av.</sub>	70	پی‌پی‌ام ppm	روی	Zn	5.92	پی‌پی‌ام ppm
واکنش خاک	pH	7.4	-	پتاسیم قابل جذب	K <sub>av.</sub>	1650	پی‌پی‌ام ppm	مس	Cu	3.25	پی‌پی‌ام ppm
رطوبت اشباع	S.P	41.10	درصد Percentage	کلسیم محلول	Ca	930	پی‌پی‌ام ppm	منگنز قابل جذب	Mn	21.32	پی‌پی‌ام ppm
رطوبت ظرفیت زراعی	FC	28.60	درصد Percentage	منیزیم	Mg	412	پی‌پی‌ام ppm	سدیم قابل جذب	Na	107.54	پی‌پی‌ام ppm
رطوبت نقطه پژمردگی	PWP	18.10	درصد Percentage	کربنات کلسیم معادل	T.N.V	11.93	درصد Percentage				

جدول ۲: خصوصیات کیفی آب مورد استفاده در آزمایش

Table 2: Qualitative characteristics of the used water in the experiment

کلسیم	منیزیم	بی‌کربنات	سدیم	کلر	واکنش آب	هدایت الکتریکی	نمونه آب با سطوح مختلف کلرید سدیم
(میلی‌گرم در لیتر) Ca (mg/L)	(میلی‌گرم در لیتر) Mg (mg/L)	(میلی‌گرم در لیتر) HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	(میلی‌گرم در لیتر) Na (mg/L)	(میلی‌گرم در لیتر) Cl (mg/L)	Water pH	(دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS/m)	Sample water with the different levels of NaCl
58.2	28	75	27	41	7.4	0.66	شاهد Control
79.1	35	129	498	928	7.5	3.35	۲۵ میلی‌مولار 25 mM
91	43	148	926	1715	7.6	6.21	۵۰ میلی‌مولار 50 mM
112	52	169	1493	2826	7.8	9.72	۷۵ میلی‌مولار 75 mM
143	61	197	2129	3948	8.0	14.35	۱۰۰ میلی‌مولار 100 mM

## کلروفیل (SPAD)

گردید. بین ارقام انار از نظر غلظت پرولین برگ نیز تفاوت معنی داری وجود داشت، به طوری که بیشترین مقدار آن مربوط به رقم ملس یزدی بود که افزایش ۴۶ درصدی نسبت به رقم شیرین شهوار داشت. در غلظت‌های مختلف کلریسدیم، بیشترین غلظت پرولین با میانگین ۰/۸۶۲ میکرومول بر گرم وزن تازه برگ در رقم ملس یزدی و کمترین میزان آن در ارقام شیرین شهوار، ملس دانه قرمز اصفهان و می‌خوش یزد به ترتیب با میانگین ۰/۵۹۲، ۰/۶۴۰ و ۰/۶۶۴ میکرومول بر گرم وزن تازه برگ مشاهده گردید که هر سه رقم از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۸). افزایش میزان پرولین تحت شرایط تنش شوری به این دلیل است که پرولین اسمولیت سازگاری است که اکسیژن‌های آزاد تولیدشده در طول تنش‌های محیطی را حذف و از مولکول‌های بزرگ حفاظت می‌نماید. ماتاکومارسمی<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۰) اظهار نموده‌اند که افزایش در میزان پرولین می‌تواند ناشی از کاهش فعالیت آنزیم پرولین اکسیداز در شرایط شور باشد. تجمع پرولین تحت شرایط تنش، با افزایش میزان پیش‌ماده بیوسنتز پرولین نظیر اسید گلوتامیک، ارونی‌تین و آرژنین در ارتباط می‌باشد (شرف و فولاده، ۲۰۰۷). سینگ<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۰) با مطالعه روی قلمه‌های انگور تحت تنش شوری، در شرایط کشت درون شیشه‌ای دریافتند که با افزایش شوری میزان پرولین افزایش می‌یابد و این ماده در تنظیم پتانسیل اسمزی برگ‌ها نقش دارد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

## مالون‌دی‌آلدئید و سایر آلدئیدها

نتایج تجزیه واریانس این پژوهش نشان داد که شوری، رقم و اثرات متقابل آن‌ها بر غلظت مالون‌دی‌آلدئید برگ اثر معنی داری (P<۰/۰۱) داشت (جدول ۶)، به طوری که با افزایش تنش شوری و غلظت کلریسدیم، غلظت مالون‌دی‌آلدئید (پراکسیداسیون چربی‌ها) برگ به طور معنی داری افزایش یافت. بیشترین غلظت مالون‌دی‌آلدئید مربوط به بالاترین غلظت نمک کلریسدیم (۱۰۰ میلی‌مولار) بود که سبب افزایش ۹۴ درصدی میزان آن نسبت به تیمار شاهد گردید. بین ارقام انار نیز تفاوت معنی داری از نظر غلظت مالون‌دی‌آلدئید برگ وجود داشت، به طوری که بیشترین و کمترین میزان افزایش غلظت آن مربوط به ارقام ملس یزدی و ملس ساوه به ترتیب با میانگین ۱۶۲ و ۵۶ درصد در تیمار با بالاترین میزان شوری نسبت به تیمار شاهد اتفاق افتاد (جدول ۸).

نتایج تجزیه واریانس حاصل از این پژوهش نشان داد که شوری، رقم و اثرات متقابل آن‌ها بر محتوای کلروفیل برگ اثر معنی داری (P<۰/۰۱) داشت (جدول ۶)، به طوری که با افزایش غلظت کلریسدیم، میزان آن به طور معنی داری کاهش یافت. کمترین محتوای کلروفیل برگ مربوط به بالاترین غلظت کلریسدیم (۱۰۰ میلی‌مولار) بود که باعث کاهش ۴۸ درصدی میزان آن نسبت به تیمار شاهد گردید. بین ارقام انار نیز تفاوت معنی داری از نظر محتوای کلروفیل برگ وجود داشت، به طوری که کمترین و بیشترین میزان کاهش کلروفیل برگ مربوط به ارقام ملس ساوه و می‌خوش یزد به ترتیب با میانگین ۴۳ و ۵۳ درصد در تیمار با بالاترین میزان شوری نسبت به تیمار شاهد اتفاق افتاد بود (جدول ۸). با افزایش سطح نمک کلریسدیم، میزان کلروفیل برگ روند کاهشی نشان می‌دهد که بعضی از محققین عقیده دارند این کاهش غلظت کلروفیل برگ‌ها در اثر تنش شوری می‌تواند در ارتباط با افزایش فعالیت آنزیم تجزیه‌کننده کلروفیل باشد (رائو و رائو، ۱۹۸۱). دلیل دیگر کاهش کلروفیل برگ تغییر متابولیسم نیتروژن و استفاده بیش‌تر از گلوتامات (ماده اولیه سنتز پرولین و کلروفیل) در مسیر سنتز پرولین می‌باشد که در تنظیم اسمزی به کار می‌روند (رز-ایبارا و مایتی، ۱۹۹۵). هم‌چنین، کاهش محتوای کلروفیل برگ‌های انار که در شوری بالا پرورش داده می‌شوند ممکن است به دلیل بازدارندگی در جذب، انتقال و یا استفاده یون‌های مغذی منیزیم و نیترات در گیاهان باشد (براهیم، ۲۰۱۶). بررسی‌ها نشان داده که مقدار کلروفیل در ارقام حساس در شرایط شوری مقدار کاهش بیش‌تری نسبت به ارقام مقاوم نشان می‌دهند که این امر با میزان مقاومت ارقام نسبت به تنش شوری مرتبط است (یانس<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۰) و با نتایج این پژوهش نیز هماهنگی دارد.

## پرولین

نتایج تجزیه واریانس این تحقیق نشان داد اگرچه اثرات متقابل شوری و رقم بر غلظت پرولین برگ معنی دار نگردید، اما اثرات ساده آن‌ها معنی دار (P<۰/۰۱) شد (جدول ۶)، به طوری که با افزایش تنش شوری و غلظت کلریسدیم، غلظت پرولین به طور معنی داری افزایش یافت. بیشترین غلظت پرولین برگ مربوط به بالاترین غلظت نمک کلریسدیم (۱۰۰ میلی‌مولار) بود که سبب افزایش ۵۹ درصدی غلظت آن نسبت به تیمار شاهد

4. Muthukumarasamy  
5. Ashraf and Foolad  
6. Singh

1. Rao and Rao  
2. Rosa-Ibarra and Maiti  
3. Younis

سوری و همکاران: اثر تنش شوری بر برخی از شاخص‌های رشدی و خصوصیات...

جدول ۳: آنالیز نمک مورد استفاده در آزمایش

Table 3: Analysis of the used salt in the experiment

نام تجاری Brand	خلوص (درصد) Purity (%)	مواد نامحلول (درصد) Insoluble matter (%)	قلیائیت (درصد) Alkalinity (%)	کلسیم (درصد) Ca (%)	منیزیم (درصد) Mg (%)	سولفات (درصد) SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (%)	مس (پی‌پی‌ام) Cu (ppm)	آهن (پی‌پی‌ام) Fe (ppm)
هامر Hammer	99.2	0.16	0.03	0.15	0.03	0.46	2	10

جدول ۴: میزان شوری و واکنش مخلوط خاک مورد استفاده در گلدان‌ها پس از اعمال تنش شوری

Table 4: EC and pH of soil of the used mixture in pots after applying salinity stress

واکنش خاک Soil pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS/m)	نمونه خاک تیمار شده با سطوح مختلف کلرید سدیم Soil sample treated with different levels of NaCl
7.5	1.45	شاهد Control
7.6	4.15	۲۵ میلی‌مولار 25mM
7.7	7.13	۵۰ میلی‌مولار 50mM
7.9	10.64	۷۵ میلی‌مولار 75mM
8.1	15.25	۱۰۰ میلی‌مولار 100mM

جدول ۵: وضعیت رشد ارقام مورد مطالعه در شروع اعمال تیمار شوری

Table 5: Growth status of cultivars studied at the beginning of salinity treatment

تعداد انشعابات Number of ramification	تعداد برگ Number of leaves	قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	رقم Cultivar
6.66	265.3	17.1	75.0	ملس دانه قرمز اصفهان Malas Dane Ghermez Esfahan
5.66	178.5	16.4	75.0	ملس یزدی Malas Yazdi
5.77	189.7	17.3	75.0	شیرین شهوار Shirin Shahvar
4.85	145.2	16.2	75.0	می‌خوش یزد Meykhosh Yazd
6.45	243.6	18.4	75.0	ملس ساوه Malas Saveh
5.89	215.4	19.1	75.0	ملس یوسف‌خانی Malas Yousofkhani



جدول ۶: نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمار آزمایشی بر شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیکی شش رقم انار

Table 6: The variance analysis of experimental treatment effect on the morphological and physiological indices of six pomegranate cultivars

میانگین مربعات MS						درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V.
وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن تر برگ Leaf fresh weight	اندازه برگ Leaf size	ارتفاع گیاه Plant height		
0.332**	1.21**	0.277**	1.081**	0.022 <sup>ns</sup>	15.01 <sup>ns</sup>	2	بلوک Block
59.71**	305.0**	5.497**	17.94**	6.87**	2032**	4	شوری Salinity
76.39**	261.0**	1.345**	12.08**	4.34**	2992**	5	رقم Cultivar
2.11**	7.76**	0.097**	0.486**	0.35**	22.36**	20	شوری × رقم Salinity × Cultivar
0.0002	0.0003	0.0001	0.0005	0.008	10.06	58	خطا Error

\*\*\*، \* و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱ و ۵ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار

\*\*\*, \* and ns: significant at 0.01 and 0.05 probability levels and no significant respectively

ادامه جدول ۶: نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمار آزمایشی بر شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیکی شش رقم انار

Table 6 Continued: The variance analysis of experimental treatment effect on the morphological and physiological indices of six pomegranate Cultivars

میانگین مربعات MS						درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V.
قندهای محلول Soluble sugars	سایر آلدئیدها Other aldehydes	مالون‌دی‌آلدئید Malondialdehyde	پرولین Proline	کلروفیل SPAD	نکروزه برگ Leaf necrosis		
226.9**	0.00005**	0.392**	0.013 <sup>ns</sup>	0.603 <sup>ns</sup>	0.93 <sup>ns</sup>	2	بلوک Block
1719.3**	0.00049**	9.859**	0.278**	767.4**	101**	4	شوری Salinity
2500.5**	0.00006**	2.487**	0.135**	248.2**	13.6**	5	رقم Cultivar
28.60**	0.00001 <sup>ns</sup>	0.168**	0.005 <sup>ns</sup>	8.91**	0.46 <sup>ns</sup>	20	شوری × رقم Salinity × Cultivar
1.26	0.000007	0.0037	0.009	0.690	0.37	58	خطا Error

\*\*\*، \* و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱ و ۵ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار

\*\*\*, \* and ns: significant at 0.01 and 0.05 probability levels and no significant respectively

به طوری که بیشترین غلظت آنها مربوط به رقم ملس ساوه بود که افزایش ۳۱ درصدی نسبت به ارقام ملس دانه قرمز اصفهان و شیرین شهوار داشت. در غلظت‌های مختلف کلریدسديم، بیشترین غلظت سایر آلدئیدها در رقم ملس ساوه با میانگین ۰/۰۲۱ میکرومول بر گرم وزن تازه برگ و کمترین غلظت آنها در ارقام ملس دانه قرمز اصفهان و شیرین شهوار با میانگین ۰/۰۱۶ و می‌خوش یزد و ملس یوسف‌خانی با میانگین ۰/۰۱۸ میکرومول بر گرم وزن تازه برگ مشاهده گردید که هر چهار رقم از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۸).

در مورد سایر آلدئیدها (پروپانال، بوتانال، هگزانال، هپتانال و پروپانال‌دی‌متیل‌استال)، نتایج تجزیه واریانس نشان داد اگرچه اثرات متقابل شوری و رقم بر غلظت سایر آلدئیدها معنی‌دار نگردید، اما اثرات ساده آنها معنی‌دار (P ≤ ۰/۰۱) شد (جدول ۶)، به طوری که با افزایش تنش شوری و غلظت کلریدسديم، میزان سایر آلدئیدها به طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین غلظت سایر آلدئیدها مربوط به بالاترین غلظت نمک کلریدسديم (۱۰۰ میلی‌مولار) بود که سبب افزایش ۲/۲۵ برابری میزان آن نسبت به تیمار شاهد گردید. بین ارقام انار از نظر غلظت سایر آلدئیدها نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت،

جدول ۷: مقایسه میانگین شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی شش رقم انار در سطوح مختلف شوری

Table 7: Mean comparison of morphological and physiological indices of six pomegranate Cultivars at different salinity levels

وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g)	وزن تر ریشه (گرم) Root fresh weight (g)	وزن خشک برگ (گرم) Leaf dry weight (g)	وزن تر برگ (گرم) Leaf fresh weight (g)	اندازه برگ (سانتی‌متر مربع) Leaf size (cm <sup>2</sup> )	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	شوری (میلی‌مولار کلرید سدیم) Salinity (mMolar NaCl)	رقم Cultivar
11.49 <sup>k</sup>	24.00 <sup>j</sup>	4.54 <sup>e</sup>	10.48 <sup>e</sup>	4.38 <sup>h-j</sup>	108.0 <sup>e-i</sup>	0	C <sub>1</sub>
10.97 <sup>n</sup>	22.71 <sup>l</sup>	3.92 <sup>k</sup>	9.28 <sup>k</sup>	4.27 <sup>j</sup>	105.7 <sup>f-j</sup>	25	
10.25 <sup>s</sup>	20.70 <sup>q</sup>	3.66 <sup>p</sup>	8.80 <sup>n</sup>	4.23 <sup>j</sup>	102.7 <sup>h-k</sup>	50	
9.35 <sup>t</sup>	18.10 <sup>v</sup>	3.56 <sup>q</sup>	8.70 <sup>o</sup>	3.87 <sup>kl</sup>	93.0 <sup>mn</sup>	75	
8.36 <sup>x</sup>	16.80 <sup>y</sup>	3.36 <sup>v</sup>	8.42 <sup>qr</sup>	3.64 <sup>mm</sup>	85.7 <sup>op</sup>	100	
10.08 <sup>D</sup>	20.46 <sup>D</sup>	3.81 <sup>C</sup>	9.14 <sup>C</sup>	4.08 <sup>D</sup>	99.00 <sup>B</sup>	میانگین Mean	
12.97 <sup>f</sup>	27.10 <sup>f</sup>	4.63 <sup>c</sup>	9.96 <sup>f</sup>	5.23 <sup>c</sup>	101.67 <sup>j-l</sup>	0	C <sub>2</sub>
11.73 <sup>i</sup>	24.30 <sup>i</sup>	3.84 <sup>n</sup>	8.31 <sup>s</sup>	4.27 <sup>j</sup>	99.33 <sup>kl</sup>	25	
11.35 <sup>l</sup>	22.37 <sup>m</sup>	3.10 <sup>x</sup>	6.80 <sup>v</sup>	3.73 <sup>lm</sup>	96.67 <sup>lm</sup>	50	
10.47 <sup>p</sup>	20.16 <sup>r</sup>	2.95 <sup>z</sup>	6.76 <sup>w</sup>	3.14 <sup>o</sup>	90.00 <sup>no</sup>	75	
8.27 <sup>y</sup>	16.70 <sup>z</sup>	2.69 <sup>a</sup>	6.75 <sup>w</sup>	2.73 <sup>p</sup>	77.00 <sup>a</sup>	100	
10.96 <sup>C</sup>	22.13 <sup>C</sup>	3.44 <sup>F</sup>	7.71 <sup>F</sup>	3.82 <sup>E</sup>	92.93 <sup>C</sup>	میانگین Mean	
12.08 <sup>h</sup>	24.80 <sup>h</sup>	4.21 <sup>h</sup>	9.56 <sup>i</sup>	4.76 <sup>de</sup>	112.7 <sup>de</sup>	0	C <sub>3</sub>
10.32 <sup>q</sup>	21.06 <sup>p</sup>	3.85 <sup>m</sup>	9.03 <sup>l</sup>	4.46 <sup>g-i</sup>	109.3 <sup>ef</sup>	25	
8.83 <sup>w</sup>	17.47 <sup>w</sup>	3.71 <sup>o</sup>	8.81 <sup>n</sup>	4.27 <sup>j</sup>	102.3 <sup>i-k</sup>	50	
6.67 <sup>z2*</sup>	14.03 <sup>z2*</sup>	3.45 <sup>t</sup>	8.60 <sup>p</sup>	3.73 <sup>lm</sup>	90.3 <sup>no</sup>	75	
4.87 <sup>z3*</sup>	10.71 <sup>z3*</sup>	3.03 <sup>y</sup>	7.65 <sup>u</sup>	3.57 <sup>n</sup>	79.3 <sup>q</sup>	100	
8.55 <sup>F</sup>	17.61 <sup>F</sup>	3.65 <sup>E</sup>	8.73 <sup>E</sup>	4.16 <sup>C</sup>	98.80 <sup>B</sup>	میانگین Mean	
10.29 <sup>f</sup>	21.62 <sup>o</sup>	5.14 <sup>a</sup>	11.92 <sup>a</sup>	5.71 <sup>b</sup>	109.0 <sup>e-g</sup>	0	C <sub>4</sub>
9.22 <sup>v</sup>	19.21 <sup>t</sup>	4.57 <sup>d</sup>	10.75 <sup>c</sup>	5.66 <sup>b</sup>	105.3 <sup>f-j</sup>	25	
8.37 <sup>x</sup>	16.93 <sup>x</sup>	3.98 <sup>j</sup>	9.67 <sup>h</sup>	4.85 <sup>d</sup>	103.3 <sup>g-k</sup>	50	
8.13 <sup>z</sup>	16.71 <sup>z</sup>	3.73 <sup>o</sup>	9.28 <sup>k</sup>	4.69 <sup>ef</sup>	88.3 <sup>no</sup>	75	
7.88 <sup>z1*</sup>	16.37 <sup>z1*</sup>	3.49 <sup>s</sup>	8.89 <sup>m</sup>	4.43 <sup>e-i</sup>	80.7 <sup>pq</sup>	100	
8.78 <sup>E</sup>	18.17 <sup>E</sup>	4.18 <sup>B</sup>	10.10 <sup>A</sup>	5.07 <sup>A</sup>	97.32 <sup>B</sup>	میانگین Mean	
14.35 <sup>p</sup>	30.87 <sup>c</sup>	4.29 <sup>g</sup>	9.92 <sup>g</sup>	5.34 <sup>c</sup>	132.0 <sup>ab</sup>	0	C <sub>5</sub>
12.78 <sup>m-o</sup>	26.13 <sup>g</sup>	3.99 <sup>j</sup>	9.30 <sup>k</sup>	4.56 <sup>g</sup>	129.0 <sup>bc</sup>	25	
11.64 <sup>op</sup>	23.70 <sup>k</sup>	3.66 <sup>p</sup>	8.61 <sup>p</sup>	4.52 <sup>gh</sup>	126.0 <sup>c</sup>	50	
11.15 <sup>ij</sup>	21.87 <sup>n</sup>	3.52 <sup>r</sup>	8.41 <sup>r</sup>	4.32 <sup>ij</sup>	124.7 <sup>c</sup>	75	
9.25 <sup>jk</sup>	18.23 <sup>u</sup>	3.31 <sup>w</sup>	8.25 <sup>t</sup>	3.93 <sup>k</sup>	110.7 <sup>ef</sup>	100	
11.84 <sup>B</sup>	24.16 <sup>B</sup>	3.75 <sup>D</sup>	8.90 <sup>D</sup>	4.53 <sup>B</sup>	124.5 <sup>A</sup>	میانگین Mean	
17.15 <sup>a</sup>	35.16 <sup>a</sup>	5.06 <sup>b</sup>	11.83 <sup>b</sup>	5.88 <sup>a</sup>	136.3 <sup>a</sup>	0	C <sub>6</sub>
15.47 <sup>b</sup>	31.55 <sup>b</sup>	4.46 <sup>f</sup>	10.65 <sup>d</sup>	5.74 <sup>ab</sup>	130.0 <sup>bc</sup>	25	
15.17 <sup>c</sup>	29.51 <sup>d</sup>	4.14 <sup>i</sup>	9.92 <sup>g</sup>	5.74 <sup>ab</sup>	126.0 <sup>c</sup>	50	
14.84 <sup>d</sup>	27.63 <sup>e</sup>	3.91 <sup>l</sup>	9.45 <sup>i</sup>	4.58 <sup>g</sup>	117.3 <sup>d</sup>	75	
10.55 <sup>o</sup>	20.11 <sup>s</sup>	3.43 <sup>u</sup>	8.45 <sup>q</sup>	3.62 <sup>mm</sup>	108.3 <sup>e-h</sup>	100	
14.64 <sup>A</sup>	28.79 <sup>A</sup>	4.20 <sup>A</sup>	10.06 <sup>B</sup>	5.11 <sup>A</sup>	123.6 <sup>A</sup>	میانگین Mean	

اعداد در هر ردیف یا ستون که در یک حرف لاتین مشترک می‌باشند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند  
The numbers in each row or column, which they are at least common in a Latin alphabet, are not statistically different from the Duncan test at 5% level

C<sub>1</sub>: ملس دانه قرمز اصفهان، C<sub>2</sub>: ملس یزدی، C<sub>3</sub>: شیرین شهوار، C<sub>4</sub>: می‌خوش یزد، C<sub>5</sub>: ملس ساوه، C<sub>6</sub>: ملس یوسف‌خانی

C<sub>1</sub>: Malas Dane Ghermez Esfahan, C<sub>2</sub>: Malas Yazdi, C<sub>3</sub>: Shirin Shahvar, C<sub>4</sub>: Meykhosh Yazd, C<sub>5</sub>: Malas Saveh, C<sub>6</sub>: Malas Yousofkhani

\*: اعداد مشخص شده با حروف لاتین Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub> و Z<sub>3</sub> از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار دارند

\*: The numbers marked with Latin letters z<sub>1</sub>, z<sub>2</sub> and z<sub>3</sub> are statistically different from the Duncan test at 5% level

جدول ۸: مقایسه میانگین شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی شش رقم انار در سطوح مختلف شوری

Table 8: Mean comparison of morphological and physiological indices of six pomegranate Cultivars at different salinity levels

رقم Cultivar	شوری (میلی مولار کلرید سدیم) Salinity (mMolar NaCl)	نکروزه برگ (درصد) Leaf necrosis (%)	کلروفیل SPAD	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر) Proline ( $\mu\text{mol/g FW}$ )	مالون‌دی‌آلدئید (میکرومول بر گرم وزن تر) Malondialdehyde ( $\mu\text{mol/g FW}$ )	سایر آلدئیدها (میکرومول بر گرم وزن تر) Other aldehydes ( $\mu\text{mol/g FW}$ )	قندهای محلول (میکروگرم بر گرم وزن خشک) Soluble sugars ( $\mu\text{g/gDW}$ )
C <sub>1</sub>	0	2.33 <sup>k-n</sup>	30.70 <sup>e</sup>	0.497 <sup>kl</sup>	1.663 <sup>o</sup>	0.010 <sup>f</sup>	39.23 <sup>p</sup>
	25	3.33 <sup>h-k</sup>	28.39 <sup>f</sup>	0.613 <sup>f-k</sup>	2.043 <sup>lm</sup>	0.010 <sup>f</sup>	50.30 <sup>kl</sup>
	50	4.33 <sup>f-h</sup>	26.91 <sup>gh</sup>	0.639 <sup>f-k</sup>	2.460 <sup>k</sup>	0.020 <sup>cd</sup>	59.40 <sup>h</sup>
	75	6.33 <sup>cd</sup>	23.33 <sup>i</sup>	0.683 <sup>d-j</sup>	2.777 <sup>i</sup>	0.020 <sup>cd</sup>	66.70 <sup>f</sup>
	100	9.33 <sup>a</sup>	16.31 <sup>n</sup>	0.768 <sup>c-f</sup>	3.040 <sup>h</sup>	0.020 <sup>cd</sup>	69.20 <sup>e</sup>
	میانگین Mean	5.13 <sup>B</sup>	25.13 <sup>C</sup>	0.64 <sup>CD</sup>	2.397 <sup>E</sup>	0.016 <sup>C</sup>	56.97 <sup>C</sup>
C <sub>2</sub>	0	3.33 <sup>h-k</sup>	32.09 <sup>de</sup>	0.661 <sup>e-k</sup>	1.830 <sup>n</sup>	0.010 <sup>f</sup>	31.57 <sup>r</sup>
	25	4.33 <sup>f-h</sup>	23.59 <sup>i</sup>	0.721 <sup>d-i</sup>	2.537 <sup>k</sup>	0.017 <sup>de</sup>	35.23 <sup>q</sup>
	50	5.33 <sup>d-f</sup>	21.67 <sup>jk</sup>	0.826 <sup>b-e</sup>	3.440 <sup>f</sup>	0.020 <sup>cd</sup>	37.92 <sup>p</sup>
	75	7.33 <sup>bc</sup>	18.90 <sup>m</sup>	0.987 <sup>ab</sup>	3.987 <sup>c</sup>	0.020 <sup>cd</sup>	41.23 <sup>o</sup>
	100	9.67 <sup>a</sup>	15.79 <sup>n</sup>	1.116 <sup>a</sup>	4.793 <sup>a</sup>	0.027 <sup>ab</sup>	49.50 <sup>lm</sup>
	میانگین Mean	6.00 <sup>A</sup>	22.41 <sup>D</sup>	0.862 <sup>A</sup>	3.317 <sup>A</sup>	0.019 <sup>B</sup>	39.09 <sup>F</sup>
C <sub>3</sub>	0	2.00 <sup>l-o</sup>	32.02 <sup>de</sup>	0.432 <sup>l</sup>	1.987 <sup>m</sup>	0.010 <sup>f</sup>	34.97 <sup>q</sup>
	25	3.00 <sup>j-l</sup>	28.17 <sup>fg</sup>	0.547 <sup>i-l</sup>	2.460 <sup>k</sup>	0.010 <sup>f</sup>	37.63 <sup>p</sup>
	50	4.00 <sup>g-i</sup>	26.27 <sup>h</sup>	0.607 <sup>f-l</sup>	2.770 <sup>i</sup>	0.020 <sup>cd</sup>	48.23 <sup>m</sup>
	75	5.67 <sup>de</sup>	21.16 <sup>kl</sup>	0.664 <sup>e-k</sup>	3.347 <sup>fg</sup>	0.020 <sup>cd</sup>	57.53 <sup>i</sup>
	100	8.00 <sup>b</sup>	16.89 <sup>n</sup>	0.709 <sup>d-j</sup>	3.970 <sup>c</sup>	0.020 <sup>cd</sup>	60.37 <sup>h</sup>
	میانگین Mean	4.53 <sup>C</sup>	24.90 <sup>C</sup>	0.592 <sup>D</sup>	2.907 <sup>C</sup>	0.016 <sup>C</sup>	47.75 <sup>D</sup>
C <sub>4</sub>	0	1.67 <sup>m-o</sup>	33.07 <sup>d</sup>	0.552 <sup>h-l</sup>	1.733 <sup>no</sup>	0.010 <sup>f</sup>	34.63 <sup>q</sup>
	25	2.67 <sup>j-m</sup>	32.07 <sup>de</sup>	0.607 <sup>f-l</sup>	2.077 <sup>lm</sup>	0.017 <sup>de</sup>	38.53 <sup>p</sup>
	50	3.67 <sup>h-j</sup>	28.52 <sup>f</sup>	0.657 <sup>e-k</sup>	2.513 <sup>k</sup>	0.020 <sup>cd</sup>	42.37 <sup>n</sup>
	75	5.67 <sup>de</sup>	20.01 <sup>lm</sup>	0.732 <sup>d-h</sup>	2.810 <sup>i</sup>	0.020 <sup>cd</sup>	46.23 <sup>n</sup>
	100	8.00 <sup>b</sup>	15.63 <sup>n</sup>	0.770 <sup>c-f</sup>	3.273 <sup>e</sup>	0.023 <sup>bc</sup>	52.03 <sup>jk</sup>
	میانگین Mean	4.33 <sup>CD</sup>	25.86 <sup>B</sup>	0.664 <sup>CD</sup>	2.481 <sup>D</sup>	0.018 <sup>BC</sup>	42.76 <sup>E</sup>
C <sub>5</sub>	0	1.00 <sup>o</sup>	40.80 <sup>b</sup>	0.568 <sup>g-l</sup>	2.647 <sup>j</sup>	0.013 <sup>ef</sup>	57.43 <sup>i</sup>
	25	2.00 <sup>j-o</sup>	35.49 <sup>c</sup>	0.650 <sup>e-k</sup>	2.960 <sup>h</sup>	0.020 <sup>cd</sup>	65.87 <sup>fg</sup>
	50	3.33 <sup>h-k</sup>	31.99 <sup>de</sup>	0.715 <sup>d-i</sup>	3.350 <sup>fg</sup>	0.020 <sup>cd</sup>	70.20 <sup>e</sup>
	75	4.33 <sup>f-h</sup>	28.32 <sup>fg</sup>	0.835 <sup>b-e</sup>	3.667 <sup>d</sup>	0.023 <sup>bc</sup>	77.80 <sup>c</sup>
	100	5.67 <sup>de</sup>	23.06 <sup>ij</sup>	0.923 <sup>b-c</sup>	4.133 <sup>b</sup>	0.030 <sup>a</sup>	84.70 <sup>a</sup>
	میانگین Mean	3.27 <sup>E</sup>	31.93 <sup>A</sup>	0.738 <sup>B</sup>	3.351 <sup>A</sup>	0.021 <sup>A</sup>	71.20 <sup>A</sup>
C <sub>6</sub>	0	1.33 <sup>no</sup>	43.16 <sup>a</sup>	0.532 <sup>j-l</sup>	2.10 <sup>l</sup>	0.010 <sup>f</sup>	53.10 <sup>j</sup>
	25	2.33 <sup>k-n</sup>	36.00 <sup>c</sup>	0.609 <sup>f-l</sup>	2.57 <sup>jk</sup>	0.017 <sup>de</sup>	56.77 <sup>i</sup>
	50	4.00 <sup>g-i</sup>	31.31 <sup>e</sup>	0.669 <sup>e-k</sup>	3.02 <sup>h</sup>	0.020 <sup>cd</sup>	64.27 <sup>g</sup>
	75	5.00 <sup>e-g</sup>	28.67 <sup>f</sup>	0.745 <sup>d-g</sup>	3.55 <sup>e</sup>	0.020 <sup>cd</sup>	74.90 <sup>d</sup>
	100	7.00 <sup>bc</sup>	22.39 <sup>jk</sup>	0.857 <sup>b-d</sup>	4.04 <sup>bc</sup>	0.023 <sup>bc</sup>	80.37 <sup>b</sup>
	میانگین Mean	3.93 <sup>D</sup>	32.30 <sup>A</sup>	0.682 <sup>BC</sup>	3.056 <sup>B</sup>	0.018 <sup>BC</sup>	65.88 <sup>B</sup>

اعداد در هر ردیف یا ستون که در یک حرف لاتین مشترک می‌باشند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

The numbers in each row or column, which they are at least common in a Latin alphabet, are not statistically different from the Duncan test at 5% level

C<sub>1</sub>: ملس دانه قرمز اصفهان، C<sub>2</sub>: ملس یزدی، C<sub>3</sub>: شیرین شهوار، C<sub>4</sub>: می خوش یزد، C<sub>5</sub>: ملس ساوه، C<sub>6</sub>: ملس یوسف‌خانی

C<sub>1</sub>: Malas Dane Ghermez Esfahan, C<sub>2</sub>: Malas Yazdi, C<sub>3</sub>: Shirin Shahvar, C<sub>4</sub>: Meykhosh Yazd, C<sub>5</sub>: Malas Saveh, C<sub>6</sub>: Malas Yousofkhani

این مواد به‌عنوان شاخصی برای اندازه‌گیری مقدار پراکسیداسیون چربی‌ها تحت عنوان شاخص افزایش تنش اکسیداتیو در نظر گرفته می‌شوند (مومنی و همکاران، ۱۳۹۱؛

رادیکال‌های سوپراکسید تولیدشده ناشی از تنش شوری سبب پراکسیداسیون چربی‌های غشا می‌شوند که نتیجه آن، تولید ترکیباتی مثل مالون‌دی‌آلدئید و سایر آلدئیدها می‌باشد.

سلول‌ها و تنظیم اسمزی می‌شود (بارتلس و سانکار، ۲۰۰۵). کاهش مصرف قند نیز عامل دیگری برای افزایش غلظت قند در سلول می‌باشد (حق و خان، ۱۹۷۱). پژوهشگران همچنین افزایش قند را در گیاهان تحت تنش شوری به دلیل تأثیر این تنش بر کاهش قدرت انتقال آوندهای آبکش و یا تقلیل در مصرف اندام‌های مصرف‌کننده گزارش نموده‌اند (نیمان و کلارک، ۱۹۷۳). بنابراین، تغییرات قندهای محلول و فروکتان‌ها می‌تواند شاخص حساس و مناسبی جهت ارزیابی تحمل به شوری و یا خشکی جهت گزینش بین ارقام باشد (کرپسی و گالیا، ۲۰۰۰). بدین ترتیب، رقم‌هایی که تحت تنش، میزان قند محلول بیش‌تری از خود نشان می‌دهند، می‌توانند پایداری بالاتری در برابر تنش داشته باشند.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش شوری، ارتفاع گیاه، اندازه برگ، وزن تر و خشک برگ و ریشه و میزان کلروفیل گیاهان کاهش پیدا کرد، اما درصد نکروزه برگ، غلظت پرولین، مالون‌دی‌آلدئید، سایر آلدئیدها و قندهای محلول افزایش یافت. همچنین، یافته‌های پژوهش مشخص نمود که در شرایط شوری تا میزان هدایت الکتریکی ۶/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر، اکثر ارقام مورد مطالعه از نظر صفات مرتبط با مقاومت به تنش شوری در این آزمایش، تحمل قابل قبولی نشان دادند. در شوری‌های بالاتر، رقم ملس ساوه در صفات مرتبط با تحمل به شوری شامل کاهش کم‌تر در ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک برگ، غلظت کلروفیل و مالون‌دی‌آلدئید همراه با میزان کم‌تر نکروزه برگ برتری نشان داد و لذا از نظر صفات مورد ارزیابی در این آزمایش نسبت به سایر ارقام از تحمل به شوری بالاتری برخوردار بود. همچنین در این شرایط رقم ملس دانه قرمز اصفهان از نظر صفاتی مانند کاهش کم‌تر در اندازه برگ و غلظت سایر آلدئیدها و افزایش بیش‌تر در غلظت قندهای محلول از خود برتری نشان داد، درحالی‌که رقم می‌خوش یزد از نظر کاهش کم‌تر در وزن تر و خشک ریشه و رقم ملس یزدی نیز فقط از نظر غلظت پرولین نسبت به سایر ارقام برتر بودند. در این پژوهش از نظر تحمل به شوری بر اساس صفات مورد بررسی که شامل برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک بود، رقم ملس ساوه تا هدایت الکتریکی ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر، ارقام ملس دانه قرمز اصفهان، می‌خوش یزد و ملس یوسف‌خانی تا هدایت الکتریکی ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و ارقام

داش‌آقا و همکاران، ۱۳۹۳؛ لوژا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۵). در شرایط تنش شوری، پراکسیداسیون سبب تجزیه اسیدهای چرب غیراشباع غشا سلولی و کاهش شاخص پایداری غشا و نشت الکترولیت‌ها می‌گردد (سایرام و سریواستاوا<sup>۲</sup>، ۲۰۰۲) که نتیجه آن، تولید مالون‌دی‌آلدئید و سایر آلدئیدها می‌باشد. روند تولید این ترکیبات با افزایش پراکسیداسیون چربی‌های غشا ادامه می‌یابد و تداوم این وضعیت موجب از هم گسیختگی ساختار غشا و خروج آب و یون‌ها از سلول می‌شود و تداوم تنش منجر به مرگ سلول می‌گردد (لئول و ژوو<sup>۳</sup>، ۱۹۹۹). بنابراین می‌توان گفت رقم‌هایی که تحت تنش، میزان مالون‌دی‌آلدئید و سایر آلدئیدهای کم‌تری تولید می‌نمایند از تحمل به تنش بیش‌تری برخوردار می‌باشند. افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها (تولید مالون‌دی‌آلدئید و سایر آلدئیدها) در شرایط تنش شوری در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (مؤمنی و همکاران، ۱۳۹۱؛ داش‌آقا و همکاران، ۱۳۹۳؛ وانگ<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۹) که با نتایج این پژوهش هماهنگ است.

### قندهای محلول

نتایج تجزیه واریانس این پژوهش نشان داد که شوری، رقم و اثرات متقابل آنها بر میزان قندهای محلول برگ اثر معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) داشت (جدول ۶)، به‌طوری‌که با افزایش تنش شوری و غلظت کلریدسديم، میزان قندهای محلول برگ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیش‌ترین میزان قندهای محلول برگ مربوط به بالاترین غلظت نمک کلریدسديم (۱۰۰ میلی‌مولار) بود که سبب افزایش ۵۸ درصدی نسبت به تیمار شاهد گردید. بین ارقام از نظر غلظت قندهای محلول برگ نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بیش‌ترین میزان افزایش قندهای محلول مربوط به رقم ملس دانه قرمز اصفهان با میانگین ۷۶ درصد و کم‌ترین میزان افزایش قندهای محلول مربوط به رقم ملس ساوه با میانگین ۴۷ درصد در تیمار با بالاترین میزان شوری نسبت به تیمار شاهد اتفاق افتاد (جدول ۸). پس از اعمال تنش شوری، فعالیت آنزیم ساکارز فسفاتاز سنتاز افزایش می‌یابد که افزایش قندهای محلول ممکن است نتیجه افزایش این آنزیم باشد (نورانی‌آزاد و حاجی‌باقری، ۱۳۸۷). در بیش‌تر درختان میوه در اثر تنش‌های شوری و خشکی، تخریب و هیدرولیز مولکول‌های درشت‌تر نظیر نشاسته و تبدیل آن‌ها به ترکیبات قندی نظیر ساکارز و بعد به مولکول‌های کوچک‌تری مانند گلوکز و فروکتوز باعث منفی‌تر شدن پتانسیل آب در

5. Bartles and Sunkar  
6. Haq and Khan  
7. Nieman and Clarc

1. Llusia  
2. Sairam and Srivastava  
3. Leul and Zhou  
4. Wang

به آن در گروه بالاتری قرار بگیرند که در این آزمایش، این وضعیت در مورد ارقام ملس یوسف‌خانی و شیرین شهوار نسبت به ملس یزدی صادق بود. بنابراین، با توجه به این نکات و بر اساس یافته‌های به‌دست‌آمده از صفات ارزیابی‌شده در این مطالعه می‌توان نتیجه‌گیری نمود که وجود برتری در بیش‌تر صفات در رقم ملس ساوه ضمن وضعیت مناسب از نظر صفاتی که برتری در آن‌ها نداشت، دلالت بر این دارد که این رقم نسبت به سایر ارقام ارزیابی‌شده از نظر صفات مورد مطالعه در این پژوهش از تحمل به شوری بالاتری برخوردار است. بر همین اساس و بر پایه صفات مورد بررسی در این پژوهش از نظر تحمل به شوری پس از ملس ساوه، به‌ترتیب ارقام ملس دانه قرمز اصفهان، می‌خوش یزد، ملس یوسف‌خانی، شیرین شهوار و ملس یزدی قرار گرفتند.

شیرین شهوار و ملس یزدی تا هدایت الکتریکی ۶ دسی‌زیمنس بر متر تحمل نسبی نشان دادند. آنچه از این آزمایش و تحقیقات مشابه قابل استنباط می‌باشد آن است که تحمل به شوری تابعی از فعالیت یک اندام یا یک صفت گیاهی نمی‌باشد، بلکه برآیندی از بیش‌تر صفات مهم گیاهی از قبیل صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی است که در ایجاد مقاومت به تنش شوری مؤثر هستند. لذا رقمی که در بیش‌تر صفات مرتبط با تحمل به شوری برتری نشان دهد، می‌تواند برای شرایط تنش مناسب باشد. نکته دیگر آن است که برتری در یک یا چند صفت گیاهی مرتبط با تحمل به شوری مانند آنچه که در رقم ملس یزدی در این آزمایش مشاهده می‌شود نمی‌تواند بیانگر برتری آن نسبت به ارقامی باشد که در هیچ صفتی برتر نیستند، زیرا ارقام می‌توانند با تحمل نسبی در صفات مختلف مرتبط با تحمل به شوری نسبت

## منابع

- احمدی، ک.، قلی‌زاده، ح.، عبادزاده، ح.، حاتمی، ف.، حسین‌پور، ر.، کاظمی‌فرد، ر. و عبدشاه، ه. ۱۳۹۵. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۴ (جلد سوم: محصولات باغبانی). انتشارات وزارت جهاد کشاورزی، تهران. ۲۴۰ صفحه.
- امام، ی. و زواره، م. ۱۳۸۴. تحمل خشکی در گیاهان عالی (تحلیل‌های ژنتیکی، فیزیولوژیکی و زیست‌شناختی مولکولی). (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی، تهران. ۱۹۴ صفحه.
- داش‌آقا، ز.، مظاهری تیرانی، م. و قاسمی خوراسگانی، م. ۱۳۹۳. اثر سالیسیلیک اسید بر برخی پارامترهای رشد و بیوشیمیایی گیاه گندم و ذرت تحت تنش شوری در شرایط آزمایشگاهی. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۴ (۱۱): ۲۰۷-۲۱۵.
- سعیدی‌پور، س. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر تنش شوری بر پتانسیل اسمزی، میزان غلظت قندها و پروتئین‌های محلول در رقم‌های مختلف برنج در مرحله گیاهچه‌ای. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی، ۲۸ (۴): ۱-۸.
- شمس‌الدین سعید، م. و فرحبخش، ح. ۱۳۸۸. اثر تنش شوری بر عملکرد و برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک دو هیبرید ذرت در منطقه کرمان. مجله تولیدات گیاهی، ۳۲ (۱): ۱۳-۲۵.
- صفرنژاد، ع. و حمیدی، ح. ۱۳۸۷. بررسی ویژگی‌های مورفولوژی رازیانه (*Foeniculum vulgare Mill.*) تحت تنش شوری. دو فصل‌نامه تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۶ (۱): ۱۴۰-۱۲۵.
- گریگوریان، و.، جوادی صابر، ج.، کسرای، ر.، مطلبی آذر، ع. و دژم‌پور، ج. ۱۳۸۱. تعیین تحمل به شوری کلور سدیمی در دانه‌های چند رقم بادام. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۳ (۲-۱): ۱-۱۴.
- مومن‌پور، ع.، ایمانی، ع.، بخشی، د. و رضایی، ح. ۱۳۹۴. ارزیابی خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در چهار رقم بادام پیوند شده روی پایه GF677 تحت تنش شوری. مجله علوم باغبانی ایران، ۴۶ (۳): ۴۰۹-۴۲۷.
- مومنی، ن.، آروین، م. ج.، خواجویی‌نژاد، غ.، کرامت، ب. و دانشمند، ف. ۱۳۹۱. تأثیر کلرید سدیم و سالیسیلیک اسید بر سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی در گیاه ذرت (*Zea mays L.*). مجله زیست‌شناسی گیاهی، ۴ (۱۴): ۲۳-۳۴.
- نورانی‌آزاد، ح. و حاجی‌باقری، م. ۱۳۸۷. تأثیر تنش شوری بر روی برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه شوید (*Anethum graveolens L.*). مجله بوم‌شناسی گیاهان زراعی (دانش نوین کشاورزی)، ۴ (۱۲): ۹۳-۱۰۰.
- Ashraf, M. and Foolad, M. R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59: 206-216.
- Bartles, D. and Sunkar, R. 2005. Drought and salt tolerance in plants: A review. *Plant Science*, 24: 23-58.
- Bates, L. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39: 205-207.
- Buege, J. A. and Aust, S. D. 1978. Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzyme*, 52: 302-310.
- Chartzoulakis, K., Loupassaki, M., Bertaki, M. and Androulakis, I. 2002. Effect of NaCl salinity on growth, ion content and CO<sub>2</sub> assimilation rate of six olive cultivars. *Scientia Horticulturae*, 96: 235-247.

- Dadashi, M. R., Majidi Heravan, I., Soltani A. and Noorinia, A. A. 2007. Evaluation of different genotypes of barley to salinity salt stress. *Journal of Agricultural Science*, 13 (1): 181-190.
- Flowers, T. J. and Flowers, S. A. 2005. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? *Agricultural Water Management*, 78: 15-24.
- Greenway, H. and Munns, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, 31: 149-190.
- Haq, M. and Khan, M. F. A. 1971. Reclamation of saline and alkaline soil by growing kallar grass. *The Nucleus*, 8 (4): 139-144.
- Ibrahim, H. I. M. 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.
- Karlidag, H., Yildirim, E. and Turan, M. 2011. Role of 24-epibrassinolide in mitigating the adverse effects of salt stress on stomatal conductance, membrane permeability, and leaf water content, ionic composition in salt stressed strawberry (*Fragaria×ananassa*). *Scientia Horticulturae*, 130: 133-140.
- Kochert, A. G. 1978. Carbohydrate determination by the phenol- sulfuric acid method. In: Hellebust J. A., Craigie, J. S. (ed.), *Handbook of Phycological Methods: Physiological and Biochemical Methods*. Cambridge University Press, London, p. 96-97.
- Leul, M. and Zhou, W. J. 1999. Alleviation of waterlogging damage in winter rape by uniconazole application: effects on enzyme activity, lipid peroxidation and membrane integrity. *Plant Growth Regulation*, 18 (1): 9-14.
- Llusia, J., Penuelas, J. and Munne-Bosch, S. 2005. Sustained accumulation of methyl salicylate alters antioxidant protection and reduces tolerance of holm oak to heat stress. *Physiologia Plantarum*, 124: 353-361.
- Meirs, S., Philosophadas, S. and Aharoni, N. 1992. Ethylene increased accumulation of fluorescent lipid- peroxidation products detected during Parsley by a newly developed method. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117: 128-132.
- Munns, R. and Passioura, J. B. 1984. Effect of prolonged exposure to NaCl on the osmotic pressure of leaf xylem sap from intact, transpiring barley plants. *Australian Journal of Plant Physiology*, 11 (6) 497-507.
- Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-81.
- Muthukumarasamy, M., Gupta, S. D. and Panneerselvam, R. 2000. Influence of triadimefon on the metabolism of NaCl stressed radish. *Biologia Plantarum*, 43: 67-72.
- Naeini, M. R., Khoshgoftarmansh, A. H. and 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: 1835-1843.
- Neocleous, D. and Vasilakakis, M. 2007. Effect of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idoeus* L. Autumn Bliss). *Scientia Horticulturae*, 112: 282-289.
- Nieman, R. H. and Clarc, R. A. 1973. Interactive effects of salinity and phosphorous nutrition on the concentration of phosphate and phosphate esters in mature corn leaves. *Plant Physiology*, 57: 157-161.
- Okhovatian-Ardakani, A. R., Mehrabian, M., Deghani, F. and Akbarzadeh, A. 2010. Salt tolerance evaluation and relative comparison in cuttings of different pomegranate cultivars. *Plant, Soil and Environment*, 56 (4): 176-185.
- Parvaiz, A. and Satyawati, S. 2008. Salt stress and phyto- biochemical responses of plants- a review. *Plant, Soil and Environment*, 54: 88-99.
- Rahmani, A., Daneshvar, H. A. and 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.
- Rao, G. G. and Rao, G. R. 1981. Pigment composition chlorophyllase activity in pigeon pea (*Cajanus indicus* Spreng) and Gingelly (*Sesamum indicum* L.) under NaCl salinity. *Indian Journal Experimental Biology*, 19: 768-770.
- Rosa- Ibara, M. D. L. and Maiti, R. K. 1995. Biochemical mechanism in glossy sorghum lines for resistance to salinity stress. *Journal of Plant physiology*, 146: 515-519.
- Sairam, R. K. and Srivastava, G. C. 2002. Changes in antioxidant activity in sub-cellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long term salt stress. *Plant Science*, 162 (6): 897-904.
- Singh, D. N., Masood, A. M. and Basu, D. S. 2000. Genetic variation in dry matter partitioning in shoot and root influences of chickpea to drought. *Third International Crop Science Congress*, 17-22 August, Hamburg, Germany.
- Singh, S. K., Sharma, H. C., Goswami, A. M., Datta, S. P. and Singh, S. P. 2000. In vitro growth and leaf composition of grapevine cultivars as affected by sodium chloride. *Biologia Plantarum*, 43 (2): 283-286.
- Volkmar, K. M., Hu, H. and Stephun, H. 1997. Physiological responses of plants to salinity: A review. *Canadian Journal of Plant Science*, 78: 19-27.
- Wang, W. B., Kim Y. H., Lee H. S., Kim K. Y., Deng X. P. and Kwak S. S. 2009. Analysis of antioxidant enzyme activity during germination of alfalfa under salt and drought stresses. *Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 47: 570-577.
- Wang, Y. and Nil, N. 2000. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase- oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75: 623-627.
- Wittenmayer, L. and Merbach, W. 2005. Plant responses to drought and phosphorus deficiency: Contribution of phytohormones in root-related processes. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168 (4): 531-540.
- Younis, M. E., El-Shahaby, O. A., Abo-Hamed, S. A, Ibrahim, A. H. 2000. Effects of water stress on growth, pigments and <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> assimilation in three sorghum cultivars. *Agronomy and Crop Science*, 185: 73-82.

## Effect of Salinity Stress on Some Growth Indices, Proline, Aldehydes and Soluble Sugars in Six Iranian Commercial Pomegranate Genotypes

Soori<sup>1</sup>, N., Bakhshi<sup>2\*</sup>, D., Rezaei Nejad<sup>3</sup>, A. and Faizian<sup>4</sup>, M.

### Abstract

In order to investigate the effect of salinity stress on the morphological and physiological characteristics of some Iranian commercial pomegranate cultivars and possible identification of salinity tolerant cultivar, a greenhouse experiment conducted in Agricultural College of Lorestan University in 2015. The experiment carried out as factorial based on randomized complete blocks design with five salinity levels and three replicates. The levels of salinity based on urban water was include 0, 25, 50, 75 and 100 mM sodium chloride (with EC equal to 0.66, 3.35, 6.21, 9.72 and 14.35 dS/m, respectively), and six pomegranate cultivars including Malas Dane Ghermez Esfahan, Malas Yazdi, Shirin Shahvar, Meykhosh Yazd, Malas Saveh and Malas Yousofkhani. After three months of salt stress, some morphological, physiological and biochemical characteristics of the plants were examined and measured. The results of this study showed that with increasing salinity, plant height, leaf size, the fresh and dry weight of leaf and root, and chlorophyll content of plants decreased, but leaf necrosis rate, the concentration of proline, malondialdehyde, other aldehydes, and soluble sugars increased. The research findings showed that in salinity conditions up to electrical conductivity of 6.21 dS/m, all cultivars showed acceptable tolerance to salinity. In higher salinity, Malas Saveh cultivar had superiority in salinity tolerance traits, including lower decrease in plant height, leaf fresh and dry weight, and chlorophyll and malondialdehyde concentrations along with lower leaf necrosis and therefore, for the traits evaluated in this experiment, than other cultivars had higher salinity tolerance.

**Keywords:** Tolerance to salinity, Malas Saveh, Morphological characteristics, Proline, Malondialdehyde

- 
1. Former PhD Student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, Guilan University, Rasht, Iran and Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Iran
  2. Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, Guilan University, Rasht, Iran
  3. Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
  4. Assistant Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
- \*: Corresponding author                      Email: bakhshi-d@guilan.ac.ir

This paper has been extracted from the first author's PhD thesis under the guidance of Davood Bakhshi.