اثر تنش شوری بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و پارامترهای فتوسنتزی چند ژنوتیپ تجاری انار ایرانی

نصراله سوری[۱ و ۲]، داود بخشی*[۱]، عبدالحسین رضایی‌نژاد[۳] و محمد فیضیان[٤]

[۱] گروه علوم باغبانی دانشگاه گیلان، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران، [۲] مربی گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، [۳] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران، [٤] گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۰۹/۲۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹٦/۱۱/۱۱)

چکیده

به‌منظور بررسی تحمل به شوری شش ژنوتیپ انار تجاری ایرانی شامل ملس دانه قرمز اصفهان، ملس یزدی، شیرین شهوار، می‌خوش یزد، ملس ساوه و ملس یوسف‌خانی، پژوهشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در پنج سطح شوری صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم در دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال ۱۳۹٤ انجام گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش شوری سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای، محتوای نسبی آب برگ، محتوای کلروفیل نسبی و هدایت مزوفیلی (کارآیی کربوکسیلاسیون) به طور معنی‌داری کاهش و میزان دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای و کارآیی مصرف لحظه‌ای آب برگ به طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها در فاکتورهای اندازه‌گیری شده وجود دارد. در نهایت، یافته‌های پژوهش نشان داد که ژنوتیپ ملس یوسف‌خانی به دلیل برتری در بیشتر صفات مرتبط با تحمل به شوری در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها، تحمل بیشتری نسبت به شوری کلریدسدیم دارد.

واژگان کلیدی: سرعت تعرق، سرعت فتوسنتز، غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای، کارآیی مصرف آب، هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی

مقدمه

شوری یکی از گسترده‌ترین تهدیدات محیطی برای تولید محصولات کشاورزی جهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که امروزه در کنار تخریب زمین، کمبود آب و رشد جمعیت یک نگرانی عمده است (Munns and Tester, 2008). با توجه به روش‌های آبیاری نامناسب و ناپایدار، در طول هر سال حدود ۱/٦ میلیون هکتار زمین‌های تحت آبیاری، شور و از چرخه تولید خارج می‌شوند (شور شدن ثانویه) (Tanji, 2002)؛ به طوریکه هزینه جهانی شوری زمین‌های زراعی بیش از ۱۲ میلیارد دلار در سال است (Qadir *et al.*, 2008). از این رو، آینده تولید محصولات کشاورزی به طور فزاینده‌ای به توانایی ما در رشد گیاهان در زمین‌های شور و حاشیه‌ای با استفاده از آب‌های کم شور یا حتی شور وابسته است (Rozema and Flowers, 2008). مؤثرترین راهکار برای مدیریت شوری، شناسایی و انتخاب ارقام متحمل به شوری و استفاده از آنها در مناطق شور است. بنابراین، لزوم بکارگیری

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: bakhshi-d@guilan.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.19.3]

معیارهای مناسب جهت گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به شوری ضروری است (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۰).

اثرات منفی عمده شوری که بر رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارد، شامل مهار فتوسنتز (Sharma *et al.*, 2005)، کمبود آب (Suárez and Medina, 2008)، سمیت یونی مرتبط با افزایش یون‌های کلر و سدیم (Patel and Pandey, 2008) و دخالت تغذیه‌ای است که منجر به عدم تعادل مواد مغذی می‌شود (Misra *et al.*, 1997). کاهش رشد در شرایط شور نتیجه چندین پاسخ فیزیولوژیکی است و به نظر می‌رسد که فتوسنتز مهمترین فرآیند است (Stepien and Klbus, 2006). کاهش فتوسنتز ناشی از تنش شوری می‌تواند به دلیل هدایت روزنه‌ای پایین‌تر، کاهش فرآیندهای متابولیکی بویژه در جذب کربن، بازدارندگی ظرفیت فتوسنتزی و یا آمیزه‌ای از موارد نامبرده باشد (Jamil *et al.*, 2007). محدودیت فتوسنتزی ناشی از شوری نه تنها به بسته شدن روزنه که منجر به کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای می‌گردد وابسته است، بلکه به عوامل غیرروزنه‌ای نیز مربوط می‌شود (Misra *et al.*, 1997).

اگر چه بررسی‌های انجام شده در دنیا و ایران بر روی ارقام مختلف انار نشان داده که عکس‌العمل آنها به شوری از حساس تا نسبتاً مقاوم متفاوت است و به طور کلی گیاه انار دارای مقاومت متوسط به شوری می‌باشد (شیردلی و طهماسبی، ۱۳۹۲)، اما خشکسالی‌های اخیر و کاهش کیفیت آب آبیاری سبب کاهش عملکرد این گیاه به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور شده است. در سال‌های اخیر فعالیت‌های زیادی جهت افزایش عملکرد و سطح زیرکشت انار در ایران صورت گرفته است، به طوریکه یکی از ملزومات توسعه کشت این محصول معرفی ارقام مناسب و سازگار با شرایط اقلیمی، آبی و خاکی هر منطقه می‌باشد. از طرفی، از آنجا که کشت و پرورش عمده درختان انار در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور صورت می‌پذیرد و در این مناطق در کنار تنش خشکی، مشکلات شوری نیز بسیار قابل توجه است، لذا شناسایی و معرفی گیاهان متحمل به شوری می‌تواند یک روش مؤثر و عملی جهت مقابله با پدیده شوری آب و خاک باشد. با توجه به این که ثابت شده است پارامترهای فتوسنتزی (علیایی و همکاران، ۱۳۹٤؛ Tattini *et al.*, 1997) و فیزیولوژیکی (Dadashi *et al.*, 2007) می‌تواند از جمله معیارهای گزینش مناسب و مفید در تعیین مقاومت به شوری گونه‌های گیاهی باشند، این پژوهش با هدف بررسی اثرات غلظت‌های مختلف تنش شوری کلریدسدیم بر پارامترهای فتوسنتزی و فیزیولوژیکی شش ژنوتیپ انار و انتخاب ژنوتیپ (ژنوتیپ‌های) متحمل به شوری انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش روی شش ژنوتیپ انار ایرانی شامل ملس دانه قرمز اصفهان، ملس یزدی، شیرین شهوار، می‌خوش یزد، ملس ساوه و ملس یوسف‌خانی در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان با متوسط دمای روزانه ۳۲ و شبانه ۲۵ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۹٤ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج سطح شوری و شش ژنوتیپ در سه تکرار انجام شد. قلمه‌های یکساله ریشه‌دارشده ارقام انار یاد شده که از لحاظ قطر، سن و اندازه یکسان بودند، از مراکز تحقیقاتی انار کشور واقع در شهرستان‌های ساوه و یزد تهیه گردید. سپس نهال‌ها در گلدان‌های پلاستیکی ۱۲ کیلویی حاوی ترکیب خاک زراعی، ماسه و کود حیوانی ضدعفونی‌شده توسط بنومیل به نسبت ۱:۱:۲ کاشته شدند. پس از استقرار نهال‌ها و سبز شدن برگ‌ها، تیمارهای مورد نظر در اواخر فصل بهار و اوایل فصل تابستان (خرداد، تیر و مردادماه) اعمال گردید. اعمال تیمارهای آزمایش با آب آشامیدنی (به عنوان تیمار شاهد) و غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم (نمک هامر با درجه خلوص ۹۹/۲ درصد) که به ترتیب هدایت الکتریکی (توسط هدایت‌سنج رومیزی مدل Jenway- 4510 ساخت انگلستان اندازه‌گیری شدند) ۰/٦٦، ۳/۳۵، ٦/۲۱، ۹/۷۲ و ۱٤/۳۵ دسی‌زیمنس بر متر را دارا بودند آبیاری شدند. تیمارهای شوری با توجه به دمای گلخانه هر هفته دو نوبت و هر نوبت به مقدار یک و نیم لیتر به ازای هر گلدان و به مدت سه ماه تا

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.19.3]

ظهور علائم ناشی از تنش که شامل کلروز و نکروزه شدن برگ‌ها بود ادامه یافت (علیایی و همکاران، ۱۳۹٤). برای اعمال تیمار شوری، به منظور اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک کلریدسدیم به صورت تدریجی صورت گرفت. بدین منظور، به غیر از تیمار شاهد ابتدا گیاهان با تیمار ۲۵ میلی‌مولار نمک کلریدسدیم آبیاری شدند و در مراحل بعدی در گیاهانی که باید تیمار شوری بالاتر اعمال می‌گردید، به تدریج افزایش غلظت نمک صورت گرفت تا اینکه در نهایت به سطح شوری‌های مورد نظر رسانده شد. همچنین با توجه به وجود زهکش، تیمارهای شوری طوری اعمال گردید که مقدار یک سوم آب از طریق زهکش گلدان خارج شود تا از تجمع بیش از حد نمک در گلدان‌ها ممانعت گردد.

در پایان آزمایش صفات مربوط به پارامترهای فتوسنتزی (Pn: سرعت فتوسنتز؛ Ci: غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای و Tr: سرعت تعرق) توسط دستگاه قابل حمل سنجش فتوسنتز (مدل LCA4؛ ADC BioScientific Ltd, England) بر روی برگ‌های جوان بالغ (دارای سطح برگ حدود حداقل ۸۰ درصد برگ کامل) و در حالت اتصال به گیاه در یک روز صاف و آفتابی، بین ساعات ۱۰ تا ۱۳ انجام شد (علیایی و همکاران، ۱۳۹٤؛ Bastam *et al.*, 2013). اندازه‌گیری میزان شاخص کلروفیل نسبی برگ نیز پس از پایان اعمال تیمارهای آزمایش با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD 502, Minolta, Japan) انجام شد. داده‌های مربوطه با میانگین‌گیری از سه قرائت ثبت گردید. اندازه‌گیری‌ها در شرایط تابش فعال فتوسنتزی ۸٤۰ تا ۸۸۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و دمای سطح برگ بین ۲۷ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد انجام گردید. به منظور تعیین کارآیی کربوکسیلاسیون (CE) که برخی از پژوهشگران آن را معادل هدایت مزوفیلی (Gm) می‌دانند از رابطه شماره (۱) استفاده گردید (Fisher *et al.*, 1998; Tiwari *et al.*, 1998):

(1): $C_E\ (G_m) = P_n / C_i$

Pn: سرعت فتوسنتز؛ C_i: غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای

کارآیی مصرف لحظه‌ای آب برگ (WUE) نیز از طریق رابطه شماره (۲) محاسبه شد (Ahmed *et al.*, 2002):

(2): $WUE = P_n / T_r$

Pn: سرعت فتوسنتز؛ Tr: سرعت تعرق

اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ از طریق رابطه شماره (۳) محاسبه گردید (Younis *et al.*, 2000):

(3): $\%RWC = (FW - DW)/(MFW - DW) \times 100$

RWC: محتوای نسبی آب برگ؛ FW: وزن تر نمونه؛ DW: وزن خشک نمونه؛ MFW: وزن نمونه برگی در حالت تورژسانس کامل

در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۲) و مقایسه میانگین تیمارها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های این پژوهش (جدول ۱) نشان داد که اگر چه اثرات شوری، ژنوتیپ و اثرات متقابل شوری و ژنوتیپ بر شاخص کلروفیل، سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای، غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای، کارآیی مصرف لحظه‌ای آب برگ و هدایت مزوفیلی (کارآیی کربوکسیلاسیون) اثر معنی‌داری داشت، اما در مورد صفت محتوای نسبی آب برگ، برهمکنش شوری و ژنوتیپ معنی‌دار نبود ولی اثرات شوری و ژنوتیپ هر کدام به تنهایی در مورد آن معنی‌دار بود.

شاخص کلروفیل: نتایج تجزیه واریانس حاصل از این پژوهش نشان داد که شوری، ژنوتیپ و اثرات متقابل آنها بر شاخص کلروفیل نسبی برگ ژنوتیپ‌های انار اثر معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) داشت (جدول ۱)، به طوریکه با افزایش غلظت کلریدسدیم، شاخص کلروفیل نسبی برگ به طور معنی‌داری کاهش یافت. کمترین میزان شاخص کلروفیل نسبی برگ مربوط به بالاترین غلظت کلریدسدیم (۱۰۰ میلی‌مولار) بود که باعث کاهش ٤۸/۱ درصدی میزان شاخص کلروفیل نسبی برگ نسبت به تیمار شاهد گردید. ژنوتیپ‌های انار نیز اثر معنی‌داری بر میزان شاخص کلروفیل نسبی برگ داشتند، به طوریکه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.19.3]

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایشی بر برخی **صفات فیزیولوژیکی و فتوسنتزی شش ژنوتیپ انار**

منابع	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		شاخص کلروفیل	محتوای نسبی آب	سرعت فتوسنتز	هدایت روزنه‌ای
بلوک	۲	۰/۶۰^{ns}	۶۵/۹۳**	۱۰/۱۲**	۰/۰۰۲۳**
شوری	٤	۷۶۷/٤۱**	۲۲۵/۶۵**	٤۷/۰۶**	۰/۰۰۶۷**
ژنوتیپ	۵	۲٤۸/۱۹**	۱۱٤/۱۷**	۲٤/٤۷**	۰/۰۰۲۳**
شوری × ژنوتیپ	۲۰	۸/۹۱**	۵/٤٤^{ns}	۰/۱۷*	۰/۰۰۰۱**
خطای آزمایشی	۵۸	۰/۶۹	٤/۳۶	۰/۰۹	۰/۰۰۰۰۱

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

ادامه جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایشی بر برخی **صفات فیزیولوژیکی و فتوسنتزی شش ژنوتیپ انار**

منابع	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		غلظت CO_2 زیرروزنه‌ای	هدایت مزوفیلی	سرعت تعرق	کارآیی مصرف آب
بلوک	۲	٤۹۳٤/۶۸**	۰/۲۳۱**	۰/۵٤**	۰/۱۶۱**
شوری	٤	۱۲۸۶۲/٤۶**	۱۲/۸۱**	۶/۷۶**	۰/۳۸۷**
ژنوتیپ	۵	۳۲۳۱/۳۸**	۵/۱۲**	۱/۵۲**	۱/۹۲**
شوری × ژنوتیپ	۲۰	۱۲٤/۲۹**	۰/۰۲۵*	۰/۰۲۹**	۰/۰۹۳**
خطای آزمایشی	۵۸	۲۰/۶۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۵	۰/۰۱۹

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

کمترین مقدار شاخص کلروفیل مربوط به ژنوتیپ ملس یزدی بود که کاهش ۳۰/۶ درصدی نسبت به ژنوتیپ ملس یوسف‌خانی داشت. به طور کلی در غلظت‌های مختلف کلریدسدیم، بیشترین میزان شاخص کلروفیل نسبی برگ در ژنوتیپ‌های ملس یوسف‌خانی و ملس ساوه و کمترین میزان آن در ژنوتیپ ملس یزدی مشاهده گردید (جدول ۲). برخی از محققین عقیده دارند که کاهش غلظت کلروفیل برگ‌ها در اثر تنش شوری می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم تجزیه‌کننده کلروفیل (کلروفیلاز) باشد (Rao and Rao, 1981). همچنین بعضی از مواد تنظیم‌کننده رشد نظیر آبسیزیک اسید و اتیلن موجب تحریک فعالیت این آنزیم می‌شوند و در شرایط تنش، غلظت آنها افزایش می‌یابد (Drazkiewice, 1994). کاهش میزان کلروفیل می‌تواند به دلیل تغییر متابولیسم نیتروژن و استفاده بیشتر از گلوتامات (به عنوان ماده اولیه سنتز پرولین و کلروفیل) در مسیر سنتز پرولین باشد که در تنظیم اسمزی به کار می‌روند (Rosa- Ibara and Maiti, 1995). کاهش محتوای کلروفیل برگ‌های انار که در شوری بالا پرورش می‌یابند ممکن است به دلیل بازدارندگی جذب، انتقال و یا استفاده یون‌های مغذی منیزیم و نیترات در گیاهان باشد (Ibrahim, 2016).

بررسی‌ها نشان داده که مقدار کلروفیل در ارقام حساس در شرایط تنش شوری مقدار کاهش بیشتری را نسبت به ارقام مقاوم نشان می‌دهند که این امر با میزان مقاومت ارقام نسبت به تنش شوری مرتبط است. کاهش میزان کلروفیل سبب ناکارآمدی برگ‌ها در انجام فتوسنتز و تشدید آسیب‌های مرتبط با تنش شوری می‌شود که با نتایج تحقیقات انجام شده در انار (Ibrahim, 2016) و مرکبات (خوشبخت و همکاران، ۱۳۹۳) نیز هماهنگ است. پس می‌توان بیان نمود گیاهانی که تحت شرایط شوری قرار می‌گیرند، محتوای کلروفیل آنها تحت تأثیر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.19.3]

جدول ۲- مقایسه میانگین برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فتوسنتزی شش ژنوتیپ انار ایرانی در سطوح مختلف شوری

کلریدسدیم (میلی‌مولار)	ژنوتیپ						میانگین
	ملس دانه قرمز اصفهان	ملس یزدی	شیرین شهوار	می‌خوش یزد	ملس ساوه	ملس یوسف‌خانی	
شاخص کلروفیل برگ (SPAD)							
۰	۳۰/۷۰^{e}	۳۲/۰۹^{de}	۳۲/۰۲^{de}	۳۳/۰۷^{d}	۴۰/۸۰^{b}	۴۳/۱۶^{a}	۳۵/۳۱^{A}
۲۵	۲۸/۳۹^{f}	۲۳/۵۹^{i}	۲۸/۱۷^{fg}	۳۲/۰۷^{de}	۳۵/۴۹^{c}	۳۶/۰۰^{c}	۳۰/۶۲^{B}
۵۰	۲۶/۹۱^{gh}	۲۱/۶۷^{jk}	۲۶/۲۷^{h}	۲۸/۵۲^{f}	۳۱/۹۹^{de}	۳۱/۳۱^{e}	۲۷/۷۸^{C}
۷۵	۲۳/۳۳^{i}	۱۸/۹۰^{m}	۲۱/۱۶^{kl}	۲۰/۰۱^{lm}	۲۸/۳۲^{fg}	۲۸/۶۷^{f}	۲۳/۴۰^{D}
۱۰۰	۱۶/۳۱^{n}	۱۵/۷۹^{n}	۱۶/۸۹^{n}	۱۵/۶۳^{n}	۲۳/۰۶^{ij}	۲۲/۳۹$^{i-k}$	۱۸/۳۴^{E}
میانگین	۲۵/۱۳^{C}	۲۲/۴۱^{D}	۲۴/۹۰^{C}	۲۵/۸۶^{B}	۳۱/۹۳^{A}	۳۲/۳۰^{A}	
محتوای نسبی آب برگ (٪)							
۰	۷۴/۱۴^{b}	۷۳/۶۳^{bc}	۷۰/۴۲$^{b-f}$	۷۰/۳۸$^{b-f}$	۷۳/۶۰^{bc}	۷۸/۴۱^{a}	۷۳/۴۳^{A}
۲۵	۷۰/۶۷$^{b-e}$	۷۲/۱۷$^{b-d}$	۶۷/۰۶$^{e-h}$	۶۶/۹۵$^{e-h}$	۷۲/۰۱$^{b-d}$	۷۳/۳۸^{bc}	۷۰/۳۷^{B}
۵۰	۶۶/۵۰$^{f-h}$	۷۱/۳۱$^{b-d}$	۶۶/۶۳$^{e-h}$	۶۵/۶۳$^{g-j}$	۷۰/۵۸$^{b-e}$	۷۱/۴۵$^{b-d}$	۶۸/۶۸^{C}
۷۵	۶۲/۴۱$^{i-l}$	۶۹/۲۷$^{d-g}$	۶۴/۴۳$^{h-k}$	۶۴/۸۹$^{h-k}$	۶۹/۵۹$^{c-g}$	۷۰/۳۵$^{b-f}$	۶۶/۸۲^{D}
۱۰۰	۶۰/۰۷^{l}	۶۶/۰۷$^{g-i}$	۶۱/۴۶^{kl}	۶۲/۱۱$^{j-l}$	۶۶/۵۱$^{f-h}$	۶۸/۲۰$^{d-h}$	۶۴/۰۷^{E}
میانگین	۶۶/۷۶^{C}	۷۰/۴۹^{B}	۶۶/۰۰^{C}	۶۵/۹۹^{C}	۷۰/۴۶^{B}	۷۲/۳۶^{A}	
سرعت فتوسنتز (میکرومول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه)							
۰	۷/۷۹^{e}	۹/۱۶^{cd}	۹/۳۳^{cd}	۱۰/۱۷^{b}	۱۰/۶۳^{b}	۱۱/۳۰^{a}	۹/۷۳^{A}
۲۵	۶/۷۲^{g}	۷/۷۶^{e}	۸/۰۵^{e}	۸/۸۵^{d}	۹/۴۵^{c}	۱۰/۱۹^{b}	۸/۵۰^{B}
۵۰	۶/۰۳^{h}	۶/۹۸^{g}	۶/۹۲^{g}	۷/۹۴^{e}	۸/۸۷^{d}	۹/۱۹^{cd}	۷/۶۶^{C}
۷۵	۴/۹۸^{i}	۵/۸۱^{h}	۵/۶۳^{h}	۶/۷۷^{g}	۷/۷۹^{e}	۷/۹۰^{e}	۶/۴۸^{D}
۱۰۰	۳/۹۷^{j}	۴/۵۲^{i}	۴/۵۱^{i}	۶/۰۸^{h}	۷/۲۱^{fg}	۷/۵۴^{ef}	۵/۶۴^{E}
میانگین	۵/۹۰^{E}	۶/۸۵^{D}	۶/۸۹^{D}	۷/۹۶^{C}	۸/۷۹^{B}	۹/۲۲^{A}	
هدایت روزنه‌ای (مول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه)							
۰	۰/۰۸۰^{fg}	۰/۰۸۷^{ef}	۰/۱۱۰^{c}	۰/۰۹۰^{e}	۰/۱۲۰^{b}	۰/۱۳۰^{a}	۰/۱۰۳^{A}
۲۵	۰/۰۷۰^{hi}	۰/۰۸۰^{fg}	۰/۰۹۳^{e}	۰/۰۸۰^{fg}	۰/۱۰۳^{d}	۰/۱۰۷^{cd}	۰/۰۸۹^{B}
۵۰	۰/۰۶۰^{jk}	۰/۰۷۳^{gh}	۰/۰۸۰^{fg}	۰/۰۷۳^{gh}	۰/۰۸۰^{fg}	۰/۰۸۷^{ef}	۰/۰۷۶^{C}
۷۵	۰/۰۵۰^{lm}	۰/۰۶۳^{ij}	۰/۰۷۳^{gh}	۰/۰۵۷^{jk}	۰/۰۷۰^{hi}	۰/۰۷۷^{gh}	۰/۰۶۵^{D}
۱۰۰	۰/۰۴۰^{m}	۰/۰۵۳^{kl}	۰/۰۶۰^{jk}	۰/۰۴۷^{m}	۰/۰۶۰^{jk}	۰/۰۶۳^{ij}	۰/۰۵۴^{E}
میانگین	۰/۰۶۰^{E}	۰/۰۷۱^{D}	۰/۰۸۳^{C}	۰/۰۶۹^{D}	۰/۰۸۷^{B}	۰/۰۹۳^{A}	

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

قرار می‌گیرد و در بیشتر آنها محتوای کلروفیل کاهش می‌یابد. در این میان، آن دسته از گیاهانی که به شوری متحمل هستند، می‌توانند این کاهش محتوای کلروفیل را تعدیل کنند. پایداری کلروفیل به عنوان شاخصی از مقاومت گیاه به تنش است، به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.19.3]

طوریکه ارقام مقاوم به شوری دارای شاخص پایداری بالا و ارقام حساس پایین‌ترین میزان پایداری را نشان می‌دهند (Modhan *et al.*, 2000). بررسی برخی دیگر از ارقام مقاوم و حساس گیاهان، این مطلب را تأیید کرد که مقدار کلروفیل با افزایش غلظت نمک در هر دو گروه ارقام مقاوم و حساس کاهش می‌یابد اما میزان کاهش با مقاومت آنها در ارتباط است (Lu *et al.*, 2009) که با نتایج این پژوهش نیز هماهنگی دارد.

محتوای نسبی آب برگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اگر چه اثرات متقابل شوری و ژنوتیپ بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار نگردید، اما اثرات هر کدام از آنها به تنهایی معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۱). با افزایش تنش شوری و غلظت کلریدسدیم، محتوای نسبی آب برگ در تمام ژنوتیپ‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت. کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ مربوط به بیشترین غلظت نمک کلریدسدیم (۱۰۰ میلی‌مولار) بود که سبب کاهش ۱۲/۷۵ درصدی محتوای نسبی آب برگ نسبت به تیمار شاهد گردید. ژنوتیپ‌های انار نیز اثر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ داشتند، به طوریکه کمترین مقدار آن مربوط به ژنوتیپ می‌خوش یزد بود که کاهش ۸/۸۰ درصدی نسبت به ژنوتیپ ملس یوسف‌خانی داشت. البته ژنوتیپ‌های شیرین شهوار و ملس دانه قرمز اصفهان نیز از این نظر در کنار ژنوتیپ می‌خوش یزد از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۲).

علت کاهش مقدار آب نسبی، کاهش جذب آب از خاک به علت محدودیت آب ناشی از شوری در خاک است که باعث به هم خوردن تعادل بین دو فرآیند جذب آب و تعرق می‌شود و در نتیجه آب گیاه کاهش می‌یابد (فلاح و همکاران، ۱۳۹٤). کاهش محتوای نسبی آب برگ یک پاسخ عمومی به شرایط تنش اسمزی می‌باشد. محتوای آبی برگ‌ها به‌عنوان فاکتوری برای تعیین سطح آب گیاه شناخته شده است که منعکس‌کننده فعالیت‌های متابولیکی در بافت‌ها است. کاهش در محتوای نسبی آب برگ نشانگر یک کاهش فشار تورگر می‌باشد که سبب کاهش آب مورد نیاز برای فرآیندهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی از قبیل طویل شدن سلولی، باز شدن روزنه‌ها و فرآیندهای وابسته به فتوسنتز است (Cicek and Cakirlar, 2002). کاهش در محتوای نسبی آب برگ می‌تواند به علت کاهش دسترسی به آب در شرایط تنش باشد، یا اینکه سیستم‌های ریشه‌ای به‌دلیل کاهش سطح جذب، قادر به جبران آب از دست‌رفته توسط تعرق نباشند (Farkhondeh *et al.*, 2012).

کاهش محتوای نسبی آب برگ باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای برای ورود دی‌اکسیدکربن به مزوفیل برگ شده و در نهایت راندمان فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و علاوه بر این ثابت شده است که در اکثر گونه‌های گیاهی، هنگامی که محتوای نسبی آب برگ به ٦۰ تا ۷۰ درصد برسد، فتوسنتز به طور برگشت‌ناپذیری کاهش می‌یابد (Lawlor and Cornic, 2002). محتوای نسبی آب بالاتر در برگ‌ها ممکن است از طریق قابلیت تنظیم اسمزی و یا توانایی ریشه در جذب آب حاصل شود (Schonfeld *et al.*, 1988). ارقامی که قادرند در شرایط کاهش میزان آب خاک، محتوای نسبی آب برگ بیشتری را حفظ نمایند مقاومت بیشتری در مقابل از دست دادن آب خواهند داشت (حسنی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹٤). بنابراین ژنوتیپ ملس یوسف‌خانی با میانگین محتوای نسبی آب ۷۲/۳٦ درصد نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارای مقاومت بیشتری به تنش شوری بود و ژنوتیپ‌های می‌خوش یزد، شیرین شهوار و ملس دانه قرمز اصفهان به ترتیب با میانگین محتوای نسبی آب ٦۵/۹۹، ٦٦ و ٦٦/۷٦ درصد ژنوتیپ‌های حساس محسوب شدند. بالا بودن میزان درصد محتوای آب نسبی در ژنوتیپ‌های متحمل به تنش می‌تواند به دلیل وجود برخی عوامل کم‌کننده تلفات آب از طریق بستن روزنه‌ها و یا جذب بیشتر آب از طریق گسترش ریشه باشد (Cornic and Massacci, 1996).

سرعت فتوسنتز: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شوری، ژنوتیپ و اثرات متقابل آنها بر میزان سرعت فتوسنتز ژنوتیپ‌های انار اثر معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) داشت (جدول ۱)، به طوریکه با افزایش غلظت کلریدسدیم، سرعت فتوسنتز به طور معنی‌داری کاهش یافت. کمترین میزان سرعت فتوسنتز

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.19.3]

مربوط به بیشترین غلظت کلریدسدیم (۱۰۰ میلی‌مولار) بود که باعث کاهش ٤۲/۰۳ درصدی میزان سرعت فتوسنتز نسبت به تیمار شاهد گردید. ژنوتیپ‌های انار نیز اثر معنی‌داری بر میزان سرعت فتوسنتز داشتند، به طوریکه کمترین میزان سرعت فتوسنتز مربوط به ژنوتیپ ملس دانه قرمز اصفهان بود که کاهش ۳٦ درصدی نسبت به ژنوتیپ ملس یوسف‌خانی داشت. به طور کلی در غلظت‌های مختلف کلریدسدیم، بیشترین و کمترین میزان سرعت فتوسنتز به ترتیب در ژنوتیپ‌های ملس یوسف‌خانی و ملس دانه قرمز اصفهان مشاهده گردید (جدول ۲).

مطالعات صورت گرفته نشان داده است که تنش شوری، میزان فتوسنتز را که یکی از مهم‌ترین فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه محسوب می‌گردد تحت تأثیر قرار می‌دهد. تنش شوری، فتوسنتز را با تأثیر بر عوامل روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای کاهش می‌دهد (James *et al.*, 2002; James *et al.*, 2008; Rahnama *et al.*, 2010)، اگر چه مشارکت محدودیت‌های این دو عامل بر فتوسنتز ممکن است در سطوح مختلف تنش شوری متفاوت باشد. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که میزان کاهش فتوسنتز تحت تنش شوری به نوع شوری، مدت زمان قرارگیری تحت تنش شوری، سن و نوع گیاه ارتباط دارد (Garcia-Sanchez and Syvertsen, 2006). تنش شوری باعث کاهش محتوای کلروفیل، کاهش انتقال الکترون‌های فتوسنتزی و کاهش کارآیی فتوسیستم II در گیاه به وسیله تجمع یون‌های سمی در پروتوپلاست می‌گردد (Lopez-Climent *et al.*, 2008). شوری ناشی از نمک کلریدسدیم باعث کاهش کربوهیدرات‌هایی می‌شود که برای رشد سلول‌ها و مراحل اصلی فرآیند فتوسنتز و سرعت آن ضروری است. کربوهیدرات‌ها مراحل اصلی فرآیند فتوسنتز و سرعت فتوسنتز را حمایت می‌کنند و معمولاً پایین‌ترین سرعت‌های فتوسنتزی در گیاهان تحت تنش شوری به‌خصوص شوری با کلریدسدیم مشاهده شده است (Parida and Das, 2005).

کاهش میزان فتوسنتز را می‌توان به کاهش هدایت روزنه‌ای نسبت داد که تحت تنش شوری کاهش می‌یابد. اگر چه بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش شوری به منظور کاهش هدررفت آب صورت می‌گیرد، اما به واسطه جلوگیری از ورود CO_2 می‌تواند فتوسنتز را به کمتر از نقطه جبرانی کاهش دهد (Ashraf and Harris, 2004). کاهش شدت فتوسنتز ناشی از تنش شوری به دلیل عوامل متعددی مانند دهیدراسیون غشاء سلول و در نتیجه کاهش نفوذپذیری CO_2 ، سمیت ناشی از نمک، کاهش میزان CO_2 به دلیل بسته شدن روزنه‌ها، تسریع در فرآیند پیری در نتیجه نمک، تغییر فعالیت آنزیم‌ها به دلیل تغییرات ساختاری در سیتوپلاسم و بازخورد منفی به دلیل کاهش فعالیت منبع می‌باشد. کاهش در فتوسنتز به خاطر تنش شوری می‌تواند به خاطر هدایت روزنه‌ای پایین‌تر، کاهش در جذب کربن و متابولیسم، کاهش توانایی فتوشیمیایی یا ترکیبی از همه این فاکتورها باشد (Cornic and Massacci, 1996). همچنین تنش شوری باعث جلوگیری انتقال الکترون فتوسنتزی، کاهش هدایت روزنه‌ای و افزایش تولید انواع اکسیژن فعال شده که باعث آسیب اکسیداسیونی به فتوسیستم‌ها می‌گردد (Munns, 2002). لازم به ذکر است که تنوع ژنتیکی بین گیاهان سبب اختلاف در میزان فتوسنتز گونه‌های مختلف و حتی ارقام درون یک گونه می‌گردد (Bongi and Loreto, 1989) که نتایج به دست آمده در این پژوهش نیز مؤید همین مطلب است.

هدایت روزنه‌ای: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شوری، ژنوتیپ و اثرات متقابل آنها بر میزان هدایت روزنه‌ای ژنوتیپ‌های انار اثر معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) داشت (جدول ۱)، به طوریکه با افزایش غلظت کلریدسدیم، میزان هدایت روزنه‌ای به طور معنی‌داری کاهش یافت. کمترین میزان هدایت روزنه‌ای مربوط به بالاترین غلظت کلریدسدیم (۱۰۰ میلی‌مولار) بود که باعث کاهش ٤۷/۵۷ درصدی میزان هدایت روزنه‌ای نسبت به تیمار شاهد گردید. ژنوتیپ‌های انار نیز اثر معنی‌داری بر میزان هدایت روزنه‌ای داشتند، به طوریکه کمترین میزان هدایت روزنه‌ای مربوط به ژنوتیپ ملس دانه قرمز اصفهان بود که کاهش ۳۵/٤۸ درصدی نسبت به ژنوتیپ ملس یوسف‌خانی داشت. به طور کلی در غلظت‌های مختلف

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.19.3]

کلریدسدیم، بیشترین و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای به ترتیب در ژنوتیپ‌های ملس یوسف‌خانی و ملس دانه قرمز اصفهان مشاهده گردید (جدول ۲).

هدایت روزنه‌ای در مقایسه با اجزای غیرروزنه‌ای فتوسنتز به تنش شوری حساس‌تر است (James *et al.*, 2008). بسته شدن روزنه اغلب پاسخ سریع اولیه به تنش شوری است و کاهش هدایت روزنه‌ای مهمترین دلیل کاهش فتوسنتز در شرایط تنش است که بلافاصله با آغاز تنش شوری رخ می‌دهد (James *et al.*, 2008; Rahnama *et al.*, 2010) و تنها با گذشت زمان پس از تنش شوری، کاهش میزان فتوسنتز ناشی از هر دو عامل روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای خواهد بود، به عبارتی، عوامل غیرروزنه‌ای در دوره‌های زمانی درازمدت (هفته‌ها) و به دنبال تجمع نمک در برگ‌ها رخ می‌دهد (James *et al.*, 2002). از دلایل کاهش در هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش شوری می‌توان به وجود سیگنال‌هایی از طریق ریشه گیاهان تحت تنش مانند تولید آبسیزیک اسید در ریشه و انتقال آن به شاخه‌ها، تجمع کربوهیدرات‌ها، پتاسیم، کلسیم و کلر در سلول‌های نگهبان روزنه نسبت داد (Paranychianakis and Chartzoulakis, 2005). از جمله علل دیگر کاهش تبادلات گازی در شرایط شوری می‌توان به کاهش در فشار تورگر، وارد آمدن آسیب به چرخه کلوین و ایجاد سمیت توسط تجمع یون‌های سدیم و کلر اشاره نمود (Storey and Walker, 1999).

آنچه مشخص گردیده این است که هدایت روزنه‌ای به سرعت به تغییرات پتانسیل آب پاسخ می‌دهد که مهمترین محدودیت برای رشد و فتوسنتز است (Munns *et al.*, 2010). محققین اظهار نموده‌اند که با افزایش شوری، هدایت روزنه‌ای و سرعت تعرق در پاسخ به تنش شوری در ژنوتیپ‌ها کاهش می‌یابد، اما میزان کاهش در ژنوتیپ متحمل به شوری کمتر است (Walia *et al.*, 2005). بررسی‌های صورت گرفته روی تبادلات گازی دو رقم زیتون ثابت کرده که کاهش تثبیت دی‌اکسیدکربن و هدایت روزنه‌ای در رقم مقاوم به شوری نسبت به رقم حساس به شوری کمتر است (Tattini *et al.*, 1997). کاهش هدایت روزنه‌ای، راه اصلی کاهش هدررفت آب از برگ‌ها در مواجهه با تنش است که این همراه با کاهش ورود دی‌اکسیدکربن به درون برگ‌ها و متعاقب آن کاهش فتوسنتز می‌باشد (علیایی و همکاران، ۱۳۹٤). همچنین بررسی‌های انجام گرفته در رابطه با اثر تنش شوری روی پایه رنگ‌پورلایم مرکبات (Melgar *et al.*, 2008) و چهار رقم زیتون (علیایی و همکاران، ۱۳۹٤) نیز نشان داده است که در شرایط تنش شوری میزان هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز کاهش می‌یابد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای: نتایج تجزیه واریانس این پژوهش نشان داد که شوری، ژنوتیپ و اثرات متقابل آنها بر میزان غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای ژنوتیپ‌های انار اثر معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) داشت (جدول ۱). با افزایش تنش شوری و غلظت کلریدسدیم، غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای در تمام ژنوتیپ‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین میزان غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای مربوط به بالاترین غلظت نمک کلریدسدیم (۱۰۰ میلی‌مولار) بود که سبب افزایش ۲۷/٤۲ درصدی غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای نسبت به تیمار شاهد گردید. ژنوتیپ‌های انار نیز اثر معنی‌داری بر غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای داشتند، به طوریکه بیشترین مقدار آن مربوط به ژنوتیپ شیرین شهوار بود که افزایش ۱۵/۰٤ درصدی نسبت به ژنوتیپ ملس یوسف‌خانی داشت. به طور کلی در غلظت‌های مختلف کلریدسدیم، بیشترین و کمترین غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای به ترتیب در ژنوتیپ‌های می‌خوش یزد و ملس یوسف‌خانی مشاهده گردید (جدول ۳).

مطالعات صورت‌گرفته روی بعضی از گیاهان نشان داده است که غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای با افزایش شوری باید همراه با نقصان هدایت روزنه‌ای روند کاهشی داشته باشد اما در این پژوهش با آنکه با افزایش غلظت نمک کلریدسدیم، میزان هدایت روزنه‌ای کاهش یافته ولی غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای به طور معنی‌داری افزایش یافت که این مطلب می‌تواند بیانگر اثرات نامطوب نمک بر روی دستگاه فتوسنتزی باشد (Fisher *et al.*, 1998). تجمع دی‌اکسیدکربن در برگ در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.19.3]

جدول ۳- مقایسه میانگین برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فتوسنتزی شش ژنوتیپ انار ایرانی در سطوح مختلف شوری

کلریدسدیم (میلی‌مولار)	ژنوتیپ						میانگین
	ملس دانه قرمز اصفهان	ملس یزدی	شیرین شهوار	می‌خوش یزد	ملس ساوه	ملس یوسف‌خانی	
غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای (میکرومول CO_2 بر مول)							
۰	۲٤۰/۰^{qr}	۲٦۰/۳^{n}	۲۵۱/۰^{op}	۲٦٦/۰$^{l-n}$	۲۳٦/۳^{rs}	۲۳۰/۰^{s}	۲٤۷/۳^{E}
۲۵	۲٦۵/۰^{mn}	۲۷۳/۰$^{j-m}$	۲٦۹/۳^{lm}	۲۷۷/۷$^{i-k}$	۲٤۷/۳$^{o-q}$	۲٤۳/۷$^{p-r}$	۲٦۲/۷^{D}
۵۰	۲۸۰/۳$^{h-j}$	۲۷۹/۳$^{h-k}$	۲۸۹/۷^{fg}	۲۹٦/۷^{ef}	۲۷۳/۷$^{j-l}$	۲۵۲/۰^{o}	۲۷۸/٦^{C}
۷۵	۳۰۵/۰^{cd}	۲۹٦/۰^{ef}	۳۰٦/۷^{c}	۳۰۹/۰^{c}	۲۸۷/۰^{gh}	۲۷۱/۷$^{k-m}$	۲۹۵/۹^{B}
۱۰۰	۳۲٤/۰^{b}	۳۳۵/۰^{a}	۳۲۷/۳^{b}	۳۲۳/۰^{b}	۲۹۸/۷^{de}	۲۸۲/۷$^{g-i}$	۳۱۵/۱^{A}
میانگین	۲۸۲/۹^{C}	۲۸۸/۷^{B}	۲۸۸/۸^{B}	۲۹٤/۵^{A}	۲٦۸/٦^{D}	۲۵٦/۰^{E}	
درصد هدایت مزوفیلی (کارآیی کربوکسیلاسیون) (مول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه)							
۰	۳/۲٤^{f}	۳/۵۱^{e}	۳/۷۱^{d}	۳/۸۲^{d}	٤/٤۹^{b}	٤/۹۲^{a}	۳/۹۵^{A}
۲۵	۲/۵۲$^{j-l}$	۲/۸٤$^{g-i}$	۲/۹۹^{g}	۳/۱۸^{f}	۳/۸۲^{d}	٤/۱۹^{c}	۳/۲٦^{B}
۵۰	۲/۱۵^{mn}	۲/۵۰^{kl}	۲/۳۹^{l}	۲/٦۷$^{i-k}$	۳/۲٤^{f}	۳/٦٤^{de}	۲/۷۷^{C}
۷۵	۱/٦۳^{p}	۱/۹٦^{no}	۱/۸۳^{o}	۲/۱۹^{m}	۲/۷۱$^{h-j}$	۲/۹۱^{gh}	۲/۲۱^{D}
۱۰۰	۱/۲۲^{q}	۱/۳۵^{q}	۱/۳۸^{q}	۱/۸۸^{o}	۲/٤۱^{l}	۲/٦۷$^{i-k}$	۱/۸۲^{E}
میانگین	۲/۱۵^{E}	۲/٤۳^{D}	۲/٤٦^{D}	۲/۷۵^{C}	۳/۳۳^{B}	۳/٦۷^{A}	
سرعت تعرق (میلی‌مول H_2O بر مترمربع بر ثانیه)							
۰	۳/۱۰^{d}	۲/۹۷^{e}	۳/۲۷^{c}	۲/۹۳^{e}	۳/٤۱^{b}	۳/٦۷^{a}	۳/۲۳^{A}
۲۵	۲/٦٦^{gh}	۲/۵۵^{hi}	۲/۸۹^{e}	۲/۵۰^{ij}	۳/۱۵^{cd}	۳/۲۳^{c}	۲/۸۳^{B}
۵۰	۲/۳۹^{jk}	۲/۲۵^{l}	۲/٤۷^{ij}	۲/۳۲^{kl}	۲/۷٦^{fg}	۲/۸٦^{ef}	۲/۵۱^{C}
۷۵	۱/۷٦^{o}	۱/۵۱^{pq}	۲/۰٦^{m}	۱/۹۳^{n}	۲/٤۸^{ij}	۲/۵۵^{hi}	۲/۰۵^{D}
۱۰۰	۱/٤۵^{q}	۱/۳۰^{r}	۱/۵۷^{p}	۱/٤۸^{pq}	۲/۰۵^{m}	۲/۲٤^{l}	۱/٦۸^{E}
میانگین	۲/۲۷^{D}	۲/۱۲^{E}	۲/٤۵^{C}	۲/۲۳^{D}	۲/۷۷^{B}	۲/۹۱^{A}	
کارآیی مصرف لحظه‌ای آب برگ (میکرومول CO_2 بر میلی‌مول H_2O)							
۰	۲/۵۰^{l}	۳/۰۹$^{f-h}$	۲/۸۵$^{h-k}$	۳/٤۷^{c}	۳/۱۲$^{e-g}$	۳/۰۹$^{f-h}$	۳/۰۲^{C}
۲۵	۲/۵۱^{l}	۳/۰۵$^{f-i}$	۲/۷۸^{jk}	۳/۵۳^{c}	۲/۹۹$^{f-j}$	۳/۱٦^{ef}	۳/۰۰^{C}
۵۰	۲/۵۱^{l}	۳/۱۰$^{f-h}$	۲/۸۰$^{i-k}$	۳/٤۲^{cd}	۳/۲۲$^{d-f}$	۳/۲۱$^{d-f}$	۳/۰٤^{C}
۷۵	۲/۸۳$^{i-k}$	۳/۸٦^{b}	۲/۷۲^{kl}	۳/۵۰^{c}	۳/۱٤^{ef}	۳/۱۰$^{f-h}$	۳/۱۹^{B}
۱۰۰	۲/۷۲$^{j-l}$	۳/٤۷^{c}	۲/۸۷$^{g-k}$	٤/۱۳^{a}	۳/۵۱^{c}	۳/۳۷$^{c-e}$	۳/۳۵^{A}
میانگین	۲/٦۲^{E}	۳/۳۱^{B}	۲/۸۰^{D}	۳/٦۱^{A}	۳/۲۰^{C}	۳/۱۹^{C}	

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

شرایط تنش نشان‌دهنده عدم توانایی گیاه در فرآوری دی‌اکسیدکربن علی‌رغم عبور آن از مقاومت روزنه‌ای است. بنابراین، در صورتی که کاهش فتوسنتز با افزایش یا ثبات غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای همراه باشد، می‌توان گفت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.19.3]

که عوامل غیرروزنه‌ای محدودکننده فتوسنتز هستند (Halder and Burrage, 2004). البته کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای در شرایط تنش ملایم و افزایش آن در تنش‌های شدید در گیاهان گزارش شده است (Siddique *et al.*, 1999). افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای با وجود کاهش شدید در هدایت روزنه‌ای را می‌توان به کاهش ظرفیت فتوسنتزی کلروپلاست‌ها و یا کاهش بازده کربوکسیلاسیون نسبت داد (Luo, 1991) که با نتایج این پژوهش نیز سازگار است.

هدایت مزوفیلی (کارآیی کربوکسیلاسیون): نتایج تجزیه واریانس حاصل از این مطالعه نشان داد که شوری (P≤۰/۰۱)، ژنوتیپ (P≤۰/۰۱) و اثرات متقابل آنها (P≤۰/۰۵) بر میزان هدایت مزوفیلی ژنوتیپ‌های انار اثر معنی‌داری داشت (جدول ۱)، به طوریکه با افزایش غلظت کلریدسدیم، میزان هدایت مزوفیلی به طور معنی‌داری کاهش یافت. کمترین میزان هدایت مزوفیلی مربوط به بیشترین غلظت کلریدسدیم (۱۰۰ میلی‌مولار) بود که باعث کاهش ۵۳/۹۲ درصدی میزان هدایت مزوفیلی نسبت به تیمار شاهد گردید. ژنوتیپ‌های انار نیز اثر معنی‌داری بر میزان هدایت مزوفیلی داشتند، به طوریکه کمترین میزان هدایت مزوفیلی مربوط به ژنوتیپ ملس دانه قرمز اصفهان بود که کاهش ٤۱/٤۲ درصدی نسبت به ژنوتیپ ملس یوسف‌خانی داشت. به طور کلی در غلظت‌های مختلف کلریدسدیم، بیشترین و کمترین میزان هدایت مزوفیلی به ترتیب در ژنوتیپ‌های ملس یوسف‌خانی و ملس دانه قرمز اصفهان مشاهده گردید (جدول ۳).

مجموعه مکانیسم‌های درونی برگ که به فرآوری دی‌اکسیدکربن می‌انجامد، هدایت مزوفیلی نامیده می‌شود. گزارش شده است که عامل اصلی محدودکننده فتوسنتز کاهش هدایت مزوفیلی می‌باشد. میزان کمتر فتوسنتز و فرآوری دی‌اکسیدکربن در حضور مقادیر بالای دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای به مفهوم پایین بودن میزان هدایت مزوفیلی و عدم توانایی سلول‌های مزوفیل در استفاده از دی‌اکسیدکربن می‌باشد (Fisher *et al.*, 1998). یکی از عواملی که می‌تواند توزیع دی‌اکسیدکربن را به سمت مکان‌های تثبیت آن یعنی کلروپلاست‌ها محدود نماید، هدایت مزوفیلی می‌باشد که در شرایط تنش و به‌خصوص تنش شوری کاهش یافته که این عدم انتقال دی‌اکسیدکربن به مکان‌های تثبیت‌کننده کربن باعث کاهش فتوسنتز و کاهش هدایت روزنه‌ای می‌گردد (Bongi and Loreto, 1989). بنابراین کاهش هدایت روزنه‌ای و هدایت مزوفیلی، عوامل مؤثر در نقصان فتوسنتز تحت تنش‌های شوری و خشکی می‌باشند و می‌توان گفت که مقاومت بیشتر به این تنش‌ها با مقادیر بالاتر هدایت مزوفیلی و تا حدی هدایت روزنه‌ای مرتبط است (سی و سه مرده و همکاران، ۱۳۸۳) که با یافته‌های این مطالعه هماهنگی دارد.

سرعت تعرق: نتایج تجزیه واریانس حاصل از این تحقیق نشان داد که شوری، ژنوتیپ و اثرات متقابل آنها بر میزان سرعت تعرق ژنوتیپ‌های انار اثر معنی‌داری (P≤۰/۰۱) داشت (جدول ۱)، به طوریکه با افزایش غلظت کلریدسدیم، سرعت تعرق به طور معنی‌داری کاهش یافت. کمترین میزان سرعت تعرق مربوط به بالاترین غلظت کلریدسدیم (۱۰۰ میلی‌مولار) بود که باعث کاهش ٤۷/۹۹ درصدی میزان سرعت تعرق نسبت به تیمار شاهد گردید. ژنوتیپ‌های انار نیز اثر معنی‌داری بر میزان سرعت تعرق داشتند، به طوریکه کمترین میزان سرعت تعرق مربوط به ژنوتیپ ملس یزدی بود که کاهش ۲۷/۱۵ درصدی نسبت به ژنوتیپ ملس یوسف‌خانی داشت. به طور کلی در غلظت‌های مختلف کلریدسدیم، بیشترین و کمترین میزان سرعت تعرق به ترتیب در ژنوتیپ‌های ملس یوسف‌خانی و ملس یزدی مشاهده گردید (جدول ۳).

به طور کلی گیاهان با بستن روزنه‌ها از تنش پرهیز می‌کنند و معمولاً کاهش هدایت روزنه‌ای با کاهش میزان تعرق همراه است که این امر از نقصان بسیار آب برگ ممانعت نموده و یکی از اولین پاسخ‌های گیاهان برای جلوگیری از دست دادن آب می‌باشد (حسنی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹٤). از آنجا که تنش شوری، باعث القای خشکی فیزیولوژیک در گیاهان می‌شود که نتیجه آن بسته شدن نسبی روزنه‌ها و کاهش اتلاف آب از روزنه‌ها است (Raschke, 1976) و از طرفی بسته شدن روزنه‌ها برای مدت طولانی می‌تواند منجر به تخریب کلروپلاست (Jones

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.19.3]

et al., 1981) و افزایش دمای برگ به میزان پنج تا شش درجه سانتی‌گراد شود (Rawson *et al.*, 1978)؛ لذا گفته می‌شود که بسته شدن روزنه‌ها در واکنش به تنش، یک فرآیند حفظ آب نیست بلکه با کاهش تورژسانس سلول‌های روزنه مرتبط است (Verona and Calcagno, 1991). همچنین گزارش شده که گیاه باید طی تنش، روزنه‌ها را باز نگه دارد به طوریکه آب و مواد غذایی را بهتر از خاک جذب کند و در چنین حالتی، ژنوتیپ‌های مقاوم می‌توانند مورد توجه قرار بگیرند (Verona and Calcagno, 1991)؛ این در حالی است که سی و سه مرده و همکاران (۱۳۸۳) بیان داشته‌اند که بسته شدن روزنه برخلاف آنچه که اظهار می‌دارند (Verona and Calcagno, 1991)، یک فرآیند غیرفعال نبوده بلکه به تجمع پرولین مرتبط است و تجمع آن از طریق افزایش مقاومت روزنه‌ای، میزان تعرق را کاهش می‌دهد.

بر اساس یافته‌های به‌دست آمده، تنش شوری با کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک، میزان جذب آب توسط گیاه و متعاقب آن تعرق و رشد گیاه را کاهش داده و تداوم تنش شوری باعث نابودی گیاه به علت تجمع یون‌های سدیم و کلر در برگ‌ها می‌گردد (Sivritepe *et al.*, 2010). مطالعات برخی از محققین (Tattini *et al.*, 1997) نشان داده است که شوری، پارامترهای تبادل گازی را در دو رقم حساس و مقاوم به زیتون کاهش داده به گونه‌ای که کاهش تعرق و تبادلات گازی در رقم حساس سریع‌تر از رقم مقاوم اتفاق افتاده که این تغییرات را به تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام زیتون مرتبط دانسته‌اند و نتایج این پژوهش نیز با این نکته که در ژنوتیپ‌های مقاوم نسبت به ژنوتیپ‌های حساس، میزان تعرق با میزان و سرعت کمتری کاهش داشته است مطابقت دارد. همچنین نتایج حاصل از این تحقیق مبنی بر این که با افزایش شوری میزان تعرق کاهش می‌یابد با یافته‌های حاصل از تحقیقات (اطلسی‌پاک و همکاران، ۱۳۸۹) و (علیایی و همکاران، ۱۳۹٤) تأیید می‌گردد.

کارآیی مصرف لحظه‌ای آب برگ: نتایج تجزیه واریانس حاصل از این تحقیق نشان داد که شوری، ژنوتیپ و اثرات متقابل آنها بر میزان کارآیی مصرف لحظه‌ای آب برگ ژنوتیپ‌های انار اثر معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) داشت (جدول ۱). به طور کلی از نظر میزان کارایی مصرف آب فتوسنتزی (برگ)، تیمارهای شاهد، ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار نمک کلریدسدیم در یک گروه آماری قرار گرفتند اما با افزایش کلریدسدیم از غلظت ۷۵ میلی‌مولار، میزان کارآیی مصرف آب برگ بتدریج افزایش یافت. بیشترین میزان کارآیی مصرف آب مربوط به بالاترین غلظت کلریدسدیم (۱۰۰ میلی‌مولار) بود که باعث افزایش ۱۰/۹۳ درصدی نسبت به تیمار شاهد گردید. ژنوتیپ‌های انار نیز اثر معنی‌داری بر میزان کارآیی مصرف آب داشتند، به طوری که کمترین میزان کارآیی مربوط به ژنوتیپ ملس دانه قرمز اصفهان بود که کاهش ۲۷/٤۲ درصدی نسبت به ژنوتیپ می‌خوش یزد داشت. به طور کلی در غلظت‌های مختلف کلریدسدیم، بیشترین و کمترین میزان کارآیی مصرف آب به ترتیب در ژنوتیپ‌های می‌خوش یزد و ملس دانه قرمز اصفهان مشاهده گردید (جدول ۳).

در محیط شور، جذب و مصرف آب توسط گیاه کاهش یافته که به کاهش پتانسیل آب محیط ریشه و کاهش توان گیاه در جذب آب مربوط می‌شود (Chaudhuri and Chaudhuri, 1998). کاهش مصرف آب همچنین می‌تواند به دلیل افزایش مقاومت در مسیر جریان آب در داخل گیاه مانند کاهش تعداد و قطر آوندها (Gadallah and Ramadan, 1997) و یا افزایش مقاومت روزنه‌ای و کاهش تعرق (Ashraf and O'Leary, 1997) باشد. اگر چه ژنوتیپ می‌خوش یزد دارای بالاترین میزان کارآیی مصرف آب برگ بود اما جزو ژنوتیپ‌های حساس به شوری قرار گرفت که احتمالاً می‌تواند به علت میزان CO_2 زیرروزنه‌ای باشد که احتمالاً ناشی از اثر عوامل غیرروزنه‌ای متأثر از شوری است. کاهش کارآیی مصرف لحظه‌ای آب با افزایش میزان تنش می‌تواند ناشی از کاهش میزان CO_2 زیرروزنه‌ای باشد که بیشتر متأثر از عوامل غیرروزنه‌ای است تا عوامل روزنه‌ای (Flexas *et al.*, 2008). البته نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که با افزایش تنش شوری، میزان CO_2 زیرروزنه‌ای نیز افزایش یافت که می‌تواند به دلیل رابطه غیرخطی بین میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.19.3]

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین صفات ژنوتیپ‌های تجاری انار در شرایط تنش شوری

		۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸
۱	محتوای نسبی آب	۱							
۲	محتوای کلروفیل	۰/۷۹**	۱						
۳	سرعت فتوسنتز	۰/۸۱**	۰/۹۲**	۱					
٤	سرعت تعرق	۰/۸۳**	۰/۹٥**	۰/۹۱**	۱				
٥	هدایت روزنه‌ای	۰/۸۰**	۰/۸۹**	۰/۸۹**	۰/۹۲**	۱			
٦	غلظت CO_2 زیرروزنه‌ای	-۰/۸۹**	-۰/۹۱**	-۰/۸۷**	-۰/۹٦**	-۰/۸۷**	۱		
۷	کارایی مصرف آب	-۰/۱۰ns	-۰/۲۱ns	۰/۰۸ns	-۰/۳۲ns	-۰/۱۷ns	۰/۲۸ns	۱	
۸	هدایت مزوفیلی	۰/۸٥**	۰/۹٤**	۰/۹۸**	۰/۹٤**	۰/۹۳**	-۰/۹۳**	-۰/۰۲ns	۱

** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار

باشد؛ بدین مفهوم که محدودیت‌های آبی بیشتر از مهار فتوسنتز وجود داشته است (Flexas *et al.*, 2004). گزارش شده است که وقتی هدایت روزنه‌ای در واکنش به کمبود آب (ناشی از تنش شوری) کاهش می‌یابد، این امر به افزایش کارآیی مصرف آب منجر می‌گردد (Bhattacharjee and Mukherjee, 2002). تنش شوری، خشکی فیزیولوژیک را در گیاهان القاء می‌کند که نتیجه آن بسته شدن نسبی روزنه‌ها و کاهش اتلاف آب از روزنه‌ها است و با توجه به اینکه بسته شدن نسبی روزنه‌ها تأثیر بیشتری بر خروج آب تا ورود CO_2 دارد، لذا در این شرایط کارآیی مصرف آب برگ افزایش می‌یابد (Raschke, 1976). همچنین نتایج این مطالعه با نتایج یک پژوهش مبنی بر این که در شرایط تنش و با شدت یافتن آن از میزان هدایت روزنه‌ای کاسته می‌شود، اما کارآیی مصرف آب فتوسنتزی و غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای افزایش نشان می‌دهد (DaCosta *et al.*, 2004)، مطابقت و هماهنگی دارد.

همبستگی بین صفات

نتایج بررسی همبستگی بین صفات مختلف (جدول ٤) تحت تنش شوری نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سرعت فتوسنتز با سرعت تعرق (r=۰/۹۱)، هدایت روزنه‌ای (r=۰/۸۹)، هدایت مزوفیلی (r=۰/۹۸)، محتوای نسبی آب (r=۰/۸۱) و محتوای کلروفیل (r=۰/۹۲) وجود داشت اما همبستگی منفی و معنی‌داری بین سرعت فتوسنتز با غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای (r=-۰/۸۷) مشاهده شد. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین هدایت مزوفیلی با محتوای نسبی آب (r=۰/۸٥)، محتوای کلروفیل (r=۰/۹٤)، سرعت تعرق (r=۰/۹٤) و هدایت روزنه‌ای (r=۰/۹۳) وجود داشت اما همبستگی منفی و معنی‌داری بین هدایت مزوفیلی با غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای (r=-۰/۹۳) پدیدار شد. با بررسی همبستگی بین صفات دیگر نیز معلوم شد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین هدایت روزنه‌ای و محتوای نسبی آب (r=۰/۸۰)، محتوای کلروفیل (r=۰/۸۹)، سرعت تعرق (r=۰/۹۲) و هدایت مزوفیلی (r=۰/۹۳) وجود داشت اما همبستگی منفی و معنی‌داری بین هدایت روزنه‌ای با غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروزنه‌ای (r=-۰/۸۷) مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس یافته‌های به‌دست آمده از این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ ملس یوسف‌خانی در قیاس با سایر ژنوتیپ‌های بررسی‌شده از نظر خصوصیات فیزیولوژیکی و پارامترهای فتوسنتزی مورد مطالعه دارای مقاومت و تحمل بیشتری در برابر تنش شوری بود و در گروه برتر قرار گرفت. لذا با توجه به مشکلات ناشی از وجود آب و خاک‌های شور در کشور پیشنهاد می‌گردد که از این ژنوتیپ در شرایط تنش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.19.3]

شوری استفاده گردد. پس از آن، ژنوتیپ ملس ساوه مقاومت متوسطی از خود نشان داد و سایر ژنوتیپ‌ها به ترتیب تحمل از بیشتر به کمتر شامل می‌خوش یزد، شیرین شهوار، ملس یزدی و ملس دانه قرمز اصفهان همگی در گروه حساس به شوری ارزیابی شدند. همچنین در این مطالعه مشخص شد که شاخص‌های فیزیولوژیکی از قبیل سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی، غلظت کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ می‌توانند به عنوان معیار گزینشی در جهت مقاومت و تحمل به شوری بسیار کارآمد باشند و مورد استفاده قرار گیرند.

منابع

اطلسی‌پاک، و.، نبی‌پور، م. و مسکرباشی، م. (۱۳۸۹) مقایسه واکنش‌های فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های کلزا (*Brassica napus*) به سطوح مختلف شوری، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک ۵۱: ۱۸۲-۱۷۱.

حسنی‌مقدم، ا.، اثنی‌عشری، م. و رضائی‌نژاد، ع. (۱۳۹٤) اثر تنش خشکی روی برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی شش رقم انار (*Punica granatum* L.) تجاری ایرانی. مجله فنآوری تولیدات گیاهی ۷: ۱۱-۱.

حیدری شریف‌آباد، ح. (۱۳۸۰) گیاه و شوری. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران.

خوشبخت، د.، میرزایی، م. و رامین، ع. ا. (۱۳۹۳) عکس‌العمل فتوسنتزی، تغذیه‌ای و رویشی دو پایه مرکبات تحت تأثیر تنش شوری. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ۱٤: ٤٦-۳۵.

سی و سه مرده، ع.، احمدی، ع.، پوستینی، ک. و ابراهیم‌زاده، ح. (۱۳۸۳) عوامل روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای کنترل‌کننده فتوسنتز و ارتباط آن با مقاومت به خشکی در ارقام گندم. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۵: ۱۰٦-۹۳.

شیردلی، ع. و طهماسبی، ع. (۱۳۹۲) تأثیرتوأم شوری آب آبیاری و نیتروژن بر مقاومت، عملکرد و کارآیی مصرف آب (WUE) انار. مجله علوم و مهندسی آبیاری ۳٦: ٤٤-۳۳.

علیایی، ف.، بانی‌نسب، ب. و قبادی، س. (۱۳۹٤) اثر تنش شوری بر برخی شاخص‌های تبادلات گازی برگ در چهار رقم زیتون. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ٤: ۵۹-۵۱.

فلاح، ا.، فرهمندفر، ا. و مرادی، ف. (۱۳۹٤) تأثیر تنش شوری در مراحل مختلف رشد بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی دو رقم برنج در شرایط گلخانه. مجله پژوهش‌های کاربردی زراعی ۲۸: ۱۸۲-۱۷۵.

Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y. and Sakuratani, T. (2002) Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mungbean subjected to waterlogging. Plant Science 163: 117-123.

Ashraf, M. and Harris, P. J. C. (2004) Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Science 166: 3-16.

Ashraf, M. and O'Leary, J. W. (1997) Responses of a salt-tolerant and a salt-sensitive line of sunflower to varying sodium/calcium ratios in saline sand culture. Journal of Plant Nutrition 20: 361-377.

Bastam, N., Baninasab, B. and Ghobadi, C. (2013) Improving salt tolerance by exogenous application of salicylic acid in seedlings of pistachio. Plant Growth Regulation 69: 275-284.

Bhattacharjee, S. and Mukherjee, A. K. (2002) Salt stress-induced cytosolute accumulation, antioxidant response and membrane deterioration in the three rice cultivars during early germination. Seed Science and Technology 30: 279-286.

Bongi, F. and Loreto, F. (1989) Gas-exchange properties of salt-stressed olive (*Olea europaea* L.) leaves. Plant Physiology 90: 1408-1416.

Chaudhuri, K. and Chaudhuri, M. A. (1998) Effects of short-term NaCl stress on water relations and gas exchange of two jute species. Biologia Plantarum 40: 373-380.

Cicek, N. and Cakirlar, H. (2002) The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. Bulgican Journal Plant Physiology 28: 66-74.

Cornic, C. and Massacci, A. (1996) Leaf photosynthesis under drought stress. In: Photosynthesis and Environment. (ed. Baker, N. R.) Pp: 347-366. Kluwer Academic Publish.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.19.3]

DaCosta, M., Wang, Z. and Huang, B. (2004) Physiological adaptation of Kentucky bluegrass localized soil drying. Crop Science 44: 1307-1314.

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: 181-190.

Drazkiewice, M. (1994) Chlorophyllase: occurrence, function, mechanism of action, effect of external and internal factors. Photosythetica 30: 321-331.

Farkhondeh, R., Nabizadeh, E. and Jalil Nezhad, N. (2012) Effect of salinity stress on proline content, membrane stability and water relation in two sugar beet cultivars. International Journal of Agricultural Science 2: 385-392.

Fisher, R., Rees, D., Sayre, K., Lu, Z., Candon, A. and Saavedra, A. (1998) Wheat yield progress associated with higher stomata conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. Crop Science 38:1467-1475.

Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G. and Sharkey, T. D. (2004) Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C_3 plants. Plant Biology 6: 269-279.

Flexas, J., Ribas-Carbo, M., Diaz-Espejo, A., Galmes, J. and Medrano, H. (2008) Mesophyll conductance to CO_2: current knowledge and future prospects. Plant, Cell and Environment 31: 602-621.

Gadallah, M. A. A. and Ramadan, T. (1997) Effect of zinc and salinity on growth and anatomical structure of *Carthamus tinctorius* L. Biologia Plantarum 39: 411-418.

Garcia-Sanchez, F. and Syvertsen, J. P. (2006) Salinity tolerance of *Cleopatra mandarin* and carrizo citriange citrus rootstock seedlingsin is affected by CO_2 enrichment during growth. Journal of the American Society for Horticultural Science 131: 24-31.

Halder, K. and Burrage, S. (2004) Effect of drought stress on photosynthesis and leaf gas exchange of rice growth in Nutrient Film Technique (NFT). Pakistan Journal of Biological Sciences 7: 563-565.

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: 38-46.

James, R. A., Caemmerer, S. V., Condon, A. G., Zwart, A. B. and Munns, R. (2008) Genetic variation in tolerance to the osmotic stress component of salinity stress in durum wheat. Functional Plant Biology 35: 111-123.

James, R. A., Rivelli, A. R., Munns, R. and Caemmerer, S. V. (2002) Factors affecting CO_2 assimilation, leaf injury and growth in salt-stressed durum wheat. Functional Plant Biology 29: 1393-1403.

Jamil, M., Rehman, S. U., Lee, K. J., Kim, J. M. and Rha, H. K. (2007) Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. Scientia Agricola 64: 111-118.

Jones, M. N., Turner, N. C. and Osmond, C. B. (1981) Mechanisms of drought resistance. In: The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants. (Eds. Paleg, L. G. and Aspinal, A.) Pp. 15-35. Academic press.

Lawlor, D. W. and Cornic, G. (2002) Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant, Cell and Environment 25: 275-294.

Lopez-Climent, M. F., Rosa, M. V. A. and Gomez-Cadenas, P. C. A. (2008) Relationship between salt tolerance and photosynthetic machinery performation in citrus. Environmental and Experimental Botany 62: 176-184.

Lu, K. X., Cao, B. H., Feng, X. P., He, Y. and Jiang, D. A. (2009) Photosynthetic response of salt-tolerant and sensitive soybean varieties. Photosynthetica 47: 381-387.

Luo, Y. (1991) Changes of Ci /Ca in association with stomatal and no stomatal limitation to photosynthesis in water stressed *Abutilon theophrasti*. Photosynthetica 25: 273-279.

Melgar, J. C., Syvertsen, J. P., Martinez, V. and Garcia-Sanchez, F. (2008) Leaf gas exchange, water relations, nutrient content and growth in citrus and olive seedlings under salinity. Biologia Plantarum 52: 385-390.

Misra, A. N., Sahu, S. M., Misra, M., Singh, P., Meera, I., Das, N., Kar, M. and Sahu, P. (1997) Sodium chloride induced changes in leaf growth, and pigment and protein contents in two rice cultivars. Biologia Plantarum 39: 257-262.

Modhan, M. M., Narayanan, S. L. and Ibrahim, S. M. (2000) Chlorophyll stability indexces (CSI): its impacts on salt tolerance in rice International Rice Research Notes 25: 38-40.

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

Munns, R. and Tester, M. (2008) Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59:651-681.

Munns, R., James, R. A., Sirault, X. R. R., Furbank, R. T. and Jones, H. G. (2010) New phenotyping methods for screening wheat and barley for beneficial responses to water deficit. Experimental Botany 61: 3499-3507.

Paranychianakis, N. V. and Chartzoulakis, K. S. (2005) Irigation of Mediterranean crops with saline water: from physiology to management practices. Agriculture Ecosystems and Environment 106: 171-187.

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

Patel, A. D. and Pandey, A. N. (2008) Growth, water status and nutrient accumulation of seedlings of *Holoptelea integrifolia* (Roxb.) Planch in response to soil salinity. Plant, Soil and Environment 54: 367-373.

Qadir, M., Tubeileh, A., Akhtar, J., Larbi, A., Minhas, P. S. and Khan, M. A. (2008) Productivity enhancement of salt-affected environments through crop diversification. Land Degradation and Development 19: 429-453.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.19.3]

Rahnama, A., James, R. A., Poustini, K. and Munns, R. (2010) Stomatal conductance as a screen for osmotic stress tolerance in durum wheat growing in saline soil. Functional Plant Biology 37: 255-269.

Rao, G. G. and Rao, G. R. (1981) Pigment composition chlorophyllase activity in pigeon pea (*Cajanus indicus* Spreng) and Gingelley (*Sesamum indicum* L.) under NaCl salinity. Indian Journal Experimental Biology 19: 768-770.

Raschke, K. (1976) How stomata resolve the dilemma of opposing priorities. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 273: 551-560.

Rawson, H. M., Turner, N. C. and Begg, J. E. (1978) Agronomic and physiological responses of soybean and sorghum crops to water deficits.4. Photosynthesis, transpiration and water use efficiency in leaves. Australian Journal of Plant Physiology 5: 195-209.

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.

Rozema, J. and Flowers, T. J. (2008) Crops for a salinized world. Science 322: 1478-1480.

Schonfeld, M. A., Johnson, R. C., Carver, B. F. and Mornhinweg, D. W. (1988) Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Sciences 28: 526-531.

Sharma, N., Gupta, N. K., Gupta, S. and Hasegawa, H. (2005) Effect of NaCl salinity on photosynthetic rate, transpiration rate and oxidative stress tolerance in contrasting wheat genotypes. Photosynthetica 43: 609-613.

Siddique, M. R. B., Hamid, A. and Islam, M. S. (1999) Drought stress effects on photosynthetic rate and leaf gas exchange of wheat. Journal of Botany 40: 141-145.

Sivritepe, N., Sivritepe, H. O., Celik, H. and Katkat, A. V. (2010) Salinity responses of grafted grapevines: effects of scion and rootstock genotypes. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj 38: 193-201.

Stepien, P. and Klbus, G. (2006) Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. leaves under salt stress. Biologia Plantarum 50: 610-616.

Storey, R. and Walker, R. R. (1999) Citrus and salinity. Scientia Horticulturae 78: 39-81.

Suarez, N. and Medina, E. (2008) Salinity effects on leaf ion composition and salt secretion rate in *Avicennia germinans* (L.) L. Brazilian Journal of Plant Physiology 20: 131-140.

Tanji, K. K. (2002) Salinity in the soil environment. In: Salinity Environment Plant Molecules. (eds. Lauchli, A. and Luttge, U.) Pp. 21-51. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands.

Tattini, M., Lombardini, L. and Gucci, R. (1997) The effect of NaCl stress and relief on gas exchange properties of two olive cultivars differing in tolerance to salinity. Plant and Soil 197: 87-93.

Tiwari, H., Agarwal, R. and Bhatt, P. (1998) Photosynthesis, stomata resistance and related characteristics as influenced by potassium under normal water supply and water stress condition in rice. Indian Journal of Plant Physiology 3: 314-316.

Verona, C. and Calcagno, F. (1991) Study of stomatal parameters for selection of drought resistant varieties in *Triticum durum*. Euphytica 57: 275-283.

Walia, H., Wilson, C., Condamine, P., Liu, X., Ismail, A. M., Zeng, L., Wanamaker, S. I., Mandal, J., Xu, J., Cui, X. and Close, T. J. (2005) Comparative transcriptional profiling of two contrasting rice genotypes under salinity stress during the vegetative growth stage. Plant Physiology 139: 822-835.

Younis, M. E., El-Shahaby, O. A., Abo-Hamed, S. A., Ibrahim, A. H. (2000) Effects of water stress on growth, pigments and $^{14}CO_2$ assimilation in three sorghum cultivars. Agronomy and Crop Science 185: 73-82.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.19.3]

Effect of salinity stress on some physiological characteristics and photosynthetic parameters of several Iranian commercial pomegranate genotypes

Nasrollah Soori[1 and 2], Davood Bakhshi[1,*], Abdolhossein Rezaei Nejad[3] and Mohammad Faizian[4]

[1] Department of Agriculture, Payame Noor University, Iran
[2] Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, Guilan University, Rasht, Iran
[3] Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
[4] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
(Received: 16/12/2017, Accepted: 31/01/2018)

Abstract

In order to investigate the salinity tolerance of six pomegranate genotypes including Malas Dane Ghermez Isfahan, Malas Yazdi, Shirin Shahvar, Meykhosh Yazd, Malas Saveh and Malas Yousofkhani, a greenhouse experiment was conducted as a factorial based on randomized complete block design with five salinity levels of 0, 25, 50, 75 and 100 mM sodium chloride at Agricultural College of Lorestan University in 2015. The results showed that with increasing salinity, photosynthesis rate, transpiration rate, stomatal conductance, leaf relative water content, relative chlorophyll content and mesophilic conduction (carboxylation efficiency) significantly decreased, whereas the degree of intercellular CO_2 concentration and leaf water use efficiency increased significantly. Also, comparison of meanings showed that there was a significant difference between genotypes in the measured factors. Finally, the results of the research showed that the genotype of Malas Yousofkhani, due to its superiority in most traits related to salinity tolerance, had higher tolerance than other genotypes to salinity induced by sodium chloride.

Keywords: Intercellular carbon dioxide concentration, Mesophilic conduction, Photosynthesis rate, Stomatal conductance, Transpiration rate, Water use efficiency (WUE).

***Corresponding author, Email: bakhshi-d@guilan.ac.ir**

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.19.3]