

اثر تنش شوری بر تغییرات فتوسنتزی در برخی از ژنوتیپ‌های منتخب انار (*Punica granatum*) در شمال ایران

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

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۴ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۱۶)

چکیده

یکی از مهم‌ترین اهداف احداث باغ‌های مدرن انار، عملکرد اقتصادی مناسب، در شرایط تنش شوری است. به همین منظور معرفی و استفاده از ژنوتیپ‌های متحمل در برابر تنش شوری بسیار ضروری می‌باشد. این آزمایش در سال ۱۳۹۹ به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شد. فاکتور اول ارقام و ژنوتیپ‌های انار در ۱۵ سطح، شامل چهار ژنوتیپ وحشی از محل ژرم پلاسما (اینچه‌برون، علی‌آباد، کردکوی از استان گلستان و میانکاله از استان مازندران)، هشت رقم محلی (قند و ترش گلوگاه، شیرین، ترش و گل‌انار بهشهر، فرشته قرمز ساری، شیرین و ترش شیوند خوزستان)، دو رقم تجاری صادراتی (یوسف‌خانی و ملس ممتاز ساوه) و یک رقم خارجی (واندرفول) و فاکتور دوم شوری آب آبیاری در سه سطح شاهد، ۲/۵ و ۶/۴ گرم در لیتر نمک کلرید سدیم (برابر با EC ۱/۴، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) در چهار تکرار بر روی نهال‌های انار، انجام شد. پس از ریشه‌زایی، استقرار و رشد کافی قلمه‌ها در گلدان، تنش شوری در تیر ماه اعمال و به مدت دو ماه و نیم ادامه یافت، سپس صفات فتوسنتزی، اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در اغلب ژنوتیپ‌ها و ارقام مطالعه شده بعد از اعمال تنش شوری، شاخص‌های فتوسنتزی مانند دی‌اکسید کربن محفظه، دی‌اکسید کربن جذب شده، جریان گازهای فتوسنتزی، تابش فعال فتوسنتزی، رسانایی بخار آب روزانه برگ، نرخ جذب دی‌اکسید کربن، عملکرد کوانتومی، کاهش و سیگنال‌های اکسین درونی افزایش یافت. پس از رتبه‌بندی و در پایان آزمایش رقم واندرفول به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ و در مقابل شیرین بهشهر به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ به تنش شوری معرفی شدند.

کلمات کلیدی: تحمل، دی‌اکسید کربن، فتوسنتز، کلرید سدیم

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

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

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

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

* پست الکترونیک: esmaeilseifi@gau.ac.ir

مقدمه

گونه انار (*Punica granatum*) بومی ایران و شمال آفریقا بوده و در محدوده عرض جغرافیایی ۲۷-۴۱ درجه شمالی و جنوبی کشت می‌شود. ایران با تولید بیش از یک میلیون تن و سطح زیرکشت حدود ۹۰ هزار هکتار انار در سال ۲۰۲۰ توانسته مقام سوم جهانی را به خود اختصاص دهد (فائو^۱، ۲۰۲۰). چهار استان عمده تولیدکننده انار، فارس، مرکزی، یزد و اصفهان هستند (اردکانی، ۱۳۸۴). شوری خاک از خطرات زیست‌محیطی جدی در سراسر جهان بوده و بیش از ۱۰۰۰ میلیون هکتار از اراضی (حدود هفت درصد سطح قاره‌ها) تحت تأثیر درجات مختلف شوری می‌باشند (سابولز^۲، ۱۹۹۴). حدود ۲۳ درصد زمین‌های کشاورزی جهان (۱۵۰۰ میلیون هکتار) به‌عنوان زمین‌های شور در نظر گرفته می‌شود (راوآدز^۳، ۱۹۹۰). چنین خاک‌های نامطلوب که حاصلخیزی کمی دارند، برای تولید محصولات کشاورزی نامناسب بوده و تمامی اقلیم‌ها از مناطق گرمسیر مرطوب تا نواحی قطبی را در بر گرفته و کشت گیاهان در آن‌ها منجر به کاهش غیرقابل قبول عملکرد می‌گردد (زارع و همکاران، ۱۳۹۳). به‌دلیل گسترش فزاینده خاک‌های تحت تأثیر شوری، پژوهش در مورد واکنش‌های گیاهان به تنش شوری در دهه‌های اخیر به‌سرعت در حال گسترش است (گرینوی و مون^۴، ۱۹۸۰). استان مازندران و گلستان ۶۵ هزار هکتار زمین زراعی شور و قلیایی دارند که به‌صورت پراکنده از قسمت مرکزی مازندران شروع شده و تا بندرگز در قسمت شرقی گلستان ادامه دارد (فلاح و همکاران، ۱۳۹۹). متأسفانه مناطق زیادی از اراضی زراعی استان مازندران به دلائل گوناگون از جمله هم‌جواری با دریا از شوری خاک و آب و کاهش عملکرد ناشی از آن رنج می‌برد این مناطق با وسعت ۳۰ هزار هکتار، ۱۴ درصد از کل اراضی زراعی نواحی مرکزی و شرقی این استان را تشکیل می‌دهد (اسدی و همایی، ۱۳۹۶).

شوری یکی از تنش‌های غیرزیستی مهم است که تولیدات باغ‌های انار ایران را تحت تأثیر قرار داده است (حیدری شریف

آباد، ۱۳۸۰). بیشترین تأثیر شوری از طریق کاهش کلروفیل و فتوسنتز است. شوری آب و خاک با کاهش فتوسنتز، منجر به کاهش جذب عناصر فسفر، پتاسیم، نیتрат و کلسیم، افزایش مسمومیت یونی، اختلال در تعادل یونی و تنش اسمزی می‌گردد (اسدی و همایی، ۱۳۹۶). تنش شوری یکی از مهم‌ترین موانع محیطی در برابر فتوسنتز می‌باشد. تنش شوری با کاهش فتوسنتز و رشد اندام‌های گیاهی به تغییرات مورفولوژیک در گیاه می‌انجامد (طاوسی و همکاران، ۱۳۹۵). انار با داشتن خصوصیات ویژه برگ از جمله ضخیم و باریک بودن، کاهش سطح برگ، دم‌برگ کوتاه، بدون کرک و فاقد گوشواره، بشره مومی در سطح روئین، وجود روزنه‌ها در سطح زیرین، همچنین داشتن خارها به تعداد و طول مختلف، ریشه‌های بلند و عمیق به عمق ۲/۵ تا ۳ متر با قدرت جذب بالا جزء درختان نسبتاً متحمل به تنش‌های خشکی و شوری محسوب می‌گردد (اسکندری، ۱۳۹۷). از اثرات شوری در زمان‌های بحرانی نیاز آبی در درختان انار، کاهش تشکیل و رشد میوه، افزایش گل‌های ناقص، کاهش رشد شاخه و ریزش میوه می‌باشد (بانتانا و لازاروویچ^۵، ۲۰۱۰). لذا شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌های انار متحمل در برابر تنش شوری از موارد بسیار ضروری در برنامه‌های به‌نژادی انار می‌باشد.

ابراهیم^۶ (۲۰۱۶) به‌منظور مقایسه میزان مقاومت به شوری ژنوتیپ‌های انار، تحقیقی را بر روی نهال دوساله دو ژنوتیپ انار واندرفول و مانوفالتی در شرایط کشت هیدروپونیک انجام دادند. آن‌ها نشان دادند که ژنوتیپ واندرفول در شرایط تنش شوری ۱۵۰۰ و ۱۷۵۰ قسمت در میلیون، محتوای کلروفیل، نسبت رشد بالاتر و محتوای عناصر برگ، ازت، پتاسیم، آهن، منیزیم و روی بیشتری نسبت به ژنوتیپ مانوفالتی داشت. الخواج^۷ و همکاران (۲۰۱۲) پاسخ سه ژنوتیپ انار واندرفول، مانوفالتی و نابلگامال را به تنش شوری ۱/۶ تا ۶ دسی‌زیمنس بر متر بررسی و بیان نمودند که تحت شرایط تنش میزان رشد کاهش و در شوری ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر گلدهی، عملکرد، شکاف میوه و میزان تجمع نمک داخل ریشه‌ها افزایش داشت. اولمو^۸ و همکاران (۲۰۱۹) به‌منظور انتخاب ژنوتیپ‌های انار

5. Bhantana and Lazarovitch
6. Ibrahim
7. El-Khawaga
8. Olmo

1. FAO
2. Szabolcs
3. Rhoades
4. Greenway and Munns

دو رقم صادراتی (ملس ممتاز و یوسف‌خانی ساوه) و یک رقم خارجی واندرفول و فاکتور دوم شوری آب آبیاری در سه سطح شاهد، ۲/۵ و ۶/۴ گرم در لیتر نمک کلریدسدیم (برابر با EC ۱/۴، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) اعمال شد. یکی از ارقام انار تجاری خارجی ایران رقم واندرفول است که به‌دلیل قرمزی رنگ پوست و دانه‌ها، درشتی میوه و پوست ضخیم در چند سال اخیر در مناطقی که روزهای گرم و شب‌های خنک دارند توسعه یافته است (جلیلی‌مقدم و لطیفیان، ۱۳۹۸).

در اوایل دی‌ماه ابتدا از ۱۵ ژنوتیپ انار قلمه‌های خشبی یک‌ساله به‌طول ۳۰ سانتی‌متر تهیه و در گلدان‌های پلاستیکی با حجم ۷ لیتر حاوی مخلوطی از خاک زراعی و ماسه به نسبت ۱:۱ منتقل شد. بافت خاک با روش جاکود^۱ و همکاران (۱۹۹۹) بر اساس روش هیدرومتری اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

گیاهان در مدت آزمایش در گلخانه تحقیقاتی در شرایط نوری ۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰ لوکس و میانگین دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد نگهداری شدند. پس از ریشه‌زایی، استقرار و رشد کافی گیاهان، تنش شوری به مدت ۱۰ هفته اعمال شد. تنش شوری با احتساب غلظت نمک کلریدسدیم (تهیه شده از شرکت کیان‌کاوه آزما) آب آبیاری در سه سطح (تیمار) EC آب آبیاری ۱/۴، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر (با pH به ترتیب ۷/۲، ۷/۳ و ۷/۳۷) صورت گرفت. به‌منظور اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز در نهال‌ها، میزان نمک در آب آبیاری به‌تدریج به غلظت نهایی رسید. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آن‌ها و لحاظ نیاز آبتیابی (۲۰ درصد)، انجام شد. به‌طوری‌که در طول آزمایش هدایت الکتریکی آب ورودی و خروجی (زه آب) با

متحمل به تنش شوری، تحقیقی را بر روی سه ژنوتیپ انار مولار، والنسیانا و واندرفول از نظر ارزیابی صفات فتوسنتزی و متابولیسم دی‌اکسیدکربن انجام دادند. نتایج نشان داد که میزان آسیمیلاسیون دی‌اکسیدکربن، هدایت روزنه‌ای، نسبت تغییرات فلورسنس به حداکثر فلورسنس برگ، عملکرد کوانتومی فتوسیستم II و قند محلول کاهش یافت. همچنین متابولیسم کربن در ژنوتیپ‌های مطالعه شده با هم اختلاف آماری داشت. شیردلی و طهماسبی (۱۳۹۲) تأثیر همزمان شوری آب آبیاری و نیتروژن را بر کارایی عملکرد رقم انار ساوه مورد ارزیابی قرار دادند و بیان نمودند که شوری آب آبیاری، میزان عملکرد فتوسنتزی در انار را کاهش داد. مشخص شده است که شوری بر شاخص‌های فتوسنتزی گیاهان نیز تأثیر گذار بود.

هدف از این پژوهش بررسی تحمل به تنش شوری برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های انتخابی وحشی، محلی، صادراتی و خارجی انار از نظر صفات فتوسنتزی و رتبه‌بندی آن‌ها بر اساس میزان تحمل به شوری بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۹ به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. فاکتور اول ژنوتیپ و ارقام انار در ۱۵ سطح شامل چهار ژنوتیپ وحشی شمال ایران (اینچه‌برون، کردکوی، علی‌آباد گلستان و میانکاله مازندران)، هشت رقم محلی (قند و ترش گلوگاه، گل‌انار، ترش و شیرین بهشهر، فرشته قرمز ساری، ترش و شیرین شیوند) و

جدول ۱- خصوصیات خاک مورد استفاده

هدایت الکتریکی	pH	سدیم (میلی گرم در لیتر)	کلر (میلی گرم در لیتر)	ازت (میلی گرم در لیتر)	فسفر (میلی گرم در لیتر)	پتاسیم (میلی گرم در لیتر)	کلسیم (میلی گرم در لیتر)
۱/۰۹	۷/۱	۹۱/۲۳	۸۳/۲۱	۰/۱۱	۹۸	۶۲۵	۱۰۹۸
بافت خاک	مینیمم (میلی گرم در لیتر)	شن (%)	رس (%)	سیلت (%)	ظرفیت زراعی (%)	بی‌کربنات (میلی گرم در لیتر)	
شنی لومی	۳۰۸/۷	۴۰	۲۰	۴۰	۲۹	۱۰/۲	

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مستقل ژنوتیپ و تنش شوری و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر صفات فتوسنتزی، دی‌اکسید کربن محفظه، دی‌اکسید کربن جذب شده، جریان گازهای فتوسنتزی، سیگنال‌های اکسین درونی (پیام‌های تولید اکسین)، تابش (تشنه) فعال فتوسنتزی، رسانایی بخار آب روزنه برگ، نرخ جذب دی‌اکسید کربن، عملکرد کوانتومی (بازده یا کارایی فتوسنتزی)، در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. لذا اثرات متقابل در این صفات ارائه شده است. اثر متقابل ژنوتیپ و تنش شوری و اثر مستقل شوری بر فشار بارومتریک محصور شده، اختلاف فشار بخار آب برگ و محیط و فلورسنس معنی‌دار نبود. در نتیجه اثرات مستقل ژنوتیپ بیان گردید. در مورد سرعت تعرق، فلورسنس برگ‌های دریافت‌کننده پالس نوری، اختلاف فشار بخار آب برگ و محفظه، اختلاف دی‌اکسید کربن برگ و محفظه، اثرات متقابل و مستقل ژنوتیپ و تنش شوری معنی‌دار نبود.

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، تنش شوری بر میزان دی‌اکسید کربن محفظه اثر معنی‌دار ($P < 0.001$) داشت (جدول ۲). بیشترین غلظت دی‌اکسید کربن محفظه، مربوط به ژنوتیپ شیرین به‌شهر در تیمار شاهد (۹۹۵/۴۰ قسمت در میلیون) و کمترین غلظت دی‌اکسید کربن محفظه، مربوط به ژنوتیپ قند گلوگاه در تیمار ۶/۴ گرم در لیتر (۲۹۳/۰۶ قسمت در میلیون) بود. نتایج این تحقیق با نتایج اشرف^۱ و همکاران (۲۰۱۳) سازگار بود. آن‌ها بیان نمودند که با افزایش شوری آب آبیاری و کاهش پتانسیل اسمزی شیره سلولی در اثر عوامل محدود کننده روزنه‌ای، انتشار دی‌اکسید کربن به فضای بین سلولی و هدایت روزنه‌ای کاهش یافت. همچنین این نتایج با نتایج پوگنایر^۲ و همکاران (۱۹۹۹) در یک راستا بود. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که با افزایش شوری آب آبیاری و بسته شدن روزنه‌های برگ و کاهش هدررفت آب و کاهش ورود دی‌اکسید کربن به بافت مزوفیلی برگ، شدت فتوسنتز به کمتر از نقطه جبرانی کاهش یافت.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تنش شوری بر میزان جذب دی‌اکسید کربن، اثر معنی‌دار ($P < 0.001$) داشت (جدول ۲). بیشترین دی‌اکسید کربن جذب شده، مربوط به ژنوتیپ

یکدیگر برابر باشند. به‌منظور اطمینان از انجام نیاز آبیاری خاک گلدان‌ها، پس از هر مرتبه آبیاری، زه‌آب تعدادی از گلدان‌ها به‌طور تصادفی جمع‌آوری و هدایت الکتریکی و pH آن‌ها اندازه‌گیری شد.

در پایان آزمایش و پس از قرارگیری برگ‌ها در تاریکی به مدت ۳۰ دقیقه، کلیه پارامترهای تبادلات گازی فتوسنتزی، به روش اولمو و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از دستگاه پرتابل آنالیز تبادلات گازی فتوسنتزی WALZ، مدل FL3055S/N: FLQA0230، ساخت کشور آلمان، اندازه‌گیری شد. غلظت دی‌اکسید کربن محفظه و دی‌اکسید کربن جذب شده، بر حسب قسمت در میلیون جریان گازهای فتوسنتزی بر حسب میکرومول بر ثانیه، سیگنال‌های اکسین درونی (پیام‌های دریافت‌کننده تولید هورمون محرک رشد اکسین و ادامه رشد طبیعی و فتوسنتز) و فلورسنس برگ بر حسب میلی‌ولت، تابش فعال فتوسنتزی، نرخ جذب دی‌اکسید کربن و عملکرد کوانتومی بر حسب میکرومول/مترمربع در ثانیه، اختلاف فشار بخار آب بین برگ و هوا بر حسب پاسکال/کیلوپاسکال، رسانایی روزنه برگ به بخار آب بر حسب میلی‌مول/مترمربع در ثانیه، فشار بارومتریک محصور شده بر حسب کیلوپاسکال تعیین شد. داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس شد. مقدار پی-ولیو برای هر صفت تعیین و در جداول و اشکال درج شده است. مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. شناسایی ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم به تنش شوری مورد مطالعه بر اساس رتبه‌بندی صفات فتوسنتزی انجام شد (بحرانی و همکاران، ۱۳۹۷). برای وارد کردن رتبه‌های مربوط به اثر متقابل شوری در ژنوتیپ، تمامی صفات بر اساس حروف آماری رتبه‌دهی شد. به‌طوری‌که حرف a (بیشترین مقدار) کد ۱ حرف b کد ۲ حرف c کد ۳ و ... گرفت. در گروه آماری با حروف مشترک میانگین کدها لحاظ شد، برای مثال گروه abc کد ۲ گرفت، یعنی کدهای حروف با هم جمع و بر تعداد آن‌ها تقسیم شد. تا رتبه ژنوتیپ در آن صفت به‌دست آید. در نهایت رتبه‌های به‌دست آمده هر ژنوتیپ در تمامی صفات تجمیع شد تا حساس‌ترین ژنوتیپ (بالا ترین رتبه) و مقاوم‌ترین ژنوتیپ (کمترین رتبه) شناسایی و معرفی گردد.

اصفهان مشاهده گردید. همچنین آن‌ها به این نتیجه رسیدند که هدایت مزوفیلی یکی از عوامل توزیع دی‌اکسیدکربن به مکان تثبیت آن (کلریلاست) و عدم استفاده سلول‌های مزوفیل از دی‌اکسیدکربن، عامل محدودکننده فتوسنتز بود. نتایج این تحقیق با نتایج آنیا^۳ و همکاران (۲۰۰۴) سازگار بود. آن‌ها بیان نمودند که با افزایش شوری آب آبیاری و کاهش پتانسیل اسمزی شیره سلولی، سرعت تعرق و فتوسنتز در مرحله گلدهی و میوه‌دهی کاهش یافت. همچنین این نتایج با نتایج زو^۴ و همکاران (۲۰۰۷) هم‌راستا بود. آن‌ها نشان دادند که با افزایش شوری و کاهش پتانسیل اسمزی شیره سلولی میزان فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای کاهش و پیری افزایش یافت.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تنش شوری بر میزان سیگنال‌های اکسین درونی اثر معنی‌دار ($P < 0.001$) داشت (جدول ۲). بیشترین سیگنال‌های اکسین درونی، مربوط به ژنوتیپ ترش‌شوند در تیمار ۲/۵ گرم در لیتر (۴۸۱/۳۳ میلی‌ولت) بود که با تیمار شاهد اختلاف آماری نداشت و کمترین سیگنال‌های اکسین درونی، مربوط به ژنوتیپ شیرین به‌شهر در تیمار ۶/۴ گرم در لیتر (۱۸۲/۰۰ میلی‌ولت) بود. نتایج این تحقیق با نتایج نورین^۵ و همکاران (۲۰۰۸) در یک راستا بود. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که با افزایش شوری آب آبیاری و کاهش پتانسیل اسمزی شیره سلولی با تجمع فیتوهورمون‌های سالیسیلیک اسید و اسید آسبیزیک به‌عنوان مولکول سیگنال داخلی و القاء و تولید پروتئین‌های مقاومت در بافت‌های گیاهی، مقاومت به تنش شوری افزایش یافت. همچنین این نتایج با نتایج شاکیروا^۶ و همکاران (۲۰۰۳) هم‌راستا بود. آن‌ها بیان نمودند که با افزایش شوری آب آبیاری و کاهش پتانسیل اسمزی شیره سلولی، تولید مولکول‌های سیگنال‌های درونی و سالیسیلیک اسید و سطوح هورمون‌های گیاهی محافظ در برابر تنش، افزایش یافت.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تنش شوری بر میزان تابش فعال فتوسنتزی اثر معنی‌دار ($P < 0.001$) داشت (جدول ۳). بیشترین تابش فعال فتوسنتزی، مربوط به ژنوتیپ یوسف‌خانی در تیمار شاهد (۱۵۸/۸۶ میکرومول/مترمربع در ثانیه) بود و

واندرفول در تیمار شاهد (۵/۷۶ قسمت در میلیون) و کمترین دی‌اکسیدکربن جذب شده، مربوط به ژنوتیپ گل‌انار به‌شهر در تیمار ۶/۴ گرم در لیتر (۰/۲۴ قسمت در میلیون) بود. نتایج این تحقیق با نتایج سوری و همکاران (۱۴۰۰) سازگار بود. آن‌ها نشان دادند با افزایش شوری آب آبیاری و تنش اسمزی، غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروانه‌ای در تمامی ژنوتیپ‌های تحت مطالعه انار به‌ویژه در رقم شیرین‌شهرسوار و میخوش‌یزد، افزایش یافت. همچنین نتایج این تحقیق با نتایج یوردانف^۱ و همکاران (۲۰۰۱) و مانام ونگ^۲ و همکاران (۱۹۹۹) هم‌راستا بود. آن‌ها نشان دادند که با افزایش شوری آب آبیاری با بسته شدن روزنه‌ها، دسترسی به دی‌اکسیدکربن در مزوفیل کاهش یافته و آسیمیلایسون خالص دی‌اکسیدکربن، تولید بیوماس، فتوسنتز و رشد کاهش یافت. به نظر می‌رسد همراه با نقصان هدایت روزنه‌ای، هدایت روزنه‌ای کاهش ولی دی‌اکسیدکربن زیرروانه‌ای افزایش یافت که این مطلب بیانگر اثرات نامطلوب نمک بر دستگاه فتوسنتزی می‌باشد. تجمع دی‌اکسیدکربن در برگ نشان‌دهنده عدم توانایی گیاه در فرآوری دی‌اکسیدکربن علی‌رغم عبور آن از مقاومت روزنه‌ای است. این عدم توانایی به دلیل کاهش ظرفیت فتوسنتزی کلروپلاست‌ها و یا کاهش بازده کربوکسیلاسیون می‌باشد که با نتایج این پژوهش نیز سازگار است. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که در ارقام متحمل مانند واندرفول بیشترین میزان جذب و فرآوری دی‌اکسیدکربن وجود داشت.

طبق نتایج این پژوهش، تنش شوری بر میزان جریان گازهای فتوسنتزی اثر معنی‌دار ($P < 0.001$) داشت (جدول ۲). بیشترین جریان گازهای فتوسنتزی، مربوط به ژنوتیپ وحشی اینچه‌برون در تیمار شاهد (۷۵۰/۳۰ میکرومول بر ثانیه) بود که البته با تیمار ۶/۴ گرم در لیتر اینچه‌برون و تیمار شاهد وحشی علی‌آباد اختلاف آماری نداشت. کمترین جریان گازهای فتوسنتزی، مربوط به ژنوتیپ شیرین‌به‌شهر در تیمار ۶/۴ گرم در لیتر (۱۲۶/۹۱ میکرومول بر ثانیه) بود. نتایج این پژوهش با نتایج سوری و همکاران (۱۴۰۰) در یک راستا بود. آن‌ها بیان نمودند که با افزایش شوری آب آبیاری و تنش اسمزی، کمترین هدایت مزوفیلی در ژنوتیپ ملس‌دانه قرمز

4. Zou
5. Noreen
6. Shakirova

1. Yordanov
2. Mwanamweng
3. Anyia

جدول ۲- اثر متقابل ژنوتیپ و شوری بر صفات فتوسنتزی در برخی از ژنوتیپ‌های انار

ژنوتیپ	نام استان	سطح شوری (گرم در لیتر)	غلظت دی‌اکسیدکربن محفظه کووت	غلظت دی‌اکسیدکربن جذب شده	جریان گازهای فتوسنتزی میکرومول / ثانیه	سیگنال‌های اکسین درونی اولیه (میلی‌ولت)
			(قسمت در میلیون)	(قسمت در میلیون)		
شیرین بهشهر	مازندران	شاهد	$P < 0.001$ ۹۹۵/۴۰ ^a	$P < 0.001$ -۱/۷۲ ^{vs}	$P < 0.001$ ۲۴۳/۲۴ ^u	$P < 0.001$ ۲۰۳/۳۳۷ ^z
		۲/۵	۹۲۱/۵۰ ^d	-۳/۴۶ ^f	۱۳۲/۸۰ ^r	۲۲۹/۶۵ ^{xy}
		۶/۴	۹۰۸/۴۸ ^{ef}	-۱/۲۱ ^{ef}	۱۲۶/۹۱ ^s	۱۸۲/۰۰ ^z
ترش بهشهر	مازندران	شاهد	۷۹۳/۷۳ ^g	-۱/۸۲ ^v	۲۶۴/۳۲ ^q	۲۰۴/۳۴ ^y
		۲/۵	۷۷۸/۷۵ ⁱ	-۲/۸۰ ⁿ	۱۹۳/۲۶ ^v	۲۳۰/۶۵ ^x
		۶/۴	۷۸۶/۸۱ ^h	-۳/۴۱ ^g	۲۵۰/۹۱ ^t	۳۰۲/۰۰ ^w
گل‌انار بهشهر	مازندران	شاهد	۵۶۳/۱۳ ^v	-۰/۶۸ ^{xy}	۷۴۰/۹۰ ^f	۲۴۰/۰۰ ^{wx}
		۲/۵	۵۴۹/۲۲ ^{rs}	-۰/۴۰ ^z	۷۲۳/۴۰ ⁱ	۳۵۴/۰۰ ^s
		۶/۴	۵۴۲/۲۷ ^s	-۰/۲۴ ^v	۷۱۹/۸۰ ^j	۳۵۹/۰۰ ^v
فرشته قرمز	مازندران	شاهد	۷۱۲/۸۳ ^j	-۲/۵۸ ^o	۷۴۹/۹۰ ^b	۳۷۱/۳۲ ^u
		۲/۵	۵۹۶/۲۴ ^t	-۲/۸۳ ^m	۷۴۹/۹۰ ^b	۳۷۹/۴۲ ^t
		۶/۴	۵۵۶/۸۴ ^r	-۱/۵۲ ^s	۷۱۱/۹۱ ^c	۳۸۴/۰۰ ^q
واندرفول	مازندران	شاهد	۵۹۴/۶۱ ^t	-۵/۷۶ ^{ab}	۷۴۹/۹۲ ^b	۳۵۶/۰۰ ^s
		۲/۵	۵۵۵/۷۱ ^r	-۱/۱۶ ^b	۷۴۹/۰۰ ^b	۳۶۱/۴۲ ^f
		۶/۴	۵۴۳/۱۲ ^s	-۰/۸۷ ^e	۷۴۸/۹۳ ^b	۳۶۴/۴۲ ^e
یوسف‌خانی	مازندران	شاهد	۶۰۸/۸۳ ^{pq}	-۲/۶۲ ^o	۵۰۰/۴۰ ^p	۴۲۱/۱۵ ^l
		۲/۵	۵۹۳/۶۵ ^t	-۱/۸۶ ^v	۵۰۰/۲۰ ^p	۴۲۵/۱۵ ^k
		۶/۴	۵۹۸/۳۹ ^t	-۱/۴۲ ^{sr}	۵۰۰/۲۰ ^p	۲۸۶/۳۵ ^{p-q}
ملس ساوه	مازندران	شاهد	۹۸۴/۱۳ ^c	-۳/۵۸ ^d	۲۵۱/۱۰ ^k	۲۲۱/۰۰ ^{jn}
		۲/۵	۹۸۴/۹۶ ^c	-۳/۴۸ ^e	۲۲۶/۳۲ ^m	۳۶۰/۰۰ ^r
		۶/۴	۶۱۵/۵۲ ^q	-۲/۱۹ ^t	۱۷۶/۹۱ ^o	۴۲۵/۰۰ ^k
قند گلوگاه	مازندران	شاهد	۵۷۴/۱۲ ^u	-۲/۳۹ ^p	۶۷۰/۲۱ ⁿ	۳۹۸/۰۰ ^p
		۲/۵	۳۰۴/۹ ^w	-۳/۳۵ ^h	۶۸۱/۹۰ ^l	۴۰۶/۱۱ ^o
		۶/۴	۲۹۳/۰۶ ^x	-۱/۱۶ ^w	۵۹۷/۹۳ ^o	۳۰۸/۲۰ ^{sw}
ترش گلوگاه	مازندران	شاهد	۹۹۱/۵۵ ^b	-۳/۸۴ ^b	۷۴۹/۳۰ ^b	۳۵۶/۳۲ ^r
		۲/۵	۶۰۷/۷۹ ^{pq}	-۳/۶۷ ^c	۷۳۹/۶۱ ^g	۴۰۸/۴۳ ⁿ
		۶/۴	۶۳۹/۳۵ ⁿ	-۲/۹۰ ^l	۷۱۹/۷۰ ^e	۴۱۶/۱۴ ^m
وحشی میانکاله	مازندران	شاهد	۶۶۸/۱۷ ^m	-۲/۹۳ ^k	۷۴۹/۹۱ ^b	۴۲۳/۱۵ ^{l-n}
		۲/۵	۶۶۶/۹۷ ^m	-۳/۱۲ ^j	۶۸۶/۲۰ ^k	۴۳۶/۰۰ ^j
		۶/۴	۴۶۲/۴۷ ⁿ	-۲/۳۰ ^q	۶۷۷/۶۱ ^m	۴۴۳/۰۰ ⁱ
وحشی اینچه‌برون	گلستان	شاهد	۶۸۲/۷۶ ^h	-۲/۳۰ ^q	۷۵۰/۳۰ ^a	۴۴۸/۴۹ ^h
		۲/۵	۶۶۶/۱ ^k	-۲/۵۰ ^p	۷۴۹/۸۰ ^b	۴۵۲/۰۰ ^{gh}
		۶/۴	۵۸۷/۱۹ ^t	-۱/۲۷ ^r	۷۵۰/۳۰ ^a	۴۵۴/۵۴ ^g
وحشی علی‌آباد	گلستان	شاهد	۶۱۱/۴۵ ^{h-u}	-۱/۲۰ ^w	۷۵۰/۳۱ ^a	۴۵۸/۸۵ ^f
		۲/۵	۶۲۱/۰۸ ^o	-۲/۰۳ ^u	۷۴۶/۷۰ ^c	۴۶۵/۹۵ ^e
		۶/۴	۶۴۲/۶۸ ⁿ	-۱/۷۹ ^{vr}	۷۴۹/۷۰ ^b	۴۶۶/۱۲ ^{de}
وحشی کردکوی	گلستان	شاهد	۵۷۶/۶۵ ^u	-۴/۳۱ ^b	۷۴۶/۵۱ ^c	۴۶۵/۹۵ ^e
		۲/۵	۵۶۰/۱۵ ^{vr}	-۳/۲۸ ^{hi}	۷۴۱/۷۱ ^e	۴۶۸/۵۵ ^d
		۶/۴	۵۹۴/۳۷ ^t	-۰/۸۱ ^x	۷۴۴/۷۰ ^d	۴۷۰/۰۰ ^{cd}
شیرین شیوند	خوزستان	شاهد	۶۸۸/۱۴ ^k	-۵/۹۳ ^a	۷۴۰/۷۱ ^f	۴۷۱/۶۰ ^c
		۲/۵	۶۹۴/۵۲ ^k	-۰/۴۴ ^c	۷۳۹/۷۰ ^g	۴۷۲/۲۲ ^c
		۶/۴	۶۷۵/۹۹ ^{kl}	-۰/۳۷ ^b	۷۲۹/۶۲ ^h	۴۷۷/۴۵ ^b
ترش شیوند	خوزستان	شاهد	۶۷۵/۹۹ ^{kl}	-۳/۱۵ ⁱ	۷۴۹/۱۷ ^b	۴۸۰/۰۰ ^{ab}
		۲/۵	۶۱۶/۹۹ ^o	-۱/۲۶ ^r	۵۰۰/۲۷ ^p	۴۸۱/۳۳ ^a
		۶/۴	۶۱۰/۹۱ ^p	-۱/۲۸ ^r	۵۰۰/۶۵ ^p	۲۶۴/۴۲ ^{gh}

حروف متفاوت در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد (آزمون دانکن) را نشان می‌دهند.

ژنوتیپ‌های متحمل، نسبت به ژنوتیپ‌های حساس، کمتر تحت تأثیر قرار گرفتند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنش شوری بر میزان جذب دی‌اکسیدکربن اثر معنی‌دار ($P < 0.01$) دارد (جدول ۳). بیشترین نرخ جذب دی‌اکسیدکربن، مربوط به ژنوتیپ گل‌انار بهشهر در تیمار شاهد (۹/۹۶ میکرومول / مترمربع در ثانیه) و کمترین نرخ جذب دی‌اکسیدکربن، مربوط به ژنوتیپ شیرین شیوند در تیمار ۶/۴ گرم در لیتر (۰/۱۷ میکرومول / مترمربع در ثانیه) بود. نتایج این تحقیق با نتایج شاکیرا و همکاران (۲۰۰۳) سازگار بود. آن‌ها نشان دادند با افزایش شوری آب آبیاری و تنش اسمزی از طریق تخریب کلروپلاست و کاهش ظرفیت انتقال الکترون فتوسیستم II، نرخ جذب دی‌اکسید کربن و عملکرد فتوسنتزی به میزان ۵۰ درصد، کاهش یافت. همچنین این نتایج با نتایج اشرف و همکاران (۲۰۱۳) سازگار بود. آن‌ها بیان نمودند که غلظت دی‌اکسیدکربن زیرروانه‌ای در شرایط تنش در ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش تحت تأثیر قرار گرفت و فرآوری دی‌اکسیدکربن افزایش یافت. همچنین سوری و همکاران (۱۴۰۰) به این نتیجه رسیدند که در شرایط افزایش شوری آب آبیاری، تجمع دی‌اکسیدکربن زیرروانه‌ای به‌دلیل کاهش فرآوری و بازده کربوکسیلاسیون آن و اثرات منفی نمک، افزایش یافت. طبق نتایج این پژوهش، بیشترین عملکرد کوانتومی، مربوط به ژنوتیپ گل‌انار بهشهر در تیمار شاهد (۰/۸۵۱۲ میکرومول/مترمربع در ثانیه) بود. کمترین عملکرد کوانتومی، مربوط به ژنوتیپ ترش گلوگاه در تیمار ۶/۴ گرم در لیتر (۰/۴۰۰۹ میکرومول/مترمربع در ثانیه) بود (جدول ۳) که با تیمار ۲/۵ گرم در لیتر و تیمار شاهد وحشی میانکاله اختلاف آماری نداشت. نتایج این پژوهش با نتایج سوری و همکاران (۱۴۰۰) منطبق بود. آن‌ها نشان دادند با افزایش شوری آب آبیاری و تنش اسمزی، بیشترین و کمترین عملکرد و سرعت فتوسنتز به‌ترتیب در ژنوتیپ یوسف‌خانی و ملس دانه‌قرمز اصفهان مشاهده شد. همچنین آن‌ها بیان نمودند که با کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش انتقال الکترون‌های فتوسنتزی، کاهش کارایی فتوسیستم II، تجمع یون‌های سمی در کلروپلاست، کاهش کربوهیدرات، سرعت و کارایی

کمترین تابش فعال فتوسنتزی، مربوط به ژنوتیپ ملس‌ساوه در تیمار ۶/۴ گرم در لیتر (۷۸/۰۲ میکرومول/مترمربع در ثانیه) بود که البته با تیمار ۲/۵ گرم در لیتر وحشی اینچه‌برون اختلاف آماری نداشت. نتایج این تحقیق با نتایج خیاط^۱ و همکاران (۲۰۱۴) سازگار بود. آن‌ها نشان دادند که با افزایش شوری آب آبیاری و کاهش پتانسیل اسمزی شیره سلولی، پارامترهای کلروفیل فلورنس و تابش‌های فعال فتوسنتزی دو ژنوتیپ انار به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت. همچنین این نتایج با نتایج اولمو و همکاران (۲۰۱۹) هم‌راستا بود. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که با افزایش تنش اسمزی، کلروفیل فلورنس در ژنوتیپ‌های مولار، والنسیانا و واندرفول کاهش یافت.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تنش شوری بر میزان رسانایی روزنه برگ به بخار آب اثر معنی‌دار ($P < 0.01$) داشت (جدول ۳). بیشترین رسانایی روزنه برگ به بخار آب، مربوط به ژنوتیپ شیرین‌بهشهر تیمار شاهد (۱۹۵/۵۱ میلی‌مول/متر مربع در ثانیه) بود که با تیمار شاهد فرشته قرمز اختلاف آماری نداشت و کمترین رسانایی روزنه برگ به بخار آب، مربوط به ژنوتیپ گل‌انار بهشهر در تیمار ۶/۴ گرم در لیتر (۲۵/۰۰ میلی‌مول/مترمربع در ثانیه) بود. نتایج این آزمایش با نتایج سوری و همکاران (۱۴۰۰) سازگار بود. آن‌ها نشان دادند با افزایش شوری آب آبیاری و تنش اسمزی، میزان تعرق در ژنوتیپ متحمل ملس‌یزدی نسبت به ژنوتیپ حساس ملس ساوه کاهش یافت. همچنین آن‌ها بیان نمودند که بسته شدن روزنه‌ها و پرهیز از تنش در ارقام متحمل با کاهش هدایت روزنه‌ای و کاهش میزان تعرق، همراه بود. نتایج این تحقیق با نتایج جونز^۲ و همکاران (۱۹۸۱) در یک راستا بود. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که با افزایش شوری و کاهش پتانسیل اسمزی شیره سلولی در ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش، هدایت مزوفیلی، هدایت روزنه‌ای و در نتیجه میزان تعرق، افزایش یافت. همچنین این نتایج با نتایج ورونا^۳ و همکاران (۱۹۹۱) هم‌راستا بود. آن‌ها بیان نمودند که با افزایش شوری آب آبیاری، باز شدن روزنه‌ها، جذب بهتر آب و مواد غذایی در شرایط تنش، هدایت روزنه‌ای و تعرق و حفظ محتوای نسبی آب در

3. Verona

1. Khayyat
2. Jones

جدول ۳- اثر متقابل ژنوتیپ و شوری بر صفات فتوسنتزی در برخی از ژنوتیپ‌های انار

ژنوتیپ	نام استان	سطح شوری (گرم در لیتر)	تابش فعال فتوسنتزی (میکرومول / مترمربع در ثانیه)	رسانایی روزنه برگ نسبت به بخار آب (میلی‌مول / مترمربع در ثانیه)	نرخ جذب دی‌اکسید کربن (میکرومول / مترمربع در ثانیه)	عملکرد کوانتومی انتقال الکترون فتوسنتزی
			$P < 0.001$	$P < 0.001$	$P < 0.001$	$P < 0.001$
شیرین بهشهر	مازندران	شاهد	۱۰۷/۰۰ ^p	۱۹۵/۵۱ ^a	۲/۹۶ ^g	۰/۶۶۱۳ ^j
		۲/۵	۹۶/۵۰ ^v	۸۲/۵۲ ^q	۲/۰۶ ^h	۰/۶۶۲۰ ^j
		۶/۴	۸۳/۴۸ ^x	۳۸/۹۹ ^v	۱/۵۲ ⁱ	۰/۵۵۲۵ ^q
ترش بهشهر	مازندران	شاهد	۱۱۰/۵۹ ^o	۶۲/۵۱ ^r	۳/۱۵ ^f	۰/۶۶۱۱ ^j
		۲/۵	۱۰۰/۷۹ ^t	۴۹/۵۳ ^s	۲/۲۱ ^h	۰/۶۶۱۵ ^j
		۶/۴	۸۸/۱۴ ^s	۳۸/۶۷ ^v	۱/۰۵ ^h	۰/۶۵۱۰ ^k
گل‌انار بهشهر	مازندران	شاهد	۱۲۶/۳۳ ^g	۴۸/۳۱ ^{sw}	۹/۹۶ ^a	۰/۸۵۱۳ ^a
		۲/۵	۱۲۶/۲۲ ^g	۴۱/۴۵ ^x	۱/۲۹ ^k	۰/۶۴۲۲ ^l
		۶/۴	۱۲۱/۲۷ ^k	۲۵/۰۰ ^z	۱/۰۵ ^l	۰/۶۹۱۴ ^g
فرشته قرمز	مازندران	شاهد	۱۳۹/۸۳ ^b	۱۹۳/۳۳ ^{ab}	۷/۹۵ ^b	۰/۷۸۳۳ ^b
		۲/۵	۱۳۸/۲۴ ^{bc}	۱۱۶/۷۸ ^g	۵/۹۰ ^d	۰/۷۷۲۳ ^c
		۶/۴	۱۳۷/۸۴ ^c	۴۷/۰۱ ^w	۲/۵۵ ^g	۰/۷۷۲۵ ^c
واندرفول	مازندران	شاهد	۱۳۴/۱۲ ^d	۱۵۱/۵۱ ^c	۳/۵۰ ^f	۰/۷۸۴۰ ^b
		۲/۵	۱۳۳/۷۱ ^{de}	۱۰۸/۸۵ ^l	۲/۳۵ ^g	۰/۷۸۲۶ ^b
		۶/۴	۱۳۴/۲۶ ^d	۸۰/۱۹ ^{qt}	۲/۹۴ ^g	۰/۷۸۴۳ ^b
یوسف‌خانی	مازندران	شاهد	۱۵۸/۸۶ ^a	۱۴۰/۴۴ ^d	۳/۳۵ ^f	۰/۷۰۲۹ ^e
		۲/۵	۱۲۲/۵۳ ^{gk}	۱۱۵/۱۳ ^{gh}	۳/۴۶ ^f	۰/۶۵۱۵ ^k
		۶/۴	۱۰۵/۰۳ ^q	۱۱۳/۶۹ ^{ij}	۲/۰۶ ^h	۰/۷۰۳۴ ^o
ملس ساوه	مازندران	شاهد	۹۶/۰۳ ^v	۱۱۳/۸ ^{ij}	۵/۲۱ ^g	۰/۷۷۲۳ ^c
		۲/۵	۹۳/۶۳ ^r	۱۴۵/۷۶ ^{cd}	۳/۴۲ ^f	۰/۶۷۳۶ ⁱ
		۶/۴	۷۸/۰۲ ^y	۱۲۳/۹۴ ^f	۳/۲۶ ^f	۰/۶۵۱۹ ^k
قند گلوگاه	مازندران	شاهد	۱۳۴/۴۲ ^d	۱۳۰/۶۵ ^e	۲/۶۵ ^a	۰/۶۷۱۳ ⁱ
		۲/۵	۱۳۳/۰۹ ^e	۹۵/۶۴ ^{kl}	۲/۷۵ ^g	۰/۵۵۲۹ ^q
		۶/۴	۱۱۸/۹۶ ^m	۹۳/۵۶ ^m	۱/۵۹ ^j	۰/۵۰۱۹ ^u
ترش گلوگاه	مازندران	شاهد	۱۱۸/۹۳ ^m	۸۷/۲۵ ^o	۴/۸۸ ^e	۰/۶۸۰۵ ^h
		۲/۵	۱۳۴/۰۶ ^d	۷۲/۱۷ ^v	۴/۷۲ ^e	۰/۶۰۱۱ ^m
		۶/۴	۱۲۰/۰۳ ^l	۸۹/۳۹ ⁿ	۳/۳۹ ^g	۰/۶۰۰۹ ^m
وحشی میانکاله	مازندران	شاهد	۹۸/۲۷ ^{tu}	۱۱۴/۶۷ ^{gh}	۴/۴۱ ^e	۰/۶۰۱۵ ^m
		۲/۵	۹۶/۱۰ ^v	۹۶/۹۷ ^k	۴/۴۰ ^e	۰/۵۵۳۲ ^q
		۶/۴	۸۴/۴۷ ^w	۹۵/۷۲ ^k	۳/۰۰ ^g	۰/۵۰۲۳ ^u
وحشی اینچه‌برون	گلستان	شاهد	۹۰/۷۶ ^h	۱۰۷/۳۱ ^{jk}	۳/۴۲ ^f	۰/۶۰۱۶ ^m
		۲/۵	۷۰/۳۸ ^y	۸۴/۸ ^{no}	۲/۳۰ ⁱ	۰/۶۰۱۰ ^m
		۶/۴	۱۲۵/۴۹ ^h	۷۹/۳۱ ^{tu}	۰/۹۹ ^m	۰/۵۹۴۹ ⁿ
وحشی علی‌آباد	گلستان	شاهد	۹۱/۴۵ ^{ts}	۱۲۶/۱۸ ^g	۱/۷۲ ⁱ	۰/۶۰۲۵ ^m
		۲/۵	۸۹/۰۸ ^{sw}	۱۱۷/۴۶ ^u	۱/۵۳ ^j	۰/۵۶۱۰ ^p
		۶/۴	۱۰۲/۶۸ ^p	۷۷/۸۸ ^{ef}	۰/۹۴ ⁿ	۰/۵۲۱۶ ^t
وحشی کردکوی	گلستان	شاهد	۱۲۳/۶۵ ^j	۱۲۰/۵۸ ^{fg}	۷/۳۳ ^b	۰/۶۶۲۴ ^j
		۲/۵	۱۲۴/۶۵ ^l	۱۰۹/۶۱ ^l	۷/۲۰ ^b	۰/۶۰۱۹ ^m
		۶/۴	۱۲۴/۳۷ ^l	۸۰/۱۵ ^{qt}	۶/۵۴ ^c	۰/۵۸۴۳ ^o
شیرین شیوند	خوزستان	شاهد	۱۱۰/۱۴ ^o	۱۸۸/۲۸ ^b	۷/۵۶ ^b	۰/۷۳۹۱ ^e
		۲/۵	۱۲۱/۵۳ ^k	۸۶/۶۸ ^p	۰/۶۶ ^o	۰/۷۰۳۴ ^f
		۶/۴	۱۲۷/۹۹ ^f	۸۴/۹۵ ^{pq}	۰/۱۷ ^q	۰/۶۹۲۱ ^g
ترش شیوند	خوزستان	شاهد	۱۱۷/۵۹ ⁿ	۱۳۴/۸۵ ^{de}	۲/۴۵ ^g	۰/۷۵۱۰ ^d
		۲/۵	۱۱۹/۳۴ ^j	۹۱/۳۳ ^{mn}	۱/۵۴ ^j	۰/۷۳۰۰ ^e
		۶/۴	۱۲۰/۶۱ ^l	۸۲/۱۲ ^q	۰/۵۳ ^p	۰/۷۰۰۰ ^f

حروف متفاوت در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد (آزمون دانکن) را نشان می‌دهند.

بود. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که با افزایش تنش اسمزی و کاهش پتانسیل آب و فشار تورژسانس و هدایت مزوفیلی، فتوسنتز خالص کاهش یافت.

بر اساس نتایج، ژنوتیپ بر فلورسنس برگ اثر معنی‌دار ($P < 0.001$) داشت (شکل ۳). بیشترین فلورسنس برگ، مربوط به ژنوتیپ شیرین‌شیوند (۵۸۰ میلی‌ولت) و کمترین فلورسنس برگ، مربوط به ژنوتیپ گل‌انار بهشهر (۲۸۰ میلی‌ولت) بود. این نتایج با نتایج ماستروژیانیدو^۴ و همکاران (۲۰۱۶) در یک راستا بود. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که با افزایش تنش شوری و اسمزی، غلظت کلروفیل، کلروفیل فلورسنس و ماکزیمم عملکرد کوانتومی فتوسیستم II، کاهش یافت اما در ژنوتیپ واندرفول، ماکزیمم عملکرد کوانتومی فتوسیستم II و کلروفیل فلورسنس با شاهد اختلاف آماری نداشت. همچنین نتایج این تحقیق با نتایج ملگار^۵ و همکاران (۲۰۰۸) سازگار بود. آن‌ها نشان دادند با افزایش تنش شوری و اسمزی، فلورسنس برگ در ژنوتیپ‌های مطالعه شده، کاهش نیافت. همچنین نتایج این تحقیق با نتایج اولمو و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت داشت. وی بیان کرد با افزایش تنش شوری و اسمزی، عملکرد کوانتومی فتوسیستم II، نسبت فلورسنس به ماکزیمم فلورسنس برگ، کارایی فیتوشیمیایی فتوسنتز در ژنوتیپ‌های مطالعه شده، کاهش یافت.

شناسایی ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به تنش شوری بر اساس رتبه‌بندی صفات فتوسنتزی انجام شد. نتایج مجموع امتیازات حاصل از رتبه‌بندی صفات در دو تیمار شوری و رتبه‌بندی نهایی ژنوتیپ‌ها (جدول ۴)، نشان داد که ژنوتیپ واندرفول با کمترین امتیاز به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ (رتبه ۱) و ژنوتیپ شیرین‌بهشهر با بیشترین امتیاز به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ (رتبه ۱۵) شناخته شدند نتایج نشان می‌دهد که ارقام ملی و بین‌المللی از تحمل بیشتری نسبت به ارقام محلی برخوردار هستند. بر خلاف تصور اولیه، ژنوتیپ‌های وحشی تحمل متوسطی نشان دادند. به نظر می‌رسد که باغداران قدیمی نسبت به گزینش ارقام با عملکرد بالاتر اقدامات مناسبی انجام داده و طی قرن‌ها ارقامی را گزینش کرده‌اند که اتفاقاً متحمل‌ترین ارقام نیز بوده‌اند. همچنین نتایج

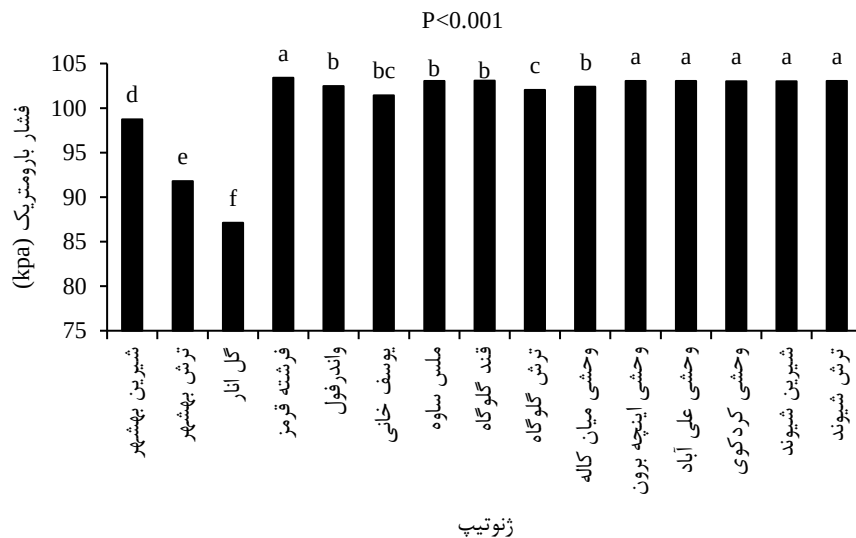
فتوسنتز کاهش یافت. نتایج این تحقیق با نتایج مورالز^۱ و همکاران (۱۹۹۲) در یک راستا بود. آن‌ها نشان دادند که با افزایش شوری آب آبیاری و کاهش پتانسیل اسمزی شیره سلولی، تخریب غشا تیلاکوئید و فلورسانس کلروفیل و هدرروی الکترون افزایش یافته و با کاهش انتقال الکترون واکنش‌های فتوسنتزی، عملکرد کوانتومی کاهش یافت. همچنین این نتایج با نتایج تدین و معاف‌پوریان (۱۳۹۷) هم‌راستا بود. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که با افزایش تنش اسمزی، ظرفیت و عملکرد کوانتومی انتقال الکترون فتوسنتزی، کاهش یافت.

طبق نتایج اثر ژنوتیپ بر فشار بارومتریک محصور شده معنی‌دار ($P < 0.001$) بود (شکل ۱). بیشترین فشار بارومتریک، مربوط به ژنوتیپ فرشته قرمز (۱۰۸ کیلوپاسکال) و کمترین فشار بارومتریک، مربوط به ژنوتیپ گل‌انار (۸۸ کیلوپاسکال) بود. این نتایج با نتایج اولمو و همکاران (۲۰۱۹) هم‌راستا بود. آن‌ها بیان نمودند که در ژنوتیپ انار والنسیانا تحت تنش شوری و با بسته شدن روزنه‌ها، آسیمیلاسیون دی‌اکسید کربن، فشار گازهای فتوسنتزی و عملکرد کوانتومی فتوسیستم II، نسبت به ژنوتیپ‌های واندرفول و مولار، کاهش یافت. همچنین نتایج این تحقیق با نتایج جاگتاب^۲ و همکاران (۱۹۹۸) سازگار بود. آن‌ها نشان دادند که توقف رشد و کاهش هدایت روزنه‌ای و تبادلات گازی فتوسنتز در اثر تنش اسمزی، منجر به کاهش تولید آنزیم روبیسکو شده و راندمان فیتوشیمیایی فتوسیستم II کاهش یافت.

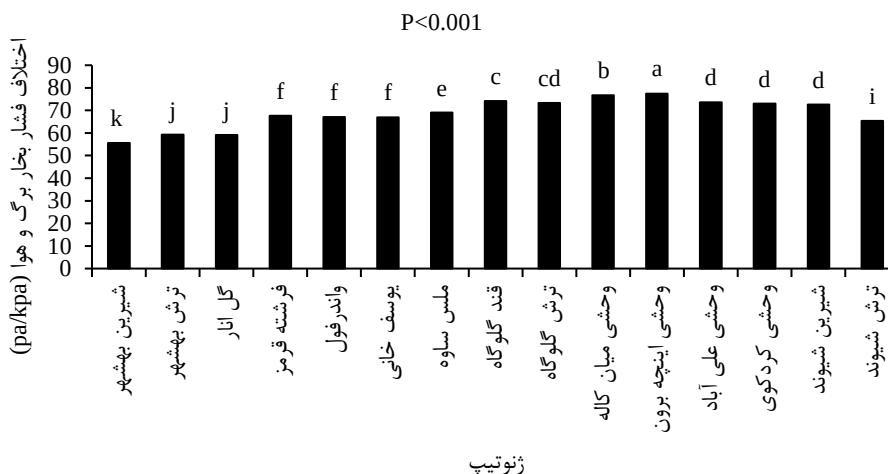
بر اساس نتایج، اثر ژنوتیپ بر اختلاف فشار بخار آب بین برگ و هوا معنی‌دار ($P < 0.001$) بود (شکل ۲). بیشترین اختلاف فشار بخار آب بین برگ و هوا، مربوط به ژنوتیپ وحشی اینچه‌برون (۷۵ کیلوپاسکال/پاسکال) و کمترین فشار بخار آب، مربوط به ژنوتیپ شیرین‌بهشهر (۵۵ کیلوپاسکال/پاسکال) بود. این نتایج با نتایج گوپتا^۳ و همکاران (۲۰۰۱) سازگار بود. آن‌ها نشان دادند که در ژنوتیپ‌های تحت تنش با کاهش فشار بخار آب و پتانسیل آماسی برگ، هدایت روزنه‌ای و مزوفیلی و در نتیجه اتلاف زیاد آب از طریق تعرق کاهش یافت. همچنین نتایج این تحقیق با نتایج احمدی و همکاران (۲۰۱۰) هم‌راستا

4. Mastrogiannidou
5. Melgar

1. Morales
2. Gactab
3. Gupta



شکل ۱- اثر مستقل ژنوتیپ بر فشار بارومتریک محصور شده. حروف متفاوت اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد (آزمون دانکن) را نشان می دهند.



شکل ۲- اثر مستقل ژنوتیپ بر اختلاف فشار بخار بین برگ و هوا. حروف متفاوت اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد (آزمون دانکن) را نشان می دهند.

کربن محفظه، دی اکسید کربن جذب شده، جریان گازهای فتوسنتزی، تابش فعال فتوسنتزی، رسانایی بخار آب روزنه برگ، نرخ جذب دی اکسید کربن، عملکرد کوانتومی در اغلب ژنوتیپ‌های مطالعه شده کاهش و سیگنال‌های اکسین درونی افزایش یافت. میزان کاهش و افزایش صفات اندازه گیری شده در بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده با یکدیگر اختلاف آماری داشت. همچنین، نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد

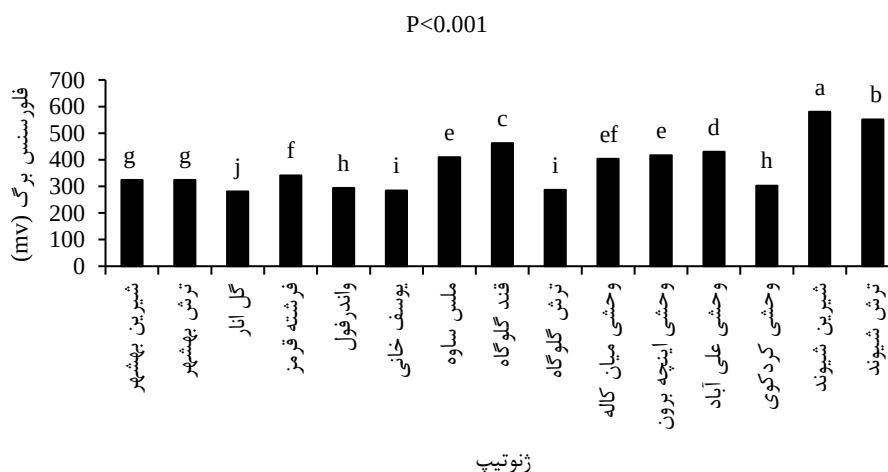
نشان می دهد که ژنوتیپ محلی فرشته قرمز به عنوان ژنوتیپ امیدبخش متحمل می تواند مورد توجه قرار گیرد.

نتیجه گیری کلی

به طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت نمک‌ها در آب آبیاری (۲/۵ و ۶/۴ گرم در لیتر)، شاخص‌های فتوسنتزی مانند دی اکسید

الکتریکی ۸ دسی‌زیمنس بر متر) را به‌خوبی تحمل و فتوسنتز نرمال داشته باشد. در نقطه مقابل ژنوتیپ شیرین بهشهر، به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ نسبت به تنش شوری تشخیص داده شد.

که نوع ژنوتیپ در افزایش تحمل به شوری بسیار مؤثر است، طبق نتایج رتبه‌بندی در مجموع، ژنوتیپ واندر فول به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش شوری انتخاب شد. این ژنوتیپ توانست غلظت کلرید سدیم ۶/۴ گرم در لیتر (با هدایت



شکل ۳- اثر مستقل ژنوتیپ بر فلورسنس برگ. حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد (آزمون دانکن) را نشان می‌دهند.

جدول ۴- امتیاز و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به شوری بر اساس صفات فتوسنتزی

ژنوتیپ	غلظت دی‌اکسیدکربن محفظه	غلظت دی‌اکسیدکربن نمونه برگ	جریان گازهای فتوسنتزی	سیگنال‌های اکسید درونی	جمع امتیاز	جمع امتیاز سایر صفات فتوسنتزی	جمع کل تیمار ۲/۵	جمع کل تیمار ۶/۴	مجموع امتیازات دو تیمار	رتبه نهایی
شیرین بهشهر	۴	۱۶	۲۱	۲۴/۵	۶۵/۵	۱۱۲	۱۷۷/۵	۱۸۳/۵	۳۶۱	۱۵
ترش بهشهر	۹	۱۶	۲۰	۲۴	۸۸	۱۱۴/۵	۱۸۳/۵	۱۷۲	۳۵۵/۵	۱۴
گل انار بهشهر	۲۱/۵	۱	۹	۲۲	۵۳/۵	۸۶	۱۳۹/۵	۱۳۳	۲۷۲/۵	۱۱
فرشته قرمز	۱۸	۱۶/۵	۲	۱۸	۵۴/۵	۳۱	۸۵/۵	۹۹	۱۸۴/۸	۲
واندر فول	۲۱	۲	۲	۶	۳۱	۳۶/۵	۶۷/۵	۷۵/۵	۱۴۳	۱
یوسف خانی	۱۸	۱۱/۵	۱۶	۱۱	۵۶/۵	۶۲	۱۱۸/۵	۱۳۱	۲۴۹/۵	۱۰
ملس ساوه	۳۰	۱۳/۵	۱۳	۲۱	۸۱/۵	۷۲/۵	۱۵۰	۱۲۷/۵	۲۷۷/۵	۱۲
قند گلوگاه	۲۳	۱۹	۱۲	۱۵	۶۹	۶۸	۱۳۷	۱۴۵/۵	۲۸۲/۵	۱۳
ترش گلوگاه	۱۶/۵	۲۲/۵	۷	۱۴	۶۰	۵۹	۱۱۹	۱۱۳	۲۳۲	۶
وحشی میانکاله	۱۳	۱۸	۱۱	۱۰	۵۲	۶۳	۱۱۵	۱۱۸	۲۳۳	۷
وحشی اینچه برون	۱۱	۱۵	۲	۷/۵	۳۵/۵	۸۳/۵	۱۱۹	۱۰۴/۵	۲۲۳/۵	۵
وحشی علی آباد	۱۵	۱۳	۳	۵	۳۶	۹۶/۵	۱۳۲/۵	۱۰۵/۵	۲۳۸	۹
وحشی کردکوی	۲۰/۵	۱۹	۵	۴	۴۸/۵	۶۵	۱۱۳/۵	۱۰۴/۵	۲۱۸	۴
شیرین شیوند	۱۱	۳	۷	۳	۲۴	۸۵/۵	۱۰۹/۵	۱۰۷	۲۱۶/۵	۳
ترش شیوند	۱۵	۷	۱۶	۱	۳۹	۶۵	۱۰۴	۱۳۲	۲۳۶	۸

منابع

اسکندری، ع. ۱۳۹۷. تولید و پرورش انار. مرکز تحقیقات آموزش انار ساوه، موسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی. ۱-۵۰.

- اردکانی، ا. ۱۳۸۴. بررسی مقاومت به شوری قلمه‌های ارقام مختلف انار در یزد. نهمین کنگره علوم باغبانی ایران. ۴۱۶-۴۲۱.
- اسدی، ص. و همایی، م. ۱۳۹۶. کاربرد مدل‌های شوری‌زدایی به‌منظور تدوین برنامه تناوب زراعی خاک‌های شور و سدیمی. حفاظت منابع آب و خاک، ۶(۴): ۹۲-۱۰۵.
- بحرانی، پ.، عبادی، ع.، زمانی، ذ. و فتاحی‌مقدم، م. ۱۳۹۷. تأثیر سطوح مختلف خشکی بر برخی از صفات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی انگور به‌منظور انتخاب متحمل‌ترین پایه. پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۷(۱): ۴۱-۵۶.
- تدین، م. و معاف‌پوریان، غ. ۱۳۹۷. مطالعه رابطه کارایی فتوسنتزی، واکنش نورشیمیایی و رشد انار در مدیریت کم آبیاری و خشکی موضعی تناوب ریشه، علوم و فنون باغبانی ایران، ۱۹(۱): ۳۰-۳۱.
- جلیلی‌مقدم، ز. و لطیفیان، م. ۱۳۹۸. معرفی نیازهای اکولوژیکی و برخی خصوصیات کمی و کیفی میوه انار رقم واندرفول، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، مجله ترویجی انار، ۱(۱): ۴۶-۵۴.
- حیدری شریف‌آباد، حسین. ۱۳۸۰. گیاه و شوری. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. ۱-۷۶.
- سوری، ن.، بخشی، د.، رضایی‌نژاد، ع. و فیضیان، م. ۱۴۰۰. اثر تنش شوری بر برخی از شاخص‌های رشدی و خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام انتخابی انار، فن‌آوری تولیدات گیاهی، ۲۱(۲): ۱۹-۳۳.
- شیردلی، ع. و طهماسبی، ع. ۱۳۹۲. تأثیر توام شوری آب آبیاری و نیتروژن بر مقاومت، عملکرد و کارایی مصرف آب (WUE) انار دانشگاه زنجان، علوم و مهندسی آبیاری، ۳۶(۱): ۳۴-۴۴.
- زارع، م. ج.، علیخانی، ح.، محمدی، ا. و قلاوند، ا. ۱۳۹۳. کاربرد فارچ‌های میکوریزا در کشاورزی پایدار و خاک‌های شور و خشک، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی، تهران، ۲۷۸ ص.
- طاووسی، م.، کاوه، ف.، علیزاده، ا.، بابازاده، ح. و تهرانی‌فر، ع. ۱۳۹۵. اثر کم‌آبیاری و شوری بر میوه انار رقم شیشه‌گپ (مطالعه موردی شهرستان فردوس، خراسان جنوبی). آبیاری و زهکشی ایران، ۱۰(۴): ۴۹۹-۵۰۷.
- فلاح، ا.، باقری، ل. و بنی‌پور. ۱۳۹۹. ارزیابی برخی صفات زراعی و عملکرد لاین‌های جهش‌یافته برنج در نسل‌های M2-M5 در اراضی شور مازندران، علوم زراعی ایران، ۵۱(۱): ۱۲۷-۱۳۵.
- Ahmadi, S.H., Andersen, M.N., Plauborg, F., Poulsen, R.T., Jensen, C.R., Sepaskhah, A.R. and Hansen, S., 2010. Effects of irrigation strategies and soils on field-grown potatoes: Gas exchange and xylem [ABA]. Agricultural Water Management, 97(10), pp.1486-1494.
- Anyia, A.O. and Herzog, H., 2004. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. European Journal of Agronomy, 20(4): 327-339.
- Ashraf, M.H.P.J.C. and Harris, P.J., 2013. Photosynthesis under stressful environments: An overview. Photosynthetica, 51(2): 163-190.
- Bhantana, P. and Lazarovitch, N., 2010. Evapotranspiration, crop coefficient and growth of two young pomegranate (*Punica granatum* L.) varieties under salt stress. Agricultural Water Management, 97(5): 715-722.
- El-Khawaga, A., Zaeneldeen, E. and Youssef, M., 2012. Responses of three pomegranates (*Punica granatum* L.) cultivars to salinity stress. Middle East Journal of Agriculture Research, 1: 64-75.
- FAO. 2020. Food and Agricultural commodities production. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- Gupta, N.K., Gupta, S. and Kumar, A., 2001. Effect of water stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield of wheat cultivars at different stages. Journal of Agronomy and Crop Science, 186(1): 55-62.
- Greenway, H. and Munns, R., 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Annual Review of Plant Physiology, 31(1): 149-190.
- Ibrahim, H.I., 2016. Tolerance of two pomegranates cultivars (*Punica granatum* L.) to salinity stress under hydroponic culture conditions. Journal of Basic and Applied Scientific Research, 6(4): 38-46.
- Jacoud, C., Job, D., Wadoux, P. and Bally, R., 1999. Initiation of root growth stimulation by *Azospirillum lipoferum* CRT1 during maize seed germination. Canadian Journal of Microbiology, 45(4): 339-342.

- Jones, M.M., Turner, N.C. and Osmond, C.B. 1981. Mechanisms of drought resistance. In 'The physiology and biochemistry of drought resistance in plants'. (Eds LG Paleg, D Aspinall), pp. 15-37.
- Jagtap, V., Bhargava, S., Streb, P. and Feierabend, J., 1998. Comparative effect of water, heat and light stresses on photosynthetic reactions in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Journal of Experimental Botany*, 49(327): 1715-1721.
- Khayyat, M., Tehranifar, A., Davarynejad, G.H. and Sayyari-Zahan, M.H., 2014. Vegetative growth, compatible solute accumulation, ion partitioning and chlorophyll fluorescence of 'Malas-e-Saveh' and 'Shishe-Kab' pomegranates in response to salinity stress. *Photosynthetica*, 52(2): 301-312.
- Mwanamwenge, J.W.A.U., Loss, S.P., Siddique, K.H.M. and Cocks, P.S., 1999. Effect of water stress during floral initiation, flowering and podding on the growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *European Journal of Agronomy*, 11(1): 1-11.
- Morales, F., Abadía, A., Gómez-Aparisi, J. and Abadía, J., 1992. Effects of combined NaCl and CaCl₂ salinity on photosynthetic parameters of barley grown in nutrient solution. *Physiologia Plantarum*, 86(3): 419-426.
- Mastrogiannidou, E., Chatzissavvidis, C., Antonopoulou, C., Tsabardoukas, V., Giannakoula, A. and Therios, I., 2016. Response of pomegranate cv. wonderful plants to salinity. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16(3): 621-636.
- Melgar, J.C., Syvertsen, J.P., Martínez, V. and García-Sánchez, F., 2008. Leaf gas exchange, water relations, nutrient content and growth in citrus and olive seedlings under salinity. *Biologia Plantarum*, 52(2): 385-390.
- Noreen, S. and Ashraf, M., 2008. Alleviation of adverse effects of salt stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid: growth and photosynthesis. *Pakistan Journal of Botany*, 40(4): 1657-1663.
- Olmo, A., Garcia-Sanchez, F., Simon, I., Lidon, V., Alfosea-Simon, M., Camara-Zapata, J.M., Martinez-Nicolas, J.J. and Simon-Grao, S., 2019. Characterization of the ecophysiological responses of three pomegranate cultivars to salinity. *Photosynthetica*, 57(4): 1015-1024.
- Pugnaire, F.I., Serrano, L.U.I.S. and Pardos, J.O.S.E., 1999. Constraints by water stress on plant growth. *Handbook of Plant and Crop Stress*, 2: 271-283.
- Venora, G. and Calcagno, F., 1991. Study of stomatal parameters for selection of drought resistant varieties in *Triticum durum* DESF. *Euphytica*, 57(3): 275-283.
- Rhoades, J.D. and Loveday, J., 1990. Salinity in irrigated agriculture. *Agronomy*, (30): 1089-1142.
- Szabolcs, I. 1994. Soils and salinisation. *Handbook of plant and crop stress*, pp. 3-11.
- Shakirova, F.M., Sakhabutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdinova, R.A. and Fatkhutdinova, D.R., 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*, 164(3): 317-322.
- Yordanov, I., Tsonev, T., Velikova, V., Georgieva, K., Ivanov, P., Tsenov, N. and Petrova, T., 2001. Changes in CO₂ assimilation, transpiration and stomatal resistance of different wheat cultivars experiencing drought under field conditions. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 27(3-4): 20-33.
- Zou, G.H., Liu, H.Y., Mei, H.W., Liu, G.L., Yu, X.Q., Li, M.S., Wu, J.H., Chen, L. and Luo, L.J., 2007. Screening for drought resistance of rice recombinant inbred populations in the field. *Journal of Integrative Plant Biology*, 49(10): 1508-1516.