مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۸ شماره ۲ صفحه‌های ۱۴۳ تا ۱۵۸ (۱۳۹۶)

اثر تنش شوری بر برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک و زیست‌شیمیایی چهار دورگه انجیر[1]

Effect of Salinity Stress on Some Physiological and Biochemical Responses of Four Fig Hybrids

مهوش زارعی، مجید عزیزی، مجید راحمی*، علی تهرانی‌فر و سهراب داورپناه[2]

چکیده

شور شدن خاک‌ها در اثر تجمع نمک در خاک، تولید محصول‌های کشاورزی از جمله انجیر را کاهش می‌دهد. به‌منظور بررسی تأثیر سطح‌های مختلف تنش شوری (۰/۶، ۴، ۶ و ۸ میلی‌موس بر سانتی‌متر) بر چهار دورگه انجیر، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح به‌طورکامل تصادفی انجام شد. دانهال‌های مورد ارزیابی از تلاقی رقم مادری سبز (S) و چهار رقم برانجیر پوزدنبالی (P)، خرمایی (K)، شاه انجیری (Sh) و دانه سفید (D)، (S×P، S×K، S×Sh و S×D) به‌دست آمده بودند. اعمال تنش شوری در سطح هشت میلی‌موس بر سانتی‌متر منجر به افزایش غلظت پرولین (۹/۱۸ برابر)، کاروتنوئیدها (۸/۰۴٪)، تراکم روزنه (۵۴/۱۳ ٪)، کاهش مقدار نسبی آب برگ (۱۵/۲۴٪)، نشاسته (۳۹/۴۲٪)، طول (۲۳/۶۸٪) و قطر روزنه (۲۴/۶۰٪) و هدایت روزنه‌ای (۷۳/۵۹٪) نسبت به تیمار شاهد شد. با افزایش سطح شوری تا شش میلی‌موس بر سانتی‌متر، غلظت قندهای محلول کل، کلروفیل b و کلروفیل کل در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت. بیش‌ترین مقدار پرولین، کلروفیل‌های a و b، کلروفیل کل، کاروتنوئیدها، قندهای محلول کل و نشاسته در دورگه S×K اندازه‌گیری شد. در حالی‌که کم‌ترین مقدار نسبی آب برگ در دورگه S×D و کم‌ترین غلظت کلروفیلb و کل در دورگه S× Sh اندازه‌گیری شد. هم‌چنین دورگه S×Sh بیش‌ترین مقدار کاهش طول و قطر روزنه و بیش‌ترین افزایش تراکم روزنه‌ای زیر شرایط تنش شوری را داشت، در حالی‌که کم‌ترین مقدار تراکم روزنه‌ای در دورگه S×K مشاهده شد. هم‌چنین در تیمار هشت میلی‌موس بر سانتی‌متر، بیش‌ترین و کم‌ترین درصد تغییرهای هدایت روزنه‌ای نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب در دورگه‌های S×P و S×K مشاهده شد. در بین چهار دورگه مورد بررسی، S×K شرایط تنش شوری را بیش‌تر از بقیه تحمل نمود و امکان استفاده از این دورگه در خاک‌های شور تا سطح هشت میلی‌موس بر سانتی‌متر وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، کاروتنوئید، کلروفیل، نشاسته، هدایت روزنه‌ای.

مقدمه

انجیر (*Ficus carica* L.) بومی ایران، آسیای صغیر و سوریه است و در سرتاسر منطقه مدیترانه گسترش یافته است (۲۳). براساس آمار جهانی، کشور ایران پس از ترکیه، مصر، الجزایر و مراکش پنجمین تولیدکننده انجیر و سومین تولیدکننده انجیر خشک دنیا می‌باشد (۲۲). انجیر بیش‌تر در منطقه‌های خشک و نیمه‌خشک، کشت و کار

۱- تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۲۲

۲- به‌ترتیب، دانش‌آموخته دکتری علوم باغبانی، استاد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، استاد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، استاد علوم باغبانی و دانش‌آموخته دکتری علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (rahemi@shirazu.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-06-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.2.4.9]

می‌شود (۲۹). گیاهان در این منطقه‌ها به‌دلیل وجود تابستان‌های گرم و خشک، رطوبت‌نسبی پایین و زمستان‌های ملایم (۲۳)، با دشواری‌های ناشی از خشکی و شوری مواجه هستند.

شوری خاک‌ها یکی از دشواری‌های اساسی کشاورزی است که رشد گیاه را زیر تأثیر قرار داده و عملکرد محصول‌های کشاورزی را کاهش می‌دهد. براساس آمار منتشر شده، حدود ۲۰٪ از زمین‌های زیر کشت و کار در دنیا توسط شوری تهدید (۲۱) و پیش‌بینی می‌شود که این مقدار به بیش از ۳۰٪ افزایش خواهد یافت (۳۳). شورشدن خاک‌ها در اثر عامل‌هایی از جمله آبیاری بدون سیستم زهکشی مناسب، پساب‌های صنعتی، مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی، حذف پوشش‌های گیاهی طبیعی، جاری شدن سیل با آب‌های غنی از نمک، بالا آمدن سطح آب زیرزمینی و استفاده از آب‌های زیرزمینی با کیفیت پایین برای آبیاری ایجاد می‌شود (۳۳). کیفیت آب آبیاری، یکی از عامل‌های مهم و تأثیرگذار در کشاورزی می‌باشد، به‌طوری که گزارش‌های فراوانی در خصوص از بین رفتن زراعت‌های مختلف در اثر آبیاری با آب‌های زیرزمینی با کیفیت پایین و درنتیجه شورشدن خاک‌ها در دسترس می‌باشد (۱۲)، که در این مورد می‌توان به شورشدن زمین‌های آبی در منطقه عمومی گرمسار اشاره کرد (۶).

کشور ایران پس از هند و پاکستان با دارا بودن ۶/۸ میلیون هکتار زمین‌های شور، در صدر کشورهای در معرض تهدید از نظر تنش شوری محسوب می‌شود. به طوری‌که در حال حاضر سطح کل زمین‌های فاریاب ایران۷/۳ میلیون هکتار و سطح کل زمین‌های زراعی مبتلا به درجه‌های مختلف شوری خاک، آب یا هر دو، ۳/۵ میلیون هکتار برآورد شده است (۳). واکنش گیاهان به شرایط شوری بسته به طول دوره و شدت شوری، گونه، رقم، مرحله رشدی گیاه و شرایط محیطی که گیاه در آن رشد می‌کند، متفاوت می‌باشد (۱۴)، هم‌چنین سازوکار گیاهان برای تحمل به شوری چنان پیچیده است که نه تنها در بین گونه‌ها بلکه در بسیاری از مواقع در بین رقم‌های درون یک گونه نیز متفاوت می‌باشد (۱۳)، ولی به‌طور کلی سازوکارهای تحمل به شوری در گیاهان شامل تنظیم اسمزی در بافت‌های ریشه و برگ، کنترل بارگیری سدیم به درون آوند چوب و بازپس‌گیری آن از شاخه (۳۶)، برون‌رانی یون سدیم (جلوگیری از جذب) توسط ریشه (۴۲)، کده‌بندی سدیم درون واکوئل‌ها (۲۶)، کده‌بندی سدیم در بافت‌هایی ویژه (۲۰)، نگهداری پتاسیم در سیتوپلاسم و تحمل یا سمیت‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن (۴۳) می‌باشد. تنش اسمزی ناشی از شوری سبب کاهش بزرگ‌شدن یاخته، کاهش رشد شاخه‌ها، بسته‌شدن منفذ روزنه و کاهش فتوسنتز و از سوی دیگر تجمع سدیم در برگ‌های پیرتر در اثر تنش یونی موجب سریع شدن پیری و ریزش برگ‌ها می‌شود (۳۶)، که در پایان منجر به کاهش عملکرد گیاهان خواهد شد.

تنش شوری به‌شدت رشد و تولید بیشتر گونه‌های درختان میوه (۲۷) از جمله انجیر را محدود می‌کند. درختان انجیر تحمل متوسطی به شوری دارند (۲۵). زارعی و همکاران (۵۱) گزارش کردند که دورگه سبز × خرمایی (S×K)، برخلاف دورگه‌های دیگر، تا سطح شوری ۶ میلی‌موس بر سانتی‌متر کاهش چشمگیری در ویژگی‌های رشدی نشان نداد. در پژوهش‌های پیشین کاهش عامل‌های مختلف رشدی از جمله کاهش طول، قطر و تعداد شاخه‌های جدید، وزن خشک شاخه و ریشه درختان انجیر (۵، ۵۲)، کاهش تعداد برگ، ضخامت برگ‌های جوان و قطر شاخه دانهال‌های پسته (۲۸)، کاهش طول شاخه، تعداد میانگره و سطح برگ شش رقم زیتون (۱۸) در اثر افزایش سطح شوری گزارش شده است. از آن‌جایی که مؤثرترین روش برای کم نمودن اثرهای تنش شوری بر تولید محصول‌های کشاورزی، گزینش گیاهان دارای تحمل مناسب به شوری زیاد می‌باشد، این پژوهش به‌منظور ارزیابی تحمل به شوری چهار دورگه جدید انجیر با استفاده از ویژگی‌های مختلف فیزیولوژیک و زیست‌شیمیایی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر سطح‌های مختلف تنش شوری بر چهار دورگه انجیر طراحی و در گلخانه بخش علوم باغبانی دانشگاه شیراز اجرا شد. بدین‌منظور از بذر دورگه‌های حاصل از تلاقی رقم مادری سبز (S)، به‌عنوان رقم موردپسند که تحمل به شوری آن در پژوهش قبلی بررسی شده بود (۵) با چهار رقم برانجیر استان فارس به

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-06-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.2.4.9]

نام‌های پوزدنبالی (P)، خرمایی (K)، شاه انجیری (Sh) و دانه سفید (D) استفاده شد. در این پژوهش نتاج تلاقی‌ها به اختصار به‌صورت سبز× خرمایی (S×K)، سبز × پوزدنبالی (S×P)، سبز × دانه سفید (S×D) و سبز × شاه‌انجیری (S×Sh) نمایش داده می‌شوند. بذرهای این تلاقی‌ها از قطب علمی انجیر دیم ایران تهیه و در مرداد ماه سال ۱۳۹۳، در بستری از ماسه در گلخانه و زیر شرایط کنترل شده با میانگین دمای ۲±۲۱ /۲±۳۰ درجه سلسیوس (شب/ روز) و رطوبت‌نسبی ۵۰٪ کشت شدند. دانهال‌ها در مرحله چهار برگی به گلدان‌های ۱۰ لیتری دارای ۸ کیلوگرم آمیخته سترون شده خاک رس، ماسه و خاکبرگ پوسیده (به نسبت ۱:۱:۱) و یک لایه ۰/۵ کیلوگرمی از سنگریزه برای زهکشی) منتقل شدند. ویژگی‌های خاک استفاده شده در جدول ۱ آورده شده است. تا زمان شروع تیمارها، همواره دانهال‌ها هر دو روز یک بار با آب شهری تا حد ظرفیت مزرعه (FC) آبیاری شدند. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل و براساس طرح کاملا تصادفی و با اعمال تیمارهای شوری کلرید سدیم روی دانهال‌های هشت ماهه، در چهار سطح ۰/۶ میلی‌موس بر سانتی‌متر (آب شهری)، ۴، ۶ و ۸ میلی‌موس بر سانتی‌متر انجام شد. تیمارهای شوری به مدت ۴۰ روز و به روش وزنی روی نهال‌های بذری اعمال شد (۵۰). برای رسیدن به هدایت الکتریکی هر کدام از تیمارهای شوری، کلرید سدیم (مرک) در آب شهری حل شد و به‌منظور جلوگیری از شوک ناگهانی، سطح‌های شوری آب آبیاری به‌صورت تدریجی، از ۱ میلی‌موس بر سانتی‌متر شروع و هر دو روز یک‌بار یک میلی‌موس بر سانتی‌متر، افزوده و در طی دو هفته به بالاترین سطح شوری رسانیده شد. در هر نوبت آبیاری پس از وزن کردن گلدان‌ها، رطوبت خاک به حد FC رسانده شد. به‌منظور جلوگیری از تجمع نمک، مقدار بیست درصد رطوبت محاسبه شده برای نگهداری هر گلدان در شرایط FC، آب نمک بیش‌تری به گلدان‌ها داده شد، به‌طوری که زه‌آب از گلدان‌ها خارج شود.

جدول۱- برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بستر مورد استفاده در آزمایش.

Table 1- Some physicochemical properties of the substrate used in the experiment.

نیتروژن N (%)	منیزیم Mg (mg Kg^{-1})	کلسیم Ca (mg Kg^{-1})	سدیم Na (mg Kg^{-1})	کربن آلی Organic carbon (%)	هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1})	واکنش گل اشباع pH	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)
0.18	47.52	74.8	6.98	2.13	1.14	6.97	13	22	65

اندازه‌گیری مقدار نسبی آب برگ (RWC)، سه هفته پس از اعمال بیش‌ترین سطح تنش شوری در ساعت ۱۳ و بر روی سومین برگ توسعه یافته از بالا انجام و بر اساس معادله زیر محاسبه شد (۱۶).

$$\text{مقدار نسبی آب برگ} = \frac{(\text{وزن تازه} - \text{وزن خشک})}{(\text{وزن آبگیری} - \text{وزن خشک})} \times 100$$

مقدار کلروفیل با روش لیچتنتالر (۳۲) در پایان آزمایش اندازه‌گیری شد. ابتدا ۰/۲۵ گرم نمونه‌های تازه برگ (از سومین برگ توسعه یافته از بالا) با استفاده از استون ۸۰٪ به‌طور کامل ساییده شد و پس از سانتریفیوژ کردن به‌مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۴۸۰۰ دور در دقیقه، مقدار جذب در سه طول موج ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ با استفاده از دستگاه طیف سنج مرئی- بنفش (مدل Spectronic 20 D ساخت شرکت Milton Roy, USA) خوانده شد. سپس مقدار کلروفیل‌های a، b و کل و هم‌چنین کاروتنوئیدها با استفاده از معادله‌های زیر اندازه‌گیری شد.

$$\text{Chl}_a\ (\text{mg. g}^{-1}\ \text{FW}) = 12.25A_{663} - 2.79A_{645} \times \left(\frac{v}{w \times 1}\right)$$

$$\text{Chl}_b\ (\text{mg. g}^{-1}\ \text{FW}) = 21.50A_{645} - 5.10A_{663} \times \left(\frac{v}{w \times 1}\right)$$

$$\text{Chl}_{total}\ (\text{mg. g}^{-1}\ \text{FW}) = 7.15\ A_{663} + 18.71\ A_{645} \times \left(\frac{v}{w \times 1}\right)$$

$$C_{x+c}\ (\text{mg. g}^{-1}\ \text{FW}) = (1000\ A_{470} - 1.82\ \text{Chl}_a - 85.02\ \text{Chl}_b)/198 \times \left(\frac{v}{w \times 1}\right)$$

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-06-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.2.4.9]

در این معادله‌ها، Chl_a مقدار کلروفیل a، Chl_b مقدار کلروفیل b، Chl_{total} مقدار کلروفیل کل، C_{x+c} مقدار کاروتنوئید، v حجم پایانی عصاره در استون ۸۰٪ و w وزن تازه بافت برای عصاره‌گیری بر حسب گرم می‌باشد.

مقدار پرولین نمونه‌ها از روش بیتس و همکاران (۱۷) در طول موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه طیف‌سنج مرئی- بنفش و استفاده از منحنی استاندارد ال- پرولین تعیین شد. بدین‌منظور در پایان آزمایش، از سومین برگ توسعه یافته از بالا نمونه‌گیری شد. مقدار قندهای محلول کل به روش فنول- سولفوریک اسید و براساس منحنی استاندارد گلوکز خالص اندازه‌گیری شد (۲۴). مقدار نشاسته به روش مک‌کریدی و همکاران (۳۴) اندازه‌گیری شد. بدین‌منظور مقدار جذب نور در طول موج ۶۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه ایپوچ (Epoch) (مدل LSM-1003, USA) خوانده شد و سپس برای تهیه استاندارد نشاسته از گلوکز استفاده شد، اما عددها در ۰/۹ ضرب شدند. مقدار هدایت روزنه‌ای، ۳۵ روز پس از شروع تیمارها در یک روز کامل آفتابی و بین ساعت‌های ۱۰ تا ۱۲ و ۱۴ تا ۱۵ روی نخستین برگ توسعه یافته با دستگاه پورومتر (SC-1, Decagan Devices Inc. USA) اندازه‌گیری شد. در پایان آزمایش، چهارمین برگ هر گیاه برای اندازه‌گیری طول، قطر و تراکم روزنه جدا شد و پس از حذف کرک‌ها با استفاده از میکروسکوپ نوری کالیبره شده، مجهز به عدسی شیئی (برابر۴۰) و عدسی چشمی (برابر۱۰) مدرج، طول و قطر سه عدد روزنه از هر اسلاید به‌طور تصادفی مشخص شد. سپس با استفاده از عدسی چشمی که مجهز به مربع (۱×۱ میلی‌متر) در مرکز بود در هر اسلاید تعداد روزنه در واحد سطح شمارش شد (۵۲).

طرح آزمایش و واکاوی داده‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با ۱۰ تکرار (یک دانهال در هر تکرار) انجام شد. واکاوی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

مقدار نسبی آب برگ

مقدار نسبی آب برگ به‌طور معنی‌داری زیر تأثیر دورگه و شوری قرار گرفت، درحالی‌که برهمکنش شوری و دورگه تفاوت معنی‌داری بر این شاخص نداشت. براساس نتیجه‌های مقایسه میانگین اثرهای ساده ، متناسب با افزایش سطح‌های شوری، مقدار نسبی آب برگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۱- الف). به‌طوری که اعمال شوری در سطح ۸ میلی‌موس بر سانتی‌متر منجر به کاهش ۱۵/۲۴ درصدی مقدار نسبی آب برگ نسبت به گیاهان شاهد شد. بررسی اثر ساده دورگه، کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار نسبی آب برگ را به‌ترتیب در دورگه‌های S×D و S×K نشان داد، اما اختلاف معنی‌داری بین دو دورگه S×P و S×Sh مشاهده نشد (شکل ۱- ب).

کاهش مقدار نسبی آب برگ در این پژوهش در اثر تنش شوری، با نتیجه‌های گزارش شده در دو رقم انار شیشه کپ و ملس ساوه (۳۱) و بادام (۱) همخوانی دارد. کاهش مقدار نسبی آب برگ گیاهان زیر شرایط تنش شوری، نشان دهنده جذب کمتر آب توسط گیاهان می‌باشد، که این کاهش مقدار جذب آب می‌تواند به دلیل کاهش دسترسی به آب باشد. محدودیت دسترسی به آب در اثر افزایش پتانسیل اسمزی ناشی از وجود نمک در خاک، فرایند توسعه یاخته‌ای را کاهش می‌دهد و نشانگر کاهش آماس یاخته می‌باشد (۴۹). دورگه‌های با مقدار نسبی آب بالا، با بستن روزنه‌های خود و تعرق کم‌تر و یا با داشتن سیستم ریشه‌ای قوی‌تر می‌توانند آب را از خاک جذب، به شاخساره منتقل و مقدار نسبی آب خود را در سطح بالایی حفظ کنند و از این رو به کاهش آب مقاوم‌تر هستند (۲).

کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل

غلظت کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل زیر تأثیر تیمارهای شوری، دورگه و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت. به‌طور کلی، اعمال شوری در سطح ۸ میلی‌موس بر سانتی‌متر، سبب کاهش غلظت کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل شد

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-06-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.2.4.9]

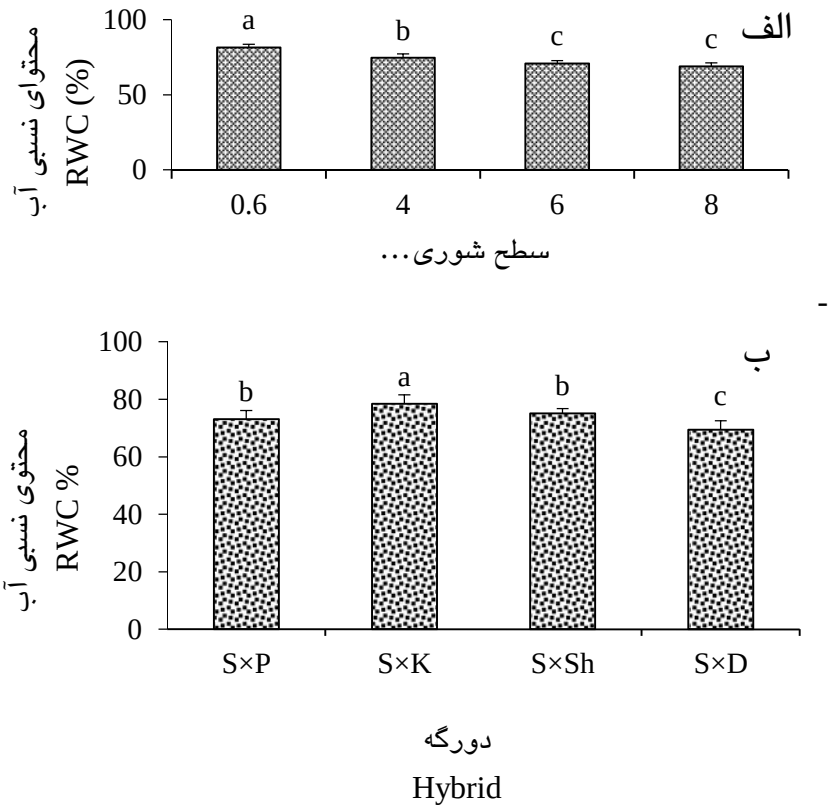

Fig. 1. The effects of salinity level (A) and hybrids (B) on fig relative water content.

شکل ۱- تاثیر سطح‌های شوری (الف) و دورگه‌ها (ب) بر محتوی نسبی آب برگ انجیر.

(جدول ۲). براساس نتیجه‌ها، بیش‌ترین غلظت کلروفیل‌های a و b و کلروفیل کل در دورگه S×K یادداشت شد و کم‌ترین غلظت کلروفیل b در دورگه S × Sh بود. در حالی‌که بین غلظت کلروفیل a و کلروفیل کل در دورگه‌های S×P، S × Sh و S × D اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). اعمال شوری در سطح ۴ میلی‌موس بر سانتی‌متر در دورگه S×D و در سطح ۶ میلی‌موس بر سانتی‌متر در دورگه S×K، منجر به افزایش کلروفیل a شد، در حالی‌که سطح ۸ میلی‌موس بر سانتی‌متر تنش شوری، موجب کاهش کلروفیل a در دورگه‌های S×D و S×Sh شد (جدول ۲). بررسی برهمکنش شوری و دورگه نشان داد که در دورگه‌های S×P و S×Sh مقدار کلروفیل b زیر تأثیر سطح‌های مختلف تنش، تفاوت معنی‌داری را با تیمار شاهد نشان نداد. در حالی‌که در دورگه S×K، تیمار ۶ میلی‌موس بر سانتی‌متر سبب افزایش ۵۸/۷۹ درصدی و در دورگه S×D، تیمار ۴ میلی‌موس بر سانتی‌متر منجر به افزایش ۲/۷۲ برابری در غلظت کلروفیل b نسبت به شاهد شد (جدول ۲). در مجموع تنش شوری به جز در سطح ۸ میلی‌موس بر سانتی‌متر که موجب کاهش غلظت کلروفیل کل در دورگه S×Sh شد، در دورگه‌های S×D و S×K موجب افزایش کلروفیل کل به‌ترتیب، زیر تیمارهای۴ و ۶ میلی‌موس بر سانتی‌متر شد (جدول ۲).

زریگ و همکاران (۵۳) در بررسی تأثیر تنش شوری بر بادام رقم مازتو پیوندی روی دو پایه گارنم و جی‌اف ۷۷، تغییر نکردن کلروفیل a و افزایش کلروفیل b در ترکیب پیوندی مازتو/ جی‌اف در شرایط افزایش شوری را گزارش کردند. هم‌چنین اورعی و همکاران (۱) گزارش کردند که در پایه جی‌اف-۶۷۷ با افزایش شوری، شاخص کلروفیل نه تنها کاهش معنی‌داری را نشان نداد، بلکه در سطح ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، افزایش یافت. اما در پایه تواونو با افزایش شوری، شاخص کلروفیل کاهش معنی‌داری پیدا کرد. کاهش در رنگدانه‌های فتوسنتزی زیر تأثیر شوری در برخی از پژوهش‌های پیشین بر روی محصول‌های مختلفی مثل انار (۳۱) گزارش شده است. نمک‌ها ممکن است در کلروپلاست‌ها تجمع یابند و به‌طور مستقیم اثر سمیت خود را روی فرایند فتوسنتز و سیستم

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-06-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.2.4.9]

جدول ۲- برهمکنش شوری و دورگه بر کلروفیلa، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدهای چهار دورگه انجیر، سبز× پوزدنبالی (S×P)، سبز× خرمایی (S×K)، سبز× شاه انجیری (S × Sh) و سبز× دانه سپید (S × D).

Table 2. Interaction of salinity stress and hybrid on chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoids of four fig hybrids, Sabz×Pouz Donbali (S×P), Sabz×Khormaei (S×K), Sabz× Shahanjiri (S × Sh) and Sabz× Daneh sephid (S × D).

تیمار Treatment		کلروفیل a Chlorophyll a ($\mu g\ g^{-1}$ FW)	کلروفیل b Chlorophyll b ($\mu g\ g^{-1}$ FW)	کلروفیل‌کل Total chlorophyll ($\mu g\ g^{-1}$ FW)	کاروتنوئیدها Carotenoids ($\mu g\ g^{-1}$ FW)
دورگه Hybrid	شوری Salinity (mmhos cm^{-1})				
S×P	0.6	477.04 cd†	320.03 b	797.07 cd	264.01 cde
S×P	4	418.56 de	259.46 bcd	678.02 cde	193.83 hi
S×P	6	449.66 cd	327.87 b	777.53 cd	238.80 efg
S×P	8	415.48 de	276.51 bc	691.98 cde	285.28 cd
S×K	0.6	576.38 cd	286.81 bc	863.18 cd	294.23 bcd
S×K	4	637.29 bc	321.95 b	959.24 bc	298.07 bc
S×K	6	780.75 ab	455.44 a	1236.19 ab	340.19 a
S×K	8	644.84 bc	339.66 b	984.50 bc	283.58 cd
S × Sh	0.6	521.68 cd	221.61 bcd	743.29 cd	226.59 fgh
S × Sh	4	594.53 bcd	285.35 bc	879.88 cd	274.91 cd
S × Sh	6	465.16 cd	215.15 bcd	680.30 cde	258.77 def
S × Sh	8	242.47 ef	141.95 d	384.42 ef	175.96 i
S ×D	0.6	424.04 ed	174.81cd	598.85 def	208.67 ghi
S ×D	4	840.08 a	475.99 a	1316.07 a	201.65 hi
S ×D	6	554.89 cd	309.48 b	864.37 cd	324.13 ab
S ×D	8	176.34 f	158.86 cd	335.20 f	187.99 i

† Means with the same letters are not significantly different using Duncan test at $P < 0.05$.

† میانگین‌هایی با حرف‌های مشابه با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-06-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.2.4.9]

فتوسنتزی اعمال کنند (۳۶). کاهش مقدار کلروفیل ممکن است به‌دلیل افزایش تخریب کلروفیل، کاهش ساخت کلروفیل و یا هر دو آن‌ها و هم‌چنین در نتیجه کاهش یکپارچگی غشای تیلاکوئید باشد (۴۱). کاهش در مقدار کلروفیل برگ می‌تواند با کاهش در غلظت پتاسیم برگ مرتبط باشد (۴۶). تنش شوری می‌تواند سبب افزایش فعالیت کلروفیلاز و زیر تأثیر قرار دادن جذب برخی از یون‌ها از جمله منیزیم و آهن شود، که در فرایند تشکیل کلروفیل دخالت دارند (۳۵). با وجود این‌که تنش شوری سبب کاهش کلروفیل می‌شود، اما تغییرهای غلظت کلروفیل به تحمل گیاه به تنش شوری بستگی دارد، به‌طوری که مقدار کلروفیل در اثر تنش شوری در برخی گونه‌های متحمل به شوری افزایش و در گونه‌های حساس کاهش می‌یابد (۱۵). به‌نظر می‌رسد که تغییر ابعاد یاخته در اثر تنش شوری، با کاهش بیش‌تری در سطح نسبت به عمق صورت می‌گیرد و منجر به کوچک‌تر و ضخیم‌تر شدن برگ‌ها می‌شود و این تغییرهای آناتومیکی موجب افزایش تراکم کلروپلاست در واحد سطح برگ می‌شوند (۳۵). مقدار کلروفیل برگ می‌تواند به‌عنوان یکی از شاخص‌های تحمل به شوری در گیاه انجیر محسوب شود.

غلظت کاروتنوئیدها

غلظت کاروتنوئیدها به‌طور معنی‌داری زیر تأثیر شوری، دورگه و برهمکنش شوری و دورگه قرار گرفت. غلظت کاروتنوئیدها در دورگه S×K به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سه دورگه دیگر بود. افزایش معنی‌داری در غلظت کاروتنوئیدها در تیمار ۶ میلی‌موس بر سانتی‌متر شوری در دورگه‌های S×K و S×D و در سطح ۴ میلی‌موس بر سانتی‌متر در دورگه S×Sh در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۲).

افزایش کاروتنوئیدها زیر شرایط تنش ممکن است نشان دهنده سازوکار آنتی‌اکسیدانی کارآمدتر، برای حفظ رنگدانه‌های آنتن نور و فتوسیستم‌ها باشد. کاروتنوئیدها افزون‌بر نقش خود به‌عنوان رنگدانه‌های جمع‌آوری کننده نور و مشارکت در فرایند فتوسنتز با مهار اکسیژن یکتا[۱] و رادیکال‌های پیروکسیل، کلروفیل را در برابر تنش اکسیداتیو محافظت می‌کنند (۴۷).

پرولین

تنش شوری، دورگه و برهمکنش تنش شوری و دورگه اثر معنی‌داری بر مقدار پرولین داشت. نتیجه‌ها نشان داد که ارتباط مستقیمی بین افزایش سطح شوری و غلظت پرولین در انجیر وجود داشت، به‌طوری که با افزایش شدت شوری غلظت پرولین به‌صورت خطی افزایش یافت. در برهمکنش تنش شوری و دورگه، بالاترین مقدار تجمع پرولین در دو سطح شوری ۶ و ۸ میلی‌موس بر سانتی‌متر (به‌ترتیب ۹/۴۵ و ۱۲/۵۰ برابر) در دورگه S×K مشاهده شد (جدول ۳).

در بسیاری از گونه‌های گیاهی از جمله انجیر (۵) و انار (۳۱) افزایش پرولین زیر تنش شوری گزارش شده است. جیانگ و همکاران (۳۰) دریافتند که تنش شوری در انجیر موجب افزایش مقدار پرولین در برگ‌ها شد و افزایش پرولین در رقم‌های انجیر با تحمل به شوری رابطه مثبتی دارد. به‌طوری که تغییرهای پرولین به‌عنوان یک شاخص فیزیولوژیکی می‌تواند در ارزیابی تحمل به شوری رقم‌های انجیر به‌کار رود. در پژوهش دیگری، رهنمون و همکاران (۴) گزارش کردند که با انباشت یون‌های سدیم و کلر در برگ بادام در اثر اعمال تنش شوری، مقدار پرولین آزاد به‌طور قابل توجه و به‌صورت خطی افزایش یافت. عبدلی‌نژاد و شکافنده (۹) با بررسی تأثیر شوری بر دانهال‌های حاصل از گرده‌افشانی آزاد دو رقم مادری انجیر سبز و شاه انجیر بیان کردند که با افزایش شوری مقدار پرولین در برگ‌های هر دو رقم افزایش یافت. هم‌چنین گزارش شده که رقم‌های متحمل به شوری انجیر (۵، ۸) و بادام (۵۳) مقدار پرولین بیش‌تری نسبت به رقم‌های حساس دارند. رابطه مثبت و مستقیمی بین افزایش مقاومت به کم آبی در تنش‌های کم آبی و شوری و تجمع پرولین در گیاه وجود دارد (۴۰). تجمع پرولین بیشتر به‌دلیل افزایش ساخت و

۱- Singlet oxygen

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-06-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.2.4.9]

جدول ۳- برهمکنش شوری و دورگه بر پرولین، قند کل و نشاسته چهار دورگه انجیر، سبز× پوزدنبالی (S×P)، سبز× خرمایی (S×K)، سبز× شاه انجیری (S × Sh) و سبز× دانه سپید (S × D).

Table 3. Interaction of salinity stress and hybrid on proline, total sugars and starch of four fig hybrids, Sabz×Pouz Donbali (S×P), Sabz×Khormaei (S×K), Sabz× Shahanjiri (S × Sh) and Sabz× Daneh sephid (S × D).

تیمار Treatment		پرولین Proline ($\mu m\ g^{-1}$ FW)	قند کل Total sugars ($mg\ g^{-1}$ DW)	نشاسته Starch ($mg\ g^{-1}$ DW)
دورگه Hybrid	شوری Salinity ($mmhos\ cm^{-1}$)			
S×P	0.6	3.00 gh†	94.54ef	76.48b
S×P	4	12.68 e	215.92 a	52.55 c
S×P	6	13.03 e	242.94 a	57.30 c
S×P	8	22.48 bc	66.78 f	52.64 c
S×K	0.6	2.20 h	160.58 c	93.80 a
S×K	4	7.57 f	218.65 a	50.24 c
S×K	6	20.80 c	205.89 ab	52.61 c
S×K	8	27.50 a	163.31 c	54.27 c
S × Sh	0.6	2.74 gh	107.45 def	71.55 b
S × Sh	4	4.22 g	157.88 c	57.01 c
S × Sh	6	18.07 d	97.70 def	50.02 c
S × Sh	8	23.72 b	132.39 cde	31.30 d
S ×D	0.6	2.51 gh	139.26 cd	71.63 b
S ×D	4	13.70 e	174.02 bc	50.22 c
S ×D	6	18.13 d	154.63 c	55.73 c
S ×D	8	22.17 bc	94.29 ef	51.65 c

†Means with the same letters are not significantly different using Duncan test at $P < 0.05$.

†میانگین‌هایی با حرف‌های مشابه با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

کاهش تجزیه آن می‌باشد (۴۸). پرولین به‌عنوان ذخیره انرژی و نیتروژن در گیاه محسوب می‌شود و در به دام انداختن گونه‌های فعال اکسیژن نقش ایفا می‌کند و موجب خنثی‌سازی اسیدیته یاخته (۴۸)، حفظ شادابی و کاهش خسارت غشا در گیاهان می‌شود (۳۸). پرولین در سیتوپلاسم مانند یک تنظیم کننده اسمزی در حفظ ساختار

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-06-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.2.4.9]

بزرگ‌مولکول‌ها در محیطی که تعادل یونی آن به هم خورده است، عمل می‌کند (۳۷). از سوی دیگر پرولین در سیتوزول به‌عنوان مولکول پیام‌رسان، در فعال‌سازی پاسخ‌های سازگاری به تنش (۳۹) نقش ایفا می‌کند.

قندهای محلول کل

در دورگه‌های S×P و S×K در مقایسه با تیمار شاهد، افزایش سطح‌های شوری موجب افزایش غلظت قندهای محلول شد. دو تیمار ۴ و ۶ میلی‌موس بر سانتی‌متر شوری موجب افزایش چشمگیری در غلظت قندهای محلول شدند. این افزایش در دورگه S×P به‌ترتیب ۲/۲۵ و ۲/۵۳ برابر و در دورگه S×K به‌ترتیب ۱/۳۶ و ۱/۲۸ برابر بود. در دورگه S×Sh در مقایسه با گیاهان شاهد، افزایش سطح تنش تنها در تیمار ۴ میلی‌موس بر سانتی‌متر، موجب افزایش معنی‌دار غلظت قندهای محلول کل به مقدار ۴۶/۹۳٪ شد و در بقیه موارد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما در دورگه S×D زیر تنش ۸ میلی‌موس بر سانتی‌متر، غلظت قند کل (۳۲/۲۹٪) کاهش یافت و در بقیه موارد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

افزایش غلظت قندهای محلول به‌عنوان یکی از ماده‌های حل شونده سازگار، یکی از پاسخ‌های معمول گیاه به تغییر در پتانسیل اسمزی محیط است (۳۶). در تأیید نتیجه‌های این آزمایش، جیانگ و همکاران (۳۰) نشان دادند که اعمال تنش شوری موجب افزایش قندهای محلول در برگ‌های انجیر شده است، اما برخلاف نتیجه‌های به‌دست آمده در این پژوهش، آن‌ها گزارش کردند که افزایش قندهای محلول رابطه‌ای منفی با تحمل به تنش رقم‌ها دارد (۳۰). زریگ و همکاران (۵۳) نیز در بررسی تأثیر شوری بر بادام رقم مازتو پیوند شده روی پایه‌های گارنم و جی‌اف ۶۶، گزارش کردند که شوری موجب افزایش غلظت قندهای محلول در هر دو پایه شده است، اما استفاده از پایه گارنم به‌عنوان پایه مقاوم‌تر به شوری، غلظت قندهای محلول در برگ پیوندک مازتو را در مقایسه با پایه جی‌اف بیش‌تر افزایش داده است. کاهش غلظت قندهای محلول در بالاترین سطح تنش می‌تواند به‌دلیل انتقال قندها به ریشه‌ها به‌منظور تأمین ماده‌های مورد نیاز ریشه باشد که برای تنظیم اسمزی پس از کاهش فتوسنتز خالص ناشی از کاهش سطح برگ به آن نیاز دارد (۲۸). چاوز و همکاران (۱۹) گزارش کردند که در مجموع در شرایط تنش شوری و خشکی قندهای محلول افزایش می‌یابند، اما در شرایط آب‌زدایی بسیار شدید یاخته‌ای، قندهای محلول ممکن است کاهش یابند. تجمع قندها، الگوی بیان ژن و پروتئین‌ها، به‌ویژه آن‌هایی که فرایند فتوسنتزی را کنترل می‌کنند را تغییر می‌دهد و منجر به کاهش نسخه‌برداری از ژن‌های درگیر در فتوسنتز می‌شود.

مقدار نشاسته

مقدار نشاسته زیر تأثیر شوری، دورگه و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت. متناسب با افزایش سطح تنش شوری، روند کاهشی معنی‌داری در غلظت نشاسته مشاهده شد. بیش‌ترین مقدار نشاسته (۹۳/۸۰ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) در نمونه‌های شاهد دورگه S×K و کم‌ترین آن (۳۱/۳۰ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) در دورگه S×Sh در شوری ۸ میلی‌موس بر سانتی‌متر اندازه‌گیری شد (جدول ۳). بررسی اثر برهمکنش تنش شوری و دورگه نشان داد مقدار نشاسته در هر چهار دورگه کاهش یافت، با این وجود روند کاهشی مشاهده شده در مقدار نشاسته در همه دورگه‌ها مشابه نبود. هر چند اعمال نخستین سطح از تنش شوری در سه دورگه S×P، S×K و S×D موجب کاهش نشاسته شد، ولی بین سه سطح مختلف شوری از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در دورگه S×Sh اعمال بالاترین سطح شوری (۸ میلی‌موس بر سانتی‌متر) منجر به کاهش معنی‌دار نشاسته نسبت به دو سطح دیگر شوری و هم‌چنین تیمار شاهد شد (جدول ۴). نتیجه‌های ما همسو با مشاهده‌های آگاستیان و همکاران (۱۰) مبنی بر کاهش مقدار نشاسته در سطح‌های بالای شوری در توت می‌باشد. کاهش نشاسته زیر شرایط تنش شوری پدیده‌ای معمول می‌باشد (۱۹). ممکن است تغییر در توزیع کربن از نشاسته به قندهای محلول، هم‌زمان با شکسته شدن نشاسته موجب تنظیم اسمزی گیاه شود (۱۱).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-06-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.2.4.9]

طول، قطر و تراکم روزنه

طول، قطر و تراکم روزنه به‌طور معنی‌داری زیر تأثیر دورگه، شوری و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت. اعمال تنش شوری سبب کاهش طول و قطر روزنه و افزایش تراکم روزنه شد، هر چند که بین سطح‌های مختلف شوری (۴، ۶ و ۸ میلی‌موس بر سانتی‌متر) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیش‌ترین مقدار طول و قطر روزنه و کم‌ترین مقدار این دو شاخص به‌ترتیب در دورگه S×P و S×Sh اندازه‌گیری شد. همچنین کم‌ترین مقدار تراکم روزنه در دورگه S×K و بیش‌ترین مقدار آن در دورگه S×Sh اندازه‌گیری شد. بر اساس نتیجه‌ها، تغییر تراکم روزنه در چهار دورگه انجیر در سطح‌های مختلف تنش شوری یکسان نبود. در دو دورگه S×D و S×Sh با اعمال تنش شوری تراکم روزنه افزایش یافت، اما بین سطح‌های ۴، ۶ و ۸ میلی‌موس بر سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در حالی‌که در دورگه S×P تنها سطح شوری ۸ میلی‌موس بر سانتی‌متر موجب افزایش معنی‌دار تراکم روزنه نسبت به گیاهان شاهد شد. هم‌چنین در دورگه S×K روند مشخصی در مقدار تراکم روزنه در اثر تنش شوری مشاهده نشد. در مجموع در بین دورگه‌های مورد بررسی، دورگه S×Sh بیش‌ترین مقدار کاهش طول و قطر روزنه و بیش‌ترین افزایش تراکم روزنه در شرایط تنش شوری را داشت (جدول ۴). در اثر شوری، هدایت روزنه‌ای دچار تغییر می‌شود که این تغییرها می‌تواند ناشی از تغییر در اندازه روزنه و تراکم روزنه‌ها باشد (۵۲). بسته‌شدن روزنه‌ها در پاسخ به تنش شوری ناشی از همبستگی بین چندین سازوکار از جمله پیام‌دهی گونه‌های فعال اکسیژن، پیام‌دهی کلسیم، پیام‌دهی الکتریکی و پیام‌دهی هیدرولیک می‌باشد، که به‌صورت پاسخ گیاه به شوری تفسیر می‌شود (۴۴).

هدایت روزنه‌ای

شوری، دورگه و برهمکنش شوری در دورگه به‌طور معنی‌داری هدایت روزنه‌ای را زیر تأثیر قرار دادند. با افزایش سطح تنش شوری، هدایت روزنه‌ای به‌صورت خطی کاهش یافت. براساس نتیجه‌ها، در هر چهار دورگه مورد بررسی، بالاترین مقدار هدایت روزنه‌ای در تیمار شاهد اندازه‌گیری و تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای شد. بیش‌ترین هدایت روزنه‌ای (۲۸۹/۳۶ میلی‌مول آب در متر مربع در ثانیه) در نمونه‌های شاهد دورگه S×K و کم‌ترین آن (۴۳/۲۳ میلی‌مول آب در متر مربع در ثانیه) در دورگه S×P در تیمار شوری ۸ میلی‌موس بر سانتی‌متر مشاهده شد. در مجموع، کم‌ترین و بیش‌ترین درصد تغییر هدایت روزنه‌ای در اثر تنش ۸ میلی‌موس بر سانتی‌متر به‌ترتیب در دو دورگه S×K و S×P مشاهده شد. به عبارت دیگر، در اثر شدیدترین سطح شوری شاخص هدایت روزنه‌ای در دورگه‌های S×P، S×K، S×Sh و S×D به‌ترتیب به مقدار ۲۱۸/۶۷، ۱۹۱/۵۳، ۱۵۰/۲۴ و ۱۹۳/۳۶ میلی‌مول آب در متر مربع در ثانیه، نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۴).

تنش شوری، هدایت روزنه‌ای را در چهار دورگه انجیر کاهش داد که موجب کاهش کارایی فتوسنتزی مزوفیل شد. تأثیر اولیه شوری بر فتوسنتز و بسته‌شدن روزنه‌ها می‌باشد (۲۵). گلمبک و لادرز (۲۵) گزارش کردند که در دو هم‌گروه انجیر، تیمار کلرید سدیم تا ۱۰۰ میلی مولار موجب کاهش هدایت روزنه‌ای و مقدار فتوسنتز شد. هم‌چنین مقدار فتوسنتز خالص در پی افزایش غلظت یون‌های سدیم و کلر در برگ‌ها کاهش یافت. کاهش در مرحله اول به‌دلیل کاهش هدایت غیرروزنه‌ای دی‌اکسیدکربن و کمی به‌دلیل کاهش هدایت روزنه‌ای بود. تغییرها در تراکم روزنه و طول و قطر روزنه به‌عنوان شاخص مؤثر دیگری در فتوسنتز در پژوهش حاضر اندازه‌گیری شد. براساس نتیجه‌ها، در بین دورگه‌های مورد مطالعه، دورگه S×K کم‌ترین تراکم روزنه را داشت. تنوع در تراکم روزنه‌ها در رقم‌های متفاوت و نیز افزایش تراکم روزنه زیر تنش شوری در سایر گیاهان از جمله خربزه نیز گزارش شده است (۴۵). نتیجه‌های به‌دست آمده در پژوهش حاضر با نتیجه‌های ژو و همکاران (۵۲) همخوانی دارد. گزارش شده که درشرایط شاهد، دورگه‌های متحمل به شوری به‌طور طبیعی تراکم روزنه‌ای کم‌تری دارند و اعمال تنش شوری منجر به افزایش تراکم روزنه‌ای می‌شود (۵۲). تراکم روزنه‌ای کم‌تر در رقم‌های متحمل به شوری انجیر ممکن است برای بهبود کارایی استفاده از آب باشد. از سوی دیگر این احتمال وجود دارد که افزایش تراکم روزنه‌ای در

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-06-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.2.4.9]

جدول ۴- برهمکنش شوری و دورگه بر طول و قطر روزنه، تراکم روزنه و هدایت روزنه‌ای چهار دورگه انجیر، سبز× پوزدنبالی (S×P)، سبز× خرمایی (S×K)، سبز× شاه انجیری (S × Sh) و سبز× دانه سپید (S × D).

Table 4. Interaction of salinity stress and hybrid on stomata length and width, stomata density and stomata conductance of four fig hybrids, Sabz×Pouz Donbali (S×P), Sabz×Khormaei (S×K), Sabz× Shahanjiri (S × Sh) and Sabz× Daneh sephid (S × D).

تیمار Treatment		طول روزنه Stomata length (µm)	قطر روزنه Stomata diameter (µm)	تراکم روزنه Stomata density (n mm^{-2})	هدایت روزنه‌ای Stomata conductance (mmol H_2O m^{-2} s^{-1})
دورگه Hybrid	شوری Salinity (mmhos cm^{-1})				
S×P	0.6	16.18 a	22.79 a	78.00 def	261.9 b
S×P	4	10.51d ef	18.06 cde	98.65 bcde	88.23 fg
S×P	6	11.74 bcd	17.12 def	93.21 cde	68.93 gh
S×P	8	15.29 a	20.13 bc	114.14 abc	43.23 i
S×K	0.6	15.24 a	21.66 ab	66.85 f	289.36 a
S×K	4	11.25 bcde	16.38 efg	102.73 abcd	135.46 d
S×K	6	11.99 bcd	18.11 cde	73.38 ef	85.26 fg
S×K	8	10.90 cde	15.59 fgh	109.25 abc	97.86 f
S × Sh	0.6	12.73 bc	20.33 bc	73.38 ef	212.00 c
S × Sh	4	9.47 ef	14.43 gh	109.52 abc	141.26 d
S × Sh	6	9.69 ef	14.13 gh	123.11 ab	105.23 ef
S × Sh	8	8.75 f	13.27 h	127.46 a	61.76 hi
S ×D	0.6	13.07 b	19.09 cd	78.54 def	260.96 b
S ×D	4	10.29 efd	15.17 fgh	113.05 abc	123.20 de
S ×D	6	10.31 efd	15.66 fgh	128.82 a	72.46 gh
S ×D	8	8.76 f	14.23 gh	106.53 abc	67.60 gh

†Means with the same letters are not significantly different using Duncan test at $P < 0.05$.

†میانگین‌هایی با حرف‌های مشابه با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

دورگه‌های انجیر تدبیری برای به بیشینه رساندن ماده‌سازی برای دی‌اکسیدکربن باشد. سولماز و همکاران (۴۵) نیز گزارش کردند که در خربزه و نتاج آن طول و قطر روزنه زیر شرایط تنش شوری کاهش یافته است. افزایش تعداد روزنه و تراکم روزنه در گیاهان انجیر زیر تنش شوری می‌تواند به‌عنوان یک سازوکار جهت سازگاری با

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-06-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.2.4.9]

شرایط تنش باشد و این به‌احتمال به‌دلیل کوچکتر شدن اندازه یاخته‌ها می‌باشد که در نهایت باعث می‌شود تعداد بیشتری روزنه در واحد سطح قرار بگیرد (۷).

نتیجه‌گیری

بیشتر ویژگی‌های اندازه گیری شده در پژوهش حاضر از جمله مقدار نسبی آب برگ، پرولین، قندهای محلول، کلروفیل، کاروتنوئیدها، نشاسته، طول و قطر روزنه، تراکم و هدایت روزنه‌ای زیر تأثیر تنش شوری قرار گرفت. نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که اعمال تنش شوری در سطح هشت میلی‌موس بر سانتی‌متر از راه کاهش مقدار کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل و هم‌چنین کاهش طول و قطر روزنه و هدایت روزنه‌ای رشد و نمو انجیر را زیر تأثیر قرار داد. چهار دورگه مورد بررسی در این پژوهش مقدار تحمل متفاوتی نسبت به تنش شوری داشتند و در سطح‌های مختلف شوری، شدت واکنش متفاوتی را نشان دادند. نتیجه‌ها نشان داد که دورگه S×K که حاصل تلاقی رقم سبز× خرمایی واکنش مناسب‌تری نسبت به سطح‌های مختلف شوری از خود نشان داد. به عبارت دیگر مقدار تجمع پرولین، کلروفیل‌های a و b، کلروفیل کل، کاروتنوئیدها، قند کل و نشاسته در دورگه S×K بیش‌تر از سه دورگه دیگر بود. از سوی دیگر زیر شرایط تنش شوری بیش‌ترین مقدار کاهش طول و قطر روزنه و بیش‌ترین افزایش تراکم روزنه در دورگه S×Sh اندازه‌گیری شد که نشان دهنده حساسیت این دورگه به تنش شوری بود. به‌طور کلی نتیجه‌های این پژوهش بیانگر مقدار تحمل بیش‌تر دورگه S×K به تنش شوری نسبت به سه دورگه دیگر بود.

سپاسگزاری

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی با استفاده از اعتبارهای پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد انجام پذیرفت. نویسندگان از معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی برای حمایت مالی و هم‌چنین از قطب علمی انجیر دیم ایران و کلیه کارکنان گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز به‌خاطر همکاری در اجرای این طرح، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع References

۱. اورعی، م.، س. ج. طباطبایی، ا. فلاحی و ع. ایمانی. ۱۳۸۸. اثرات تنش شوری و پایه بر رشد، شدت فتوسنتز، غلظت عناصر غذایی و سدیم درخت بادام. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۱۳۱-۱۴۰: ۲۳.

۲. جلیلی مرندی، ر.، ع. حسنی، ح. دولتی بانه، ح. عزیزی و ر. حاجی تقی لو. ۱۳۹۰. تأثیر سطوح مختلف رطوبت خاک بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سه رقم انگور (*Vitis vinifera* L.). علوم باغبانی ایران، ۳۱-۴۰: ۴۲.

۳. رنجبر، غ. و ه. پیرسته انوشه. ۱۳۹۴. «گزارش علمی»، نگاهی به تحقیقات شوری در ایران با تاکید بر بهبود تولید گیاهان زراعی. مجله علوم زراعی ایران، ۱۷۸- ۱۶۵: ۱۷.

۴. رهنمون، ح.، ف. شکاری، ج. دژمپور و م.ب. خورشیدی. ۱۳۹۲. تأثیر سطوح مختلف شوری روی برخی تغییرات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی بادام (*Prunus dulcis* Mill). به زارعی کشاورزی، ۱۹۲-۱۷۲: ۱۵.

۵. زارعی، م.، م. عزیزی، م. راحمی و ع. تهرانی‌فر. ۱۳۹۶. ارزیابی تحمل به شوری سه رقم انجیر بر اساس ویژگی‌های رشدی، فیزیولوژیکی و توزیع یون در گیاه. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۲۵۸-۲۴۷: ۱۷.

۶. زهتابیان، غ. ر. و خ. ارجمندی رضا. ۱۳۷۹. بررسی علل شور شدن خاک‌های گرمسار. بیابان، ۵۸-۴۵: ۵.

۷. ضرابی، م. م.، ع. طلایی، ع. سلیمانی و ر. حداد. ۱۳۸۹. نقش فیزیولوژیکی و تغییرات بیوشیمیائی شش رقم زیتون (*Olea europaea* L.) در برابر تنش خشکی. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۳۴-۲۴۴: ۲۴.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-06-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.2.4.9]

8. Abdolinejad, R. and A. Shekafandeh. 2014a. Responses of two figs (*Ficus carica* L.) cultivars under salt stress via in vitro condition. Agr. Sci. Develop. 3:194-199.
9. Abdolinejad, R. and A. Shekafandeh. 2014b. Salt stress-induced changes in leaf antioxidant activity, proline and protein content in 'Shah Anjir'and 'Anjir Sabz'fig seedlings. Int. J. Hort. Sci. Technol. 1:121-129.
10. Agastian, P., S. J. Kingsley and M. Vivekanandan. 2000. Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. Photosynthetica, 38: 287-290.
11. Arndt, S. K., S. C. Clifford, W. Wanek, H. G. Jones and M. Popp. 2001. Physiological and morphological adaptations of the fruit tree *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress. Tree Physiol. 21:705-715.
12. Ashraf, M. 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. Crit. Rev. Plant Sci. 13:17-42.
13. Ashraf, M. 2002. Salt tolerance of cotton: some new advances. Crit. Rev. Plant Sci. 21:1-30.
14. Ashraf, M. and P. J. C. Harris. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Sci. 166:3-16.
15. Ashraf, M. and P. J. C. Harris. 2013. Photosynthesis under stressful environments: an overview. Photosynthetica, 51:163-190.
16. Barrs, H. D. and P. E. A. Weatherley. 1962. Re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Aust. J. Biol. Sci. 15 (3):413-428.
17. Bates, L.S., R.P. Waldren and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant Soil, 39:205–207.
18. Chartzoulakis, K., M. Loupassaki and I. Androulakis. 2002. Comparative study on NaCl salinity of six olive cultivars. Acta Hort. 586:497–502.
19. Chaves, M. M., J. Flexas and C. Pinheiro. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Ann. Bot. 103:551-560.
20. Cuin, T. A., J. Bose, G. Stefano, D. Jha, M. Tester, S. Mancuso and S. Shabala. 2011. Assessing the role of root plasma membrane and tonoplast Na^+/H^+ exchangers in salinity tolerance in wheat: in planta quantification methods. Plant Cell Environ. 34:947–961.
21. FAO. 2008. Land and plant nutrition management service. http:www.fao.org/ag/agl/agll/spush [Last accessed 25 April 2008].
22. FAO. 2013. FAOSTAT Agricultural Statistics Database. Retrived From http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E.
23. Ferguson, L., T. J. Michailides and H. Shorey. 1990. The California fig industry. Hort. Rev. 12:409–490.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-06-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.2.4.9]

24. Fox, J. D. and J. F. Robyt. 1991. Miniaturization of three carbohydrate analyses using a microsample plate reader. Anal. Biochem. 195:93-96.

25. Golombek, S. D., and P. Lüdders. 1990. Gas exchange of *Ficus carica* in response to salinity. pp: 487-493. In: Beusichem, M.L., (Ed.). Plant Nutrition-Physiology and Applications. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. The Netherlands. 822 P.

26. Gouiaa, S., H. Khoudi, E.O. Leidi, J. M. Pardo and K. Masmoudi. 2012. Expression of wheat Na^+/H^+ antiporter TNHXS1 and H^+-pyrophosphatase TVP1 genes in tobacco from a bicistronic transcriptional unit improves salt tolerance. Plant Mol. Biol. 79:137–155.

27. Gucci, R. and M. Tattini. 1997. Salinity tolerance in olive. Hort. Rev. 21:177–214.

28. Hajiboland, R., F. Norouzi, C. Poschenrieder. 2014. Growth, physiological, biochemical and ionic responses of pistachio seedlings to mild and high salinity. Trees 28:1065-1078.

29. Hiwale, S. 2015. Fig (*Ficus carica*). pp: 159-175. *In:* Hiwale, S., (Ed.). Sustainable Horticulture in Semiarid Dry Lands. Springer (India) Science + Business Media. 393 P.

30. Jiang, W. B., K. Ma and Y. L. Wang. 1991. A preliminary study on physiological indexes of salinity tolerance in fig (Abs.). Jiangsu J. Agr. Sci. 7:29-33.

31. Khayyat, M., A. Tehranifar, G.H. Davarynejad and M. H. Sayyari-Zahan. 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, 52:301-312.

32. Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophyll and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembrane. Methods Enzymol. 148:350-382.

33. Mane, A. V., T. V. Deshpande, V. B. Wagh, B. A. K
aradge and J. S. Samant. 2011. A Critical review on physiological changes associated with reference to salinity. Int. J. Environ. Sci. 1:1191-1216.

34. McCready, R. M., J. Guggolz, V. Silviera and H. S. Owens. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. Anal. Chem. 22:1156-1158.

35. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ. 25:239-250.

36. Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol. 59:651–681.

37. Nayyar, H. 2003. Accumulation of osmolytes and osmotic adjustment in water-stressed wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) as affected by calcium and its antagonists. Environ. Exp. Bot. 50:253-264.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-06-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.2.4.9]

38. Pandey, R. and R.M. Agarwal. 1998. Water stress induced change in proline contents and nitrate reductase activity in Rice under light and dark condition. Physiol. Mol. Biol. Plants 4:53-57.

39. Parida, A. K. and A. B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicol. Environ. Saf. 60:324-349.

40. Saneoka, H., R.E. Moghaieb, G.S. Premachandra and K. Fujita. 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in *Agrostis palustris* Huds. Environ. Exp. Bot. 52:131-138.

41. Santos, C. V. 2004. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. Sci. Hort. 103:93-99.

42. Shabala, S. and R. Munns. 2012. Salinity stress: physiological constraints and adaptive mechanisms. pp. 59-93. *In:* Shabala, S. (Ed.). Plant Stress Physiology. CABI. Publisher, Oxford, England. 376 P.

43. Shabala, S. and I. Pottosin. 2014. Regulation of potassium transport in plants under hostile conditions: implications for abiotic and biotic stress tolerance. Physiol. Plant. 151:257-279.

44. Shabala, S., R. G. White, M. A. Djordjevic, Y. Ruan and U. Mathesius. 2016. Root-to-shoot signalling: integration of diverse molecules, pathways and functions. Funct. Plant Biol. 43:87–104.

45. Solmaz, İ., N. Sari, Y. Dasgan, H. Aktas, H. Yetisir and H. Unlu. 2011. The effect of salinity on stomata and leaf characteristics of dihaploid melon lines and their hybrids. J. Food Agr. Environ. 9:172-176.

46. Sotiropoulos, T. E., I. N. Therios, D. Almaliotis, I. Papadakis and K. N. Dimassi. 2006. Response of cherry rootstocks to boron and salinity. J. Plant Nutr. 29:1691-1698.

47. Stahl, W. and H. Sies. 2005. Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. Biochem. Biophys. Acta 1740:101-107.

48. Verbruggen, N. and C. Hermans. 2008. Proline accumulation in plants: a review. Amino Acids 35: 753-759.

49. Yamasaki, S. and L. R. Dillenburg. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. Braz. J. Plant Physiol. 11:69-75.

50. Yarami, N. and A.R. Sepaskhah. 2015. Physiological growth and gas exchange response of saffron (*Crocus sativus* L.) to irrigation water salinity, manure application and planting method. Agr. Water Mang. 154:43-51.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-06-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.2.4.9]

51. Zarei, M., M. Azizi, M. Rahemi and A. Tehranifar. 2016. Evaluation of NaCl salinity tolerance of four fig hybrids based on vegetative growth and ion content in leaves, shoots, and roots. HortScience, 51:1427-1434.
52. Zhu, M., M. Zhou, L. Shabala and S. Shabala, 2015. Linking osmotic adjustment and stomatal characteristics with salinity stress tolerance in contrasting barley accessions. Funct. Plant Biol. 42:252-263.
53. Zrig, A., H. Ben Mohamed, T. Tounekti, H. Khemira, M. Serrano, D. Valero, and A.M. Vadel. 2016. Effect of rootstock on salinity tolerance of sweet almond (cv. Mazzetto). S. Afr. J. Bot. 102:50-59.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-06-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.2.4.9]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 18 (2): 143-158 (2017)

Effect of Salinity Stress on Some Physiological and Biochemical Responses of Four Fig (*Ficus carica* L.) Hybrids

M. Zarei, M. Azizi, M. Rahemi*, A. Tehranifar and S. Davarpanah[1]

Soil salinization, resulting from the accumulation of water- soluble salts in the soil, adversely impacts on agricultural production including figs. To investigate the effects of different salinity levels (0.6, 4, 6 and 8 mmhos.cm^{-1} NaCl) on four fig hybrids, an experiment was performed as factorial based on completely randomized design. The investigated seedlings were offsprings of 'Sabz' as maternal parent and four caprifigs namely 'Pouz Donbali'(P), 'Khormaei'(K), 'Shahanjiri'(Sh) and 'Daneh sephid'(D); (S×P, S×K, S×Sh and S×D). Salinity at level 8 mmhos.cm^{-1} increased proline (9.18-fold), carotenoids (8.04%) and stomata density (54.13%), and also decreased relative water content (15.24%), starch (39/42%), length (23.68%) and width (24.60%) of stomata and stomata conductance (73.59%) compared with the control treatment. With increasing salinity level to 6 mmhos.cm^{-1} increased total soluble sugars, Chl_b and total Chl in comparison with the control treatment. The most proline, Chl_a, Chl_b, total Chl, carotenoids, total soluble sugars, starch was measured in S×K hybrid, whereas the lowest relative water content was measured in S×D hybrid and the lowest Chl_b and total Chl was measured in S × Sh hybrid. Moreover, S × Sh hybrid had the most decrease in stomata length and width and most increase in stomata density under the salinity condition, while the lowest stomata density was found in S×K hybrid. Moreover, the most and lowest changes in the percentage of stomata conductance under treatment 8 mmhos.cm^{-1} in comparison with the control treatment were found in S×P and S×K hybrids, respectively. Among the studied hybrids, S×K was shown salinity tolerance more than other hybrids and it is possible to use of this hybrid in the salinity soils up to 8 mmhos.cm^{-1}.

Keywords: Carotenoids, Chlorophyll, Proline, Starch, Stomata Conductan.

1. Former Ph.D. student, Professor of Horticulture, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Professor of Horticulture, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Professor of Horticulture and Former Ph.D. student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.

* Corresponding author, Email: (rahemi@shirazu.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-06-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.2.4.9]