

ویژگی های فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی چهار رقم انجیر خوراکی و دو

رقم برانجیر در پاسخ به تنش خشکی

محسن ساجدی^۱، محمود اثنی عشری^{۲*}، مسلم جعفری^۳ و الهام اصل مشتاقی^۴

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲- *نویسنده مسئول: استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران (m.esnaashari@basu.ac.ir)

۳- محقق، ایستگاه تحقیقات انجیر استهبان، استهبان، ایران

۴- دانشجوی دکتری باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۰۴

چکیده

اثر تنش خشکی روی برخی از ویژگی های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی شش رقم انجیر (سبز، سیاه، سیاه درشت، شاه انجیر، برانجیر ویل و برانجیر پوزدمالی) طی دو سال مورد ارزیابی قرار گرفت. پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و سه سطح تنش خشکی شامل ظرفیت زراعی به عنوان شاهد و ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب به عنوان تنش متوسط و تنش شدید اجرا شد. محتوی رطوبت نسبی آب برگ، نشت الکترولیت ها، میزان کلروفیل، پروتئین و کربوهیدرات ها، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی و غلظت پتاسیم و سدیم نیز اندازه گیری گردیدند. با افزایش تنش خشکی ارتفاع بوته، وزن تر و خشک ریشه و ساقه کاهش یافت و بیشترین آن در تنش شدید مشاهده شد که با شاهد و تنش متوسط اختلاف معنی دار داشت. بیشترین کاهش محتوای نسبی آب برگ مربوط به ارقام سبز و سیاه درشت و بالاترین میزان نشت الکترولیت ها مربوط به رقم سیاه بود. کاهش کلروفیل در رقم سبز بیشتر از سایر ارقام بود و کمترین آن در رقم سیاه درشت مشاهده شد. بیشترین تجمع پروتئین و کربوهیدرات به ترتیب مربوط به رقم برویل و ارقام برانجیر ویل و سیاه بود. هم چنین بیشترین کاهش پروتئین در رقم سیاه و سیاه درشت مشاهده شد. حداکثر افزایش در میزان پتاسیم و سدیم مربوط به رقم سیاه درشت بود. بر اساس نتایج به دست آمده ارقام سیاه و برانجیر ویل با داشتن برخی ویژگی های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مشابه، از نظر تحمل به خشکی تقریباً معادل یکدیگر ارزیابی شدند.

کلید واژه ها: انجیر، تنش خشکی، پروتئین، کربوهیدرات، کلروفیل

مقدمه

کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه ها، کاهش فتوسنتز، تخریب غشاء سلولی، تخریب آنزیم ها، کاهش کلروفیل، کاهش رشد ریشه و افزایش اسید آبسزیک در گیاه می شود (Ahmadi and Sio-Se Mardeh, 2004). استفاده از گونه های مقاوم به کم آبی و متحمل به خشکی از راهکارهای مقابله با کم آبی در بخش کشاورزی است که با گزینش ارقام متحمل به خشکی از طریق بررسی عملکرد آن ها تحت شرایط تنش

استان فارس ۹۰ درصد تولید انجیر خشک کشور را به خود اختصاص داده است. در استان فارس ۴۷ هزار هکتار انجیر دیم وجود دارد که شهرستان استهبان با بیش از ۲۳ هزار هکتار، بیشترین سطح زیر کشت انجیر دیم در کشور (حدود ۵۷ درصد) را به خود اختصاص داده است (Ahmadi et al., 2016). پژوهش ها نشان می دهد که تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش رشد، کاهش ارتفاع،

می‌بایند (Heydari Sharifabad, 2004). انجیر از جمله گیاهانی است که در مقایسه با سایر درختان خزان‌کننده تحمل بیشتری به کم‌آبی داشته و در مناطقی که میزان بارندگی سالیانه ۳۰۰ میلی‌متر با پراکنش مناسب باشد می‌توان آن را به صورت دیم کشت نمود (Faghih and Sabet Sarvestani, 2001). ترویج کاشت این گیاه در مناطق مساعد دیم‌کاری علاوه بر جلوگیری از فرسایش خاک و حفظ منابع، باعث افزایش درآمد و بهره‌برداری از منابع می‌شود. در پژوهش حاضر با قرار دادن نهال‌های چهار رقم انجیر خوراکی (سیاه درشت، سیاه، سبز و شاه‌انجیر) و دو رقم انجیر بر (برپوزدمالی و برویل) در معرض سطوح مختلف تنش خشکی، برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی در ارتباط با تحمل به خشکی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند تا از بین آن‌ها بتوان رقم یا ارقام متحمل به خشکی را به باغداران و تولیدکنندگان انجیر در مناطق مستعد کشور توصیه نمود.

مواد و روش‌ها

عملیات اجرایی این طرح در گلخانه، آزمایشگاه گروه علوم باغبانی و آزمایشگاه فیزیک خاک گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا انجام شد. در این پژوهش قلمه‌های شش رقم انجیر شامل چهار رقم انجیر خوراکی (انجیر سبز، سیاه، سیاه درشت، شاه‌انجیر) و دو رقم بر انجیر (برپوزدمالی و برویل) از مرکز تحقیقات انجیر استهبان فارس تهیه و پس از انتقال در گلخانه دانشکده کشاورزی، جهت ریشه‌دار شدن کاشته شدند. دمای گلخانه با استفاده از سیستم گرمایشی بین ۲۵ الی ۳۰ درجه سلسیوس نگه داشته شد. پس از جوانه زدن و سبز شدن قلمه‌ها به دلیل کمبود مواد غذایی در ترکیب خاک استفاده شده هر دو هفته یک‌بار با استفاده از کود کامل سوپریم ۴ درصد گیاهان محلول‌پاشی برگی گردیدند. در مرحله بعد پس از ریشه‌دار شدن و تولید شاخ و برگ کافی به گلدان‌های ۱۸ لیتری با ترکیب خاکی ۱:۱:۱ از خاک مزرعه، کود دامی پوسیده و ماسه بادی (گذرانده شده از

خشکی امکان‌پذیر خواهد بود (Arji et al., 2001). از آن‌جایی که عملکرد گیاهان تحت تأثیر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی می‌باشد، می‌توان از این صفات به‌عنوان ابزاری جهت شناسایی و انتخاب گیاهان متحمل به خشکی استفاده کرد. به این منظور ژنوتیپ‌های یک‌گونه گیاهی از لحاظ صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی و ارتباط آن‌ها با تحمل به خشکی مورد بررسی قرار می‌گیرند (Ghaderi et al., 2006). رشد و نمو اندام‌های مختلف گیاهی بستگی به تولید سلول‌های جدید و بزرگ شدن این سلول‌ها دارد. اندازه سلول‌های گیاهی و فشار آماس به میزان آب موجود در بافت بستگی دارد. هر دو فرآیند رشد و نمو به آماس سلولی حساس هستند، اما میزان حساسیت به بافت، گونه گیاهی و شدت تنش بستگی دارد (Kafi and Mahdavi Damghani, 2000). از اولین نشانه‌های کمبود آب کاهش آماس سلولی و در نتیجه کاهش در رشد و نمو می‌باشد که سبب کاهش در اندازه اندام‌های رویشی می‌شود (Hsiao, 1973؛ Jafari et al., 2012). در نتیجه ادامه روند کاهش آب، بسته به نوع گیاه و شرایط محیطی، گیاه می‌تواند از طریق ریزش و مرگ برگ‌ها، و در اثر ادامه روند کاهش آب، با پیری زودرس، ریزش کامل برگ‌ها و در نتیجه سازگاری در مقابل خشکی، سبب ممانعت از خروج آب قابل دسترس شود (Kafi et al., 2007). Javadi and Arzani (2003) روی ارقام گلابی سه تیمار آبیاری شامل شاهد (هر روز آبیاری)، تنش ملایم و تنش شدید را مورد بررسی قرار دادند. پتانسیل آب برگ در هر دو سطح تنش (ملایم و شدید) در بین ژنوتیپ‌ها کاهش نشان داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود. محتوای آب نسبی برگ در تیمارهای تحت تنش کاهش یافت و شدت کاهش در رقم شاه‌میوه بیشتر بود (Javadi and Arzani, 2003). به عقیده برخی محققین، با توجه به این‌که منشأ پرولین دهیدرولیزه شدن پروتئین‌هاست با افزایش سنتز پرولین در زمان تنش‌ها میزان پروتئین‌های محلول در گیاه کاهش

فتومتر (مدل عقربه‌ای 405G) قرائت گردید. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

رقم بر پوزدمبالی دو هفته پس از اعمال تنش‌ها در هر دو سال متمادی در دو سطح ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی در تمامی تیمارها برگ‌های خود را از دست داد، لذا از نظر فاکتورهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مورد ارزیابی قرار نگرفت. *Kafi et al.* (2007) بیان می‌دارند که گیاهان در صورت مواجهه با کمبود آب طی یک دوره کوتاه و یا تنش‌های خفیف می‌توانند از طریق ریزش برگ‌های خود در مراحل مختلف و کم کردن میزان سطح برگ‌ها در مقابل تنش‌های کم آبی مقاومت کنند. ولی در رقم مذکور تمامی برگ‌ها ریزش کرد که بیانگر عدم مقاومت در برابر خشکی می‌باشد و از این رو به‌عنوان حساس‌ترین رقم در بین ارقام مورد آزمایش گزارش شد. مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و تنش خشکی بر وزن تر و خشک اندام‌های هوایی نشان می‌دهد که بیشترین وزن تر و خشک ساقه به ترتیب مربوط به ارقام سیاه و برویل در تیمار ظرفیت زراعی و کم‌ترین وزن تر و خشک ساقه مربوط به ارقام سبز در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و سیاه در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی می‌باشد (جدول ۱). وزن خشک ریشه نیز در تیمار تنش خشکی متوسط ۷/۸۹ درصد و در تیمار تنش خشکی شدید ۲۸/۶۳ درصد کاهش نشان داد. ارقام نیز از نظر وزن تر و خشک ریشه با هم اختلاف نشان دادند که تمامی ارقام هم به لحاظ وزن تر و خشک فقط با رقم سبز تفاوت معنی‌دار نشان دادند (جدول ۱). کاهش در وزن اندام‌های گیاهی طی تنش خشکی می‌تواند در نتیجه عدم دسترسی کافی به آب برای آماس سلول و ادامه فرایندهای فتوسنتزی باشد. از طرفی کاهش سطح فتوسنتزی و بسته بودن روزنه‌ها منجر به کاهش سطح تولید مواد فتوسنتزی شده و خود دلیلی بر کاهش وزن اندام‌های گیاهی

غربال با منافذ ۴ میلی‌متر) انتقال داده شدند. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد. هر واحد آزمایشی شامل ۲ گلدان و هر گلدان دارای ۱ نهال بود. فاکتور اول شامل رقم انجیر در ۶ سطح به شرح فوق و فاکتور دوم رطوبت خاک گلدان در سه سطح (آبیاری در حد ظرفیت زراعی "شاهد"، تنش متوسط "۵۰ درصد ظرفیت زراعی" و تنش شدید "۲۵ درصد ظرفیت زراعی") بود. در پایان آزمایش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، ریشه و طول ساقه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ از روش Turner (1981) استفاده شد. به منظور تعیین پایداری غشا سلول‌های برگ، نشت الکترولیت‌ها بر اساس روش Blum and Ebercon (1981) مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان کلروفیل برگ با استفاده از روش *Ahmadi and Sio-Se Mardeh* (2004) اندازه‌گیری گردید. برای سنجش میزان پرولین از روش *Bates et al.* (1973) استفاده شد. ارزیابی میزان پروتئین‌های محلول با استفاده از روش Bradford (1976) صورت گرفت. برای اندازه‌گیری فندهای محلول از روش Paquin and Lechasseur (1979) استفاده شد. برای اندازه‌گیری عناصر معدنی برگ، برگ‌ها به مدت ۳۰ ثانیه در آب معمولی به آرامی حرکت داده شد، سپس برگ‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. نمونه‌های خشک برگ با استفاده از آسیاب برقی پودر و از هر نمونه ۰/۵ گرم برداشته و در بوته‌چینی ریخته و به مدت ۴ ساعت در کوره الکتریکی با دمای ۵۲۰-۵۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده تا خاکستر سفید رنگی حاصل شد. سپس روی خاکستر حاصل از هر نمونه ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۱ نرمال ریخته شد. محلول حاصل روی بن ماری قرار داده تا رنگ نمونه‌ها به لیمویی تغییر یافت. پس از سرد شدن نمونه‌ها با استفاده از کاغذ صافی نمونه‌ها صاف و در بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتر با آب دوبار تقطیر شده به حجم رسانیده شد. در نهایت میزان عناصر پتاسیم و سدیم با استفاده از دستگاه فلیم

ندادند. هم‌چنین مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و تنش خشکی بر میزان نشت الکترولیت‌ها نشان داد که بیشترین میزان نشت مربوط به رقم سیاه در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و کم‌ترین میزان نشت مربوط به رقم شاه‌انجیر در تیمار ظرفیت زراعی بود. با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل کاهش یافت. تنش متوسط باعث کاهش در میزان کلروفیل a، b و کل به ترتیب معادل ۱۳/۴، ۱۸/۰۵ و ۱۴/۳۶ درصد و در تنش شدید به میزان ۳۵/۰۷، ۲۸/۴۷ و ۳۳/۶۷ درصد نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۲).

بیشترین میزان کلروفیل a و کل مربوط به رقم سیاه درشت و بیشترین میزان کلروفیل b مربوط به رقم شاه‌انجیر بود که با تمامی ارقام تفاوت معنی‌دار نشان داد. هم‌چنین کم‌ترین میزان کلروفیل a، b و کل در رقم سبز مشاهده گردید. هم‌چنین مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و تنش خشکی بر میزان کلروفیل a و کل نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل مربوط به رقم سیاه درشت در تیمار ظرفیت زراعی و در کلروفیل b مربوط به رقم شاه‌انجیر در تیمار ظرفیت زراعی و کم‌ترین میزان کلروفیل a، b و کل مربوط به رقم سبز در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی بود. Paleg and Aspinall (1981) اظهار کردند که کلروفیل و پرولین هر دو از پیش ماده گلو تامات سنتز می‌شوند. طی تنش خشکی گیاهان جهت حفظ فشار اسمزی در بافت‌های خود شروع به تجمع پرولین می‌کنند (Kavikishore et al., 2005). بنابراین می‌توان چنین بیان کرد که طی تنش خشکی سنتز کلروفیل کاهش و میزان پرولین در بافت‌ها افزایش می‌یابد. با افزایش سطوح تنش خشکی میزان پرولین برگ افزایش یافت و بین سطوح مختلف تنش خشکی از نظر تجمع این اسید آمینه اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. غلظت اسید آمینه پرولین در تنش خشکی متوسط ۱۴/۷۰ درصد و در تنش خشکی شدید ۱۶/۶۶ درصد در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش یافت (جدول ۳).

می‌باشد (Ahmadi and Sio-Se Mardeh, 2004)؛ کاهش وزن خشک ریشه در تنش آبی ممکن است مربوط به کاهش تجمع کربوهیدرات‌ها در ریشه و عدم رشد آن‌ها باشد (Arji et al., 2001). چنین می‌توان بیان کرد که در بین تمامی ارقام مورد آزمایش از لحاظ وزن تر و خشک رقم سبز رقمی با حساسیت بیشتر و یا مقاومت کمتر می‌باشد. مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و تنش خشکی بر ارتفاع بوته نشان می‌دهد که بیشترین و کم‌ترین ارتفاع بوته مربوط به ارقام سیاه و سبز به ترتیب در تیمارهای ظرفیت زراعی و ۲۵ درصد آب فراهم خاک می‌باشد (جدول ۱).

مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و تنش خشکی بر محتوای نسبی آب برگ نشان داد که بیشترین آب نسبی مربوط به رقم شاه‌انجیر و سیاه در تیمار ظرفیت زراعی و کم‌ترین محتوای آب نسبی مربوط به رقم سیاه درشت و سبز در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بود (جدول ۲). ضخامت بالای کوتیکول یکی از فاکتورهای مهم حفظ آب نسبی برگ است و ارقامی که از ضخامت کوتیکولی برگ بیشتری برخوردار باشند، در شرایط خشکی آب نسبی بیشتری را در برگ‌های خود حفظ کرده و در برابر خشکی مقاوم‌تر می‌باشند. تحت تنش خشکی حفظ تورژسانس سلول برگ ممکن است از راه تنظیم اسمزی در واکنش به تجمع کربوهیدرات‌های محلول، ساکارز، تجمع پرولین، گلاسیسین، بتائین و دیگر مواد در سیتوپلاسم جهت جذب آب از خاک تحت تنش خشکی باشد (Anjum et al., 2011).

اثر تنش خشکی بر میزان نشت الکترولیت‌ها بیانگر افزایش میزان نشت با افزایش سطوح تنش خشکی بود، به نحوی که تنش متوسط سبب افزایش ۴۶/۹۸ درصد و تنش شدید سبب افزایش ۶۱/۴۴ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. بیشترین میزان نشت مربوط به رقم سیاه و کم‌ترین میزان نشت الکترولیت‌ها مربوط به دو رقم سیاه درشت و سبز بود که با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نشان

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر تنش خشکی و رقم روی ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه
Table 1. Mean comparison of cultivar and drought stress on shoot length, shoot and root fresh/dry weight

وزن ریشه (گرم) Root weight (g)		وزن اندام هوایی (گرم) Shoot weight (g)		ارتفاع بوته (سانتی متر) Shoot length (cm)	تیمارها Treatments
خشک Dry	تر Fresh	خشک Dry	تر Fresh		
8.23 ^a	19.46 ^a	25.35 ^b	60.61 ^b	0.48 ^c	C ₁
7.54 ^a	19.52 ^a	29.96 ^a	62.85 ^{ab}	0.65 ^b	C ₂
9.56 ^a	24.05 ^a	25.23 ^b	61.12 ^b	0.75 ^a	C ₃
8.59 ^a	22.27 ^a	31.56 ^a	69.03 ^a	0.19 ^e	C ₄
9.32 ^a	23 ^a	18.99 ^c	53.11 ^c	0.30 ^d	C ₅
4.51 ^b	12.71 ^b	21.58 ^c	49.34 ^c	0.26 ^{de}	C ₆
9.06 ^a	24.24 ^a	27.77 ^a	68.69 ^a	0.62 ^a	S ₁
8.35 ^a	20.82 ^a	25.61 ^a	58.29 ^b	0.46 ^b	S ₂
6.47 ^b	15.45 ^b	22.96 ^b	51.04 ^c	0.23 ^c	S ₃
9.46 ^{abcd}	24.78 ^{abc}	28.02 ^{abc}	76.30 ^a	0.72 ^b	C ₁ S ₁
9.7 ^{abc}	20.22 ^{abcde}	26.62 ^{abc}	56.9 ^{cdef}	0.52 ^c	C ₁ S ₂
5.55 ^{bcde}	13.38 ^{de}	21.40 ^{cdef}	48.63 ^{ef}	0.20 ^{efg}	C ₁ S ₃
8.68 ^{abcde}	23.25 ^{abcd}	34.23 ^a	73.71 ^{ab}	0.85 ^b	C ₂ S ₁
7.57 ^{abcde}	19.96 ^{abcde}	29.63 ^{ab}	63.07 ^{bcd}	0.70 ^b	C ₂ S ₂
6.36 ^{bcde}	15.37 ^{cde}	26.02 ^{bcd}	51.77 ^{def}	0.40 ^c	C ₂ S ₃
9.95 ^{abc}	27.82 ^{ab}	27.76 ^{abc}	69.40 ^{abc}	1.05 ^a	C ₃ S ₁
9.45 ^{abcd}	24.87 ^{abc}	24.46 ^{bcde}	60.92 ^{cde}	0.75 ^b	C ₃ S ₂
9.28 ^{abcd}	19.46 ^{abcde}	23.47 ^{bcdef}	53.03 ^{def}	0.45 ^c	C ₃ S ₃
12.37 ^a	30.51 ^a	33.96 ^a	75.71 ^{ab}	0.27 ^{efg}	C ₄ S ₁
8.16 ^{abcde}	22.08 ^{abcde}	34.21 ^a	73.98 ^{ab}	0.17 ^{efg}	C ₄ S ₂
5.23 ^{cde}	14.23 ^{cde}	26.52 ^{bcd}	57.40 ^{cdef}	0.12 ^{fg}	C ₄ S ₃
8.97 ^{abcde}	25.03 ^{abc}	20.75 ^{def}	60.21 ^{cde}	0.45 ^c	C ₅ S ₁
10.73 ^{ab}	24.82 ^{abc}	17.20 ^f	49.96 ^{def}	0.35 ^c	C ₅ S ₂
8.27 ^{abcde}	19.15 ^{bcde}	19.02 ^{ef}	49.16 ^{ef}	0.12 ^{fg}	C ₅ S ₃
4.95 ^{cde}	14.05 ^{cde}	21.88 ^{cdef}	56.83 ^{cdef}	0.40 ^c	C ₆ S ₁
4.47 ^{de}	12.96 ^{de}	21.52 ^{cdef}	44.93 ^f	0.30 ^{ef}	C ₆ S ₂
4.11 ^e	11.13 ^e	21.35 ^{cdef}	46.25 ^f	0.10 ^g	C ₆ S ₃

S₁: ظرفیت زراعی (تیمار شاهد)، S₂: ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش متوسط)، S₃: ۲۵ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید)، C₁: شاه انجیر، C₂: بر ویل، C₃: سیاه، C₄: بر پوزدمبالی، C₅: سیاه درشت، C₆: سبز.

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

S₁: Field capacity (control treatment), S₂: 50% Field capacity (mild stress), S₃: 25% Field capacity (sever stress), C₁: Shah Anjir, C₂: Bare Veil, C₃: Siah, C₄: Bare poozdombali, C₅: Siahe Dorosht, C₆: Sabz. Means in each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% using Duncan test.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تنش خشکی و رقم روی شاخص‌های فیزیولوژیکی برگ انجیر (سال دوم)
Table 2. Mean comparison of cultivar and drought stress on fig leaf physiological index (second year)

کلروفیل b (میلی گرم در گرم وزن تر برگ) Chlorophyll b (mg.g ⁻¹ FW)	کلروفیل a (میلی گرم در گرم وزن تر برگ) Chlorophyll a (mg.g ⁻¹ FW)	کلروفیل کل (میلی گرم در گرم وزن تر برگ) Total chlorophyll (mg.g ⁻¹ FW)	نشت الکترولیت‌ها (درصد) Electrolyte leakage (%)	محتوای نسبی آب (درصد) RWC (%)	تیمارها Treatments
0.32 ^a	1.03 ^c	1.36 ^b	24.98 ^b	85.07 ^a	C ₁
0.28 ^b	1.08 ^b	1.37 ^b	26.27 ^b	74.56 ^b	C ₂
0.19 ^c	0.69 ^d	0.89 ^c	30.58 ^a	84.39 ^a	C ₃
0.28 ^b	1.16 ^a	1.44 ^a	20.94 ^c	57.33 ^c	C ₅
0.13 ^d	0.51 ^e	0.63 ^d	23.38 ^{bc}	58.53 ^c	C ₆
0.28 ^a	1.07 ^a	1.36 ^a	13.91 ^c	78.83 ^a	S ₁
0.23 ^b	0.92 ^b	1.16 ^b	26.24 ^b	71.65 ^b	S ₂
0.20 ^c	0.69 ^c	0.9 ^c	36.08 ^a	65.45 ^c	S ₃
0.36 ^a	1.2 ^b	1.56 ^b	8.22 ^{gh}	91.79 ^a	C ₁ S ₁
0.31 ^b	1.02 ^d	1.34 ^c	31.11 ^c	86.14 ^{ab}	C ₁ S ₂
0.30 ^b	0.87 ^e	1.18 ^d	41.37 ^a	77.29 ^{bc}	C ₁ S ₃
0.31 ^b	1.25 ^b	1.57 ^b	12.55 ^{tg}	83.24 ^{ab}	C ₂ S ₁
0.28 ^{bc}	1.12 ^c	1.4 ^c	23.77 ^{de}	74.45 ^{bcd}	C ₂ S ₂
0.26 ^{cd}	0.88 ^e	1.15 ^d	38.43 ^{ab}	65.99 ^{cde}	C ₂ S ₃
0.29 ^{bc}	0.85 ^e	1.15 ^d	17.61 ^{ef}	90.44 ^a	C ₃ S ₁
0.17 ^e	0.86 ^f	0.94 ^e	32.46 ^{bc}	83.11 ^{ab}	C ₃ S ₂
0.12 ^{fg}	0.44 ^g	0.57 ^g	41.67 ^a	79.61 ^{ab}	C ₃ S ₃
0.31 ^b	1.33 ^a	1.64 ^a	11.16 ^{fg}	64.72 ^{de}	C ₅ S ₁
0.28 ^{bc}	1.24 ^b	1.53 ^b	21.98 ^e	55.11 ^{ef}	C ₅ S ₂
0.24 ^d	0.9 ^e	1.15 ^d	29.68 ^{cd}	52.16 ^f	C ₅ S ₃
0.15 ^{ef}	0.71 ^f	0.86 ^f	19.66 ^e	63.97 ^{def}	C ₆ S ₁
0.12 ^{fg}	0.47 ^f	0.59 ^g	21.26 ^e	59.42 ^{ef}	C ₆ S ₂
0.09 ^g	0.36 ^h	0.45 ^h	29.23 ^{cd}	52.2 ^f	C ₆ S ₃
9.73	4.52	3.97	15.75	10.58	ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)

S₁: ظرفیت زراعی (تیمار شاهد)، S₂: ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش متوسط)، S₃: ۲۵ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید)، C₁: شاه‌انجیر، C₂: بر ویل، C₃: سیاه، C₄: سیاه درشت، C₅: سیاه درشت، C₆: سبز. فقدان C₄ در این جدول نشانگر آن است که رقم بر پوزدمبالی به علت حساس بودن به تنش خشکی و از دست دادن تمامی برگ‌ها از مجموعه این اندازه‌گیری‌ها خارج شده است.
میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

S₁: Field capacity (control treatment), S₂: 50% Field capacity (mild stress), S₃: 25% Field capacity (sever stress), C₁: Shah Anjir, C₂: Bare Veil, C₃: Siah, C₄: Bare poozdombali, C₅: Siahe Dorosht, C₆: Sabz.

Means in each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% using Duncan test

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر رقم و تنش خشکی روی برخی صفات بیوشیمیایی انجیر (سال دوم)
 Table 3. Mean Comparison of the effect of cultivar and drought stress on fig biochemical traits (second year)

پروتئین (میلی گرم در گرم وزن تر برگ) Protein (mg.g ⁻¹ FW)	قندهای محلول (میکرومول در گرم وزن تر برگ) Soluble solid sugars (Mmol.g ⁻¹ FW)	پرولین (میکرومول در گرم وزن تر برگ) Proline (Mmol.g ⁻¹ FW)	تیمارها Treatments
0.56 ^a	17.15 ^b	6.16 ^c	C ₁
0.29 ^c	23.05 ^a	8.53 ^a	C ₂
0.2 ^d	23.95 ^a	7.78 ^b	C ₃
0.2 ^d	17.92 ^b	5.93 ^{cd}	C ₅
0.43 ^b	17.32 ^b	5.66 ^d	C ₆
0.37 ^a	15.92 ^c	5.86 ^c	S ₁
0.32 ^b	19.19 ^b	6.87 ^b	S ₂
0.31 ^c	24.43 ^a	7.76 ^a	S ₃
0.58 ^a	14.38 ^g	5.38 ^{hi}	C ₁ S ₁
0.55 ^b	16.49 ^{efg}	6.25 ^{efgh}	C ₁ S ₂
0.54 ^b	20.58 ^{cde}	7.15 ^{de}	C ₁ S ₃
0.31 ^e	17.26 ^{defg}	7.17 ^{de}	C ₂ S ₁
0.29 ^f	23.55 ^c	8.7 ^{bc}	C ₂ S ₂
0.28 ^f	28.33 ^b	9.71 ^a	C ₂ S ₃
0.24 ^g	17.07 ^{defg}	6.51 ^{ef}	C ₃ S ₁
0.18 ^h	21.56 ^{cd}	7.95 ^{cd}	C ₃ S ₂
0.16 ⁱ	33.23 ^a	8.89 ^{ab}	C ₃ S ₃
0.25 ^g	15.4 ^{fg}	5.13 ⁱ	C ₅ S ₁
0.177 ^{hi}	17.9 ^{defg}	5.9 ^{fghi}	C ₅ S ₂
0.171 ⁱ	20.44 ^{cde}	6.75 ^{ef}	C ₅ S ₃
0.47 ^c	15.48 ^{fg}	5.11 ⁱ	C ₆ S ₁
0.42 ^d	16.93 ^{defg}	5.56 ^{ghi}	C ₆ S ₂
0.40 ^d	19.54 ^{cdef}	6.32 ^{efg}	C ₆ S ₃
3.23	14.44	8.52	ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)

S₁: ظرفیت زراعی (تیمار شاهد)، S₂: ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش متوسط)، S₃: ۲۵ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید)، C₁: شاه انجیر، C₂: بر ویل، C₃: سیاه، C₄: فقدان، C₅: سیاه درشت، C₆: سبز. فقدان C₄ در این جدول نشانگر آن است که رقم بر پوزدونبالی به علت حساس بودن به تنش خشکی و از دست دادن تمامی برگ‌ها از مجموعه این اندازه‌گیری‌ها خارج شده است.

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون دانکن اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد ندارند.

S₁: Field capacity (control treatment), S₂: 50% of Field capacity (mild stress), S₃: 25% of Field capacity (sever stress), C₁: Shah Anjir, C₂: Bare Veil, C₃: Siah, C₄: Bare Poozdonbali, C₅: Siahe Dorosht, C₆: Sabz. The lack of C₄ in this table indicates that the Poozdonbali cultivar has been omitted due to sensitivity to drought stress and losing all its leaves.

Means in each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% using Duncan test.

(نظیر اکسیژن‌های فعال) جلوگیری نموده و پیوستگی ساختاری و عملکرد ماکروملکول‌ها را حفظ می‌نمایند (Sun and Leopold, 1997). انباشت کربوهیدرات‌های محلول در برگ‌های برویل بیانگر این مسئله است که این رقم به هنگام مواجهه با خشکی برای حفظ تورژسانس و آماس سلولی، از مکانیسم تنظیم اسمزی استفاده می‌کند. یعنی با انباشت ترکیبات اسمزی نظیر قندهای محلول سعی می‌کند پتانسیل اسمزی بافت‌های تحت تنش را کاهش دهد تا با جذب آب، فشار تورژسانس سلول‌ها در حد مطلوب نگهداری شده و ادامه فعالیت‌های فیزیولوژیکی از جمله رشد سلول‌ها ممکن گردد. مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و تنش خشکی بر میزان پروتئین برگ نشان داد که بیشترین میزان پروتئین مربوط به شاه‌انجیر در تیمار ظرفیت زراعی و کم‌ترین میزان پروتئین مربوط به رقم سیاه و سیاه درشت در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بودند (جدول ۳). کاهش در میزان پروتئین‌های محلول طی تنش خشکی را می‌توان به کاهش سنتز پروتئین و یا افزایش هیدرولیز آنزیمی پروتئین‌ها به علت افزایش فعالیت آنزیم پروتئاز و هم‌چنین تجمع اسیدآمین پرولین نسبت داد (Arzani and Yazdani, 2004; Guerfel *et al.*, 2009).

نتایج حاصله در این تحقیق نیز بیانگر کاهش میزان پروتئین و افزایش اسیدآمین پرولین طی افزایش میزان تنش خشکی بود. تنش خشکی سبب کاهش پتاسیم و سدیم برگ شد به نحوی که در تنش متوسط سبب کاهش ۱۷/۱۲ درصد پتاسیم و ۲۳/۷۱ درصد سدیم و در تنش شدید ۳۴/۶۰ درصد پتاسیم و ۴۳/۲۹ درصد سدیم در مقایسه با گیاهان شاهد شد. ارقام نیز از نظر میزان پتاسیم و سدیم با یکدیگر تفاوت‌های معنی‌دار نشان دادند. حداکثر غلظت پتاسیم در رقم سیاه درشت و حداقل آن در سیاه و شاه‌انجیر هم‌چنین حداکثر میزان سدیم در رقم سیاه درشت و حداقل آن در ارقام شاه‌انجیر و برویل مشاهده گردید که با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نشان ندادند (جدول ۴).

بین ارقام مختلف نیز از نظر غلظت اسیدآمین پرولین تفاوت‌هایی وجود داشت. بیشترین میزان پرولین مربوط به رقم برویل و کمترین آن مربوط به رقم سبز بود که با سایر ارقام تفاوت معنی‌دار نشان دادند. در پتانسیل‌های پایین آب، اسمولیت‌های سازگاری در گیاهان تجمع یافته و سبب تنظیم اسمزی می‌شود. در این شرایط، غلظت اسیدآمین پرولین نسبت به سایر اسیدهای آمینه افزایش می‌یابد. در گیاهان، رایج‌ترین مسیر برای سنتز پرولین مسیر گلو تامات است و طی تنش مقدار گلو تامات بیشتری به پرولین تبدیل می‌شود (Javadi and Bahramnejad, 2010; Javadi *et al.*, 2004). پرولین باعث ثبات و پایداری غشاها و ماکروملکول‌ها (به‌ویژه پروتئین‌ها) شده و از این طریق به حفظ شکل و ساختار طبیعی آن‌ها تحت شرایط تنش کمک می‌کند. علاوه بر اثر مستقیم در ثبات بخشیدن به ماکروملکول‌ها، پرولین به علت خواص آنتی‌اکسیدانی خود یک عمل حفاظتی غیرمستقیم نیز بروز می‌دهد (Anjum *et al.*, 2011). بعضی از پژوهشگران معتقدند که تجمع پرولین در گیاه به هنگام خشکی نقش ذخیره کربن و نیتروژن را بازی می‌کند (Kavikishore *et al.*, 2005). مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و تنش خشکی بر میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ نشان داد که بیشترین میزان کربوهیدرات مربوط به رقم سیاه در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و کم‌ترین میزان کربوهیدرات مربوط به رقم شاه‌انجیر در تیمار ظرفیت زراعی مشاهده شد (جدول ۳). تجمع کربوهیدرات‌های محلول با مقاومت گیاهان در برابر تنش خشکی در ارتباط است (Hoekstra and Buitink, 2001). قندها سلول‌ها را طی خشکی با دو مکانیسم حفظ می‌کنند. گروه‌های هیدروکسیل قندها جانشین آب می‌شوند تا واکنش‌های آب‌دوست را در پروتئین‌های غشاء‌های طی دوره خشکی حفظ کنند (Leopold *et al.*, 1994). قندها عامل ویتریفیکاسیون (شیشه‌ای شدن) هستند (Buitink *et al.*, 1998). شیشه‌ای شدن باعث کاهش حرکت مولکولی شده و در نتیجه از تشکیل ترکیبات فعال

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر رقم و تنش خشکی بر میزان عناصر پتاسیم و سدیم در برگ انجیر (سال دوم)

Table 4. Mean Comparison of cultivar and drought stress on concentration of potassium and sodium in fig leaf (second year)

سدیم درصد Sodium (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	تیمارها Treatments
1.65 ^d	11.57 ^e	C ₁
1.78 ^d	14.14 ^c	C ₂
2.92 ^c	11.9 ^d	C ₃
4.44 ^a	24.07 ^b	C ₅
4.27 ^b	19.75 ^b	C ₆
3.88 ^a	19.68 ^a	S ₁
2.96 ^b	16.31 ^b	S ₂
2.2 ^c	12.87 ^c	S ₃
2.27 ^g	13.77 ^g	C ₁ S ₁
1.57 ⁱ	11.21 ^j	C ₁ S ₂
1.12 ^j	9.74 ^k	C ₁ S ₃
2.27 ^g	16.7 ^e	C ₂ S ₁
1.89 ^h	14.02 ^g	C ₂ S ₂
1.19 ^j	11.7 ^{ij}	C ₂ S ₃
3.41 ^e	14.63 ^f	C ₃ S ₁
2.96 ^f	11.82 ⁱ	C ₃ S ₂
2.39 ^g	9.26 ^k	C ₃ S ₃
5.88 ^a	28.05 ^a	C ₅ S ₁
3.98 ^d	23.54 ^c	C ₅ S ₂
3.47 ^e	20.61 ^d	C ₅ S ₃
5.56 ^b	25.25 ^b	C ₆ S ₁
4.42 ^c	20.97 ^d	C ₆ S ₂
2.84 ^f	13.04 ^h	C ₆ S ₃
5.35	2.10	ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)

S₁: ظرفیت زراعی (تیمار شاهد)، S₂: ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش متوسط)، S₃: ۲۵ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید)، C₁: شاه‌انجیر، C₂: بر ویل، C₃: سیاه، C₅: سیاه درشت، C₆: سبز. فقدان C₄ در این جدول نشانگر آن است که رقم بر پوزدنبالی به علت حساس بودن به تنش خشکی و از دست دادن تمامی برگ‌ها از مجموعه این اندازه‌گیری‌ها خارج شده است.

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد ندارند.

S₁: Field capacity (control treatment), S₂: 50% Field capacity (mild stress), S₃: 25% Field capacity (sever stress), C₁: Shah Anjir, C₂: Bare Veil, C₃: Siah, C₄: Bare poozdombali, C₅: Siahe Dorosht, C₆: Sabz. The lack of C₄ in this table indicates that the bare poozdombali cultivar has been removed due to its sensitivity to drought and losing leaves.

Means in each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% using Duncan test.

گیاهان در شرایط خشکی برای جبران کمبود عناصر غذایی (به دلیل کاهش جذب توسط ریشه‌ها)، میزان رشد خود را کاهش می‌دهند (Nilson and Overcull, 1996). در این آزمایش نیز با افزایش در شدت تنش میزان جذب عناصر سدیم و پتاسیم کاهش نشان داد.

نتیجه‌گیری

در کل به نظر می‌رسد گیاه انجیر برای مقابله با اثرات تنش خشکی، ترکیبی از مکانیسم‌های مختلف را به خدمت می‌گیرد و با توجه به این مساله دو رقم سیاه و بر

Kocsis *et al.* (2001) واکنش ۶ پایه انگور را در

جذب عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی، مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که میزان جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در بین پایه‌های مختلف انگور، اختلاف معنی دار وجود دارند. هنگامی که ریشه‌ها و برگ‌های تعدادی از گیاهان در معرض خشکی قرار می‌گیرند تجمع یون‌های نترات و کلر در آن‌ها به وجود می‌آید و میزان یون‌های پتاسیم و فسفات کاهش می‌یابد (Jones and Cortlett, 1992).

ویل با نشان دادن برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مشابه از نظر تحمل به خشکی تقریباً معادل یکدیگر ارزیابی شدند. اما رقم برپوزدمبالی به دلیل ریزش تمامی برگ‌ها در دو سطح تنش ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی در دو سال آزمایش به‌عنوان رقمی حساس شناخته شد، بعد از رقم برپوزدمبالی رقم سبز با کاهش اکثر فاکتورهای مورد بررسی به‌عنوان رقمی حساس شناخته شد که این موضوع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد زیرا ۹۸ درصد انجیرکاری استهبان به این رقم اختصاص دارد. با توجه به نتایج حاصله ارقام حساس شناسایی شده برای مناطق کم آب توصیه نمی‌گردد.

References

- Ahmadi, A. and Sio-Se Mardeh, A. (2004). The Effects of water stress on soluble carbohydrates, chlorophyll and proline contents of four Iranian wheat cultivars under different moisture regimes. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 35(3): 753-763. [In Farsi]
- Ahmadi, k., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Hoseinpour, R., Kazemifard, R., and Abdeshah, H. (2016). *Agricultural statistics of 2015 horticultural products*. Tehran Publications. Ministry of Agriculture. P. 253. [In Farsi]
- Anjum, S.H.A., Xie, X., Wang, L., Salem, M. F., Man, C.H., and Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *Journal of Agricultural Research*, 6(9): 2026-2032.
- Arji, I., Arzani, K., and Mirlatifi, S.M. (2001). Effect of different amount irrigation amounts on physiological and anatomical responses of olive (*Olea europaea* L. cv. Zard). *Iranian Journal of Soil Research (Soil and Water Science)*, 16(1): 112-119. [In Farsi]
- Arzani, K. and Yazdani, N. (2004). The influence of drought stress and paclobutrazol on quantitative changes of protein in olive (*Olea europaea* L.) cultivars Blidy and Mishion. *Acta Horticulturae*, 791:81-85.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., and Teare, L.D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*, 39: 205-207.
- Blum, A. and Ebercon, A. (1981). Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance wheat. *Crop Science*, 21:43-47.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- Buitink, J., Laessens, A. E., Hermings, M.A., and Hoekstra, F.A. (1998). Influence of water content and temperature on molecular mobility and intracellular glasses in seeds and pollen. *Plant Physiology*, 118: 531-541.
- Faghih, H. and Sabet Sarvestani, J. (2001). *Fig (planting, cultivation and harvesting)*. Rahgosha Publication. P. 292. [In Farsi]
- Ghaderi, N., Sio-se Marde, A., and Shahouie, S.S. (2006). Evaluation of drought stress

- on some physiological characteristics in two grape cultivar. Iranian Journal of Agricultural Science, 37(1): 45-55. [In Farsi]
- Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Chaibi, W., and Zarrouk, M. (2009). Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. Scientia Horticulturae, 119: 257-263.
- Heydari Sharifabad, H. (2004). Reduction damage methods of dryness and drought. Agronomy Department of Agriculture, Ministry of Jihad. First Publication. P. 346. [In Farsi]
- Hoekstra, F.A. and Buitink, J. (2001). Mechanisms of plant desiccation tolerance. Trends in Plant Science, 8: 431-438.
- Hsiao, T.C. (1973). Plant responses to water stress. Annual Review of Plant Physiology, 24: 519-570.
- Jafari, M., Abdolahi Pour Haghghi J., and Zare, H. (2012). Mulching impact on plant growth and production of rainfed fig orchards under drought conditions. Journal of Food, Agriculture and Environment, 10(1): 428-433.
- Jalili Marandi, R., Hasani, A., Dowlati Bane, H., Azizi, H., and Haji Taghilou, R. (2011). Effect of different levels of soil on morphological and physiological characteristics of three grape (*Vitis vinifera* L.) cultivar. Iranian Journal of Horticultural Science, 42(1): 31-40. [In Farsi]
- Javadi, T. and Arzani, K. (2003). Study of proline accumulation and water relationships in 9 Asian pear genotypes (*Pyrus serotina*) under different irrigation regimes. Journal of Agricultural Science and Natural Resources, 10(3): 87-97. [In Farsi]
- Javadi, T. and Bahramnejad, B. (2010). Effect of water stress on growth and some biochemical characteristics of three domestic pear genotype of Kordestan province. Iranian Journal of Horticultural Science, 41(4): 327-335. [In Farsi]
- Javadi, T., Arzani, K., and Ebrahimzade, H. (2004). Evaluation of soluble carbohydrates and proline amount in 9 Asian pear genotypes (*Pyrus serotina*) under drought stress. Iranian Journal of Biology, 17(4): 1-19. [In Farsi]
- Jones, H.G. and Cortlett, J.E. (1992). Current topics in drought physiology. Journal of Agricultural Science, 119: 291-296.
- Kafi, M. and Mahdavi Damaghani, A. (2000). Mechanisms of plant resistance to environmental stresses. Ferdousi University of Mashhad Publication. P. 476. [In Farsi]
- Kafi, M., Zand, E., Kamkar, B., Sharifi, H.R., and Goldani, M. (2007). Plant physiology. Ferdousi University of Mashhad Publication. P. 380. [In Farsi]
- Kavikishore, P.B., Sangam, S., Amrutha, R.N., Laxmi, P.S., Naidu, K.R., Rao, S., Reddy, K.J., Theriappan, P., and Sreenivasulu, N. (2005). Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. Current Science, 88: 424-438.

- Kocsis, L., Lechozky, E., Keresztes, Z., Angyal, A., and Walker, M.A. (2001). Grape rootstock-scion combination effects on leaf nutrient status and yield under drought condition in Hungary. Annual Meeting, San Diego, California. P. 21.
- Leopold, A.C., Sun, W.O., and Bernal-lugo, L. (1994). The glassy state in seeds: analysis and function. *Seed Science*, 4: 267-274.
- Nilson, E.T. and Overcutt, D.M. (1996). *The Physiology of Plants under stress*. John Wiley and Sons Inc. New York. P. 355.
- Paleg, L.G. and Aspinall, D. (1981). *Physiology and biochemistry of drought resistance in plants*. Amer Press. New York. P. 386.
- Paquin, R. and Lechasseur, P. (1979). Observation sur une method de dosage de la praline libre dans les extraits de plantes. *Canadian Journal of Botany*, 57: 1851-1854.
- Sun, W.Q. and Leopold, A.C. (1997). Cytoplasmic vitrification and survival of anhydrobiotic organisms. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 117(A): 327-333.
- Turner, N.C. (1981). Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and Soil*, 58: 339-366.

Physiological, Morphological and Biochemical Characteristics of Four Edible Fig and two Capri Fig Cultivars in Response to Drought Stress

M. Sajedi¹, M. Esna-Ashari^{2*}, M. Jafari³ and E. Aslmoshtaghi⁴

- 1- Graduate M.Sc. of Horticulture, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
- 2- ***Corresponding Author:** Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran (m.esnaashari@basu.ac.ir)
- 3- Researcher, Estahban Fig Research Station, Etahban, Iran
- 4- Ph.D. Student of Horticulture, Department of Horticultural Sciences, University of Shiraz, Shiraz, Iran

Received: 24 June, 2016

Accepted: 15 February, 2017

Abstract

Background and Objectives

Plant responses to water deprivation are usually monitored through selected parameters which have been proven to be good indicators of drought in different studies. Some of the most important standards for evaluating plants under drought stress are measurements of physiological, morphological and biochemical parameters. These parameters have been found to generally reflect drought adaptation and could be used to select drought-tolerant species suitable to cultivate in dry and/or semi-dried lands. In this study, the effect of drought stress on some above-mentioned parameters in six fig cultivars including Sabz, Siah, Siahe Dorosht, Shah Anjir, Bare Veil and Bare poozdombali was investigated through a two-year experiment.

Materials and methods

The study was conducted in a factorial experiment based on a complete randomized design with four replications and three drought stress levels including field capacity as the control and 50 and 25% of field capacity as mild and severe stress, respectively.

Results

The highest amount of reduction in the above-mentioned parameters was observed under severe stress showing significant differences with the control and mild stress. The highest amount of relative water content associated with Sabz and Siah Dorosht cultivars and the greatest level of electrolyte leakage belonged to Siah cultivar. Chlorophyll reduction in Sabz was higher than the others and the least was observed in Siah Dorosht. The greatest proline accumulation was related to Bare Veil and the highest carbohydrate accumulation belonged to Bare Veil and Siah cultivars. The highest amount of protein reduction was also observed in Siah and Siah Dorosht without a significant difference. Maximum increase in the amount of potassium and sodium was observed in Siah Dorosht cultivar.

Discussion

Results indicated that, Siah and Bare Veil cultivars had approximately similar physiological and biochemical characteristics, so they evaluated as drought tolerant cultivars. It seems that fig plant employs a combination of mechanisms to overcome drought stress. Osmotic regulation is the active regulation of the osmotic pressure of the fig plant tissue's fluid to maintain the homeostasis of the tissue's water content; that is, it maintains the fluid balance and the concentration of electrolytes (salts in solution) to keep the fluids from becoming too diluted or too concentrated. In this study, the two above-mentioned drought-tolerant fig cultivars synthesized considerable amounts of proteins, carbohydrates and proline to regulate their tissues osmotic pressure resulting in better growth under drought stress.

Keywords: Carbohydrate, Chlorophyll, Drought stress, Fig, Proline, Protein