

## اثر تنش خشکی روی برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی شش رقم انار (*Punica granatum L.*) تجاری ایرانی

### Effect of Drought Stress on Some Physiological Characteristics in Six Commercial Iranian Pomegranate (*Punica granatum L.*) Cultivars

اسفندیار حسنی مقدم<sup>۱</sup>، محمود اثنی عشری<sup>۲\*</sup> و عبدالحسین رضائی نژاد<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۱/۲۸

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۴/۲۸

#### چکیده

به منظور مطالعه اثر تنش خشکی روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی ۶ رقم انار تجاری ایران، این آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور: ۱- رقم انار در ۶ سطح (رباب نی ریز، نادری بادرود، شیشه کپ فردوس، اردستانی مهولات، ملس یزدی و شیرین شهوار) و ۲- تنش خشکی در ۳ سطح شامل بدون تنش خشکی (رطوبت ۸۰ درصد ظرفیت زراعی، تیمار شاهد)، تنش خشکی متوسط، (۶۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و تنش خشکی شدید (۴۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار اجرا گردید. نهال‌های گلدانی یک‌ساله به مدت شش هفته در معرض تنش خشکی قرار گرفتند و سپس برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی آن‌ها شامل، سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای، دی‌اکسیدکربن زیر روزنه، دمای سطح برگ، محتوی نسبی آب و نشت الکترولیت‌های برگ، در برگ‌های کاملاً توسعه یافته در شرایط شاهد و تنش اندازه‌گیری شدند. تمامی ارقام مورد مطالعه تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفتند، اما پاسخ آن‌ها به تنش متفاوت بود. در همه ارقام با افزایش تنش خشکی، سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای، دی‌اکسیدکربن زیر روزنه و محتوی نسبی آب کاهش ولی دمای سطح برگ و میزان نشت الکترولیت‌های برگ افزایش یافت. براساس نتایج به دست آمده از این پژوهش به ترتیب ارقام رباب نی ریز و ملس یزد که در مقایسه با سایر ارقام از نظر خصوصیات فیزیولوژیکی دارای تحمل بیشتری در برابر تنش خشکی بودند به عنوان ارقام متحمل به تنش خشکی پیشنهاد می‌گردند. علاوه بر این در بین ارقام مورد بررسی رقم نادری بادرود بیشترین حساسیت را به تنش خشکی نشان داد.

**واژه‌های کلیدی:** تبادلات گازی برگ، نشت الکترولیت‌های برگ، سرعت فتوسنتز، دی‌اکسیدکربن زیر روزنه، محتوی نسبی آب

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲. استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۳. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

Email: m.esnaashari@basu.ac.ir

\* نویسنده مسئول

## مقدمه

ایران دارای متنوع‌ترین و غنی‌ترین ذخیره ژنی ارقام انار در دنیا است، به طوری که تاکنون بیش از ۷۶۰ رقم انار از استان‌های مختلف کشور جمع‌آوری شده است (بهزادی شهر بابکی، ۱۳۷۷). ایران با داشتن حدود ۷۷ هزار هکتار سطح زیر کشت و تولید سالیانه حدود ۶۰۰ هزار تن انار مقام اول تولید و سطح زیر کشت را در جهان دارد (بی‌نام، ۱۳۸۸).

آب به عنوان یک منبع اقتصادی مهم در بسیاری از نقاط جهان به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح است. از طرف دیگر نیاز به آب در جهان در همه بخش‌های اقتصادی از جمله بخش باغبانی رو به افزایش است. توجه به شرایط خشک و نیمه‌خشک کشور و کاهش نزولات آسمانی در طی سال‌های اخیر بهینه‌سازی و صرفه‌جویی در مصرف آب باید هرچه بیشتر مدنظر قرار گیرد (ارجی و ارزانی، ۱۳۸۲). آب فراوان‌ترین جزء تشکیل‌دهنده سلول‌های زنده گیاهان است. در گیاهان چوبی، بیش از ۵۰ درصد و در گیاهان علفی، حدود ۹۰-۸۰ درصد وزن تر بافت‌ها و اندام‌ها را آب تشکیل می‌دهد (تایز و زیگر<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶). علی‌رغم اینکه آب از فراوان‌ترین ترکیبات روی زمین است اما در بخش عمده‌ای از جهان تنش خشکی، عامل محدودکننده رشد و تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌گردد. این تنش باعث کاهش فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، رشد و در نهایت عملکرد گیاه می‌شود (عبدالجلیل<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۹).

گیاهان دارای مکانیسم‌های خاصی جهت مقابله با شرایط کم‌آبی و افزایش کارایی مصرف آب می‌باشند. واکنش اولیه گیاه به تنش خشکی بسته شدن روزنه‌های برگ بوده که در نتیجه آن هدایت روزنه‌ای و انتقال دی-اکسیدکربن به بافت‌های مزوفیل برگ و کلروپلاست کاهش می‌یابد و باعث نقصان میزان فتوسنتز می‌شود (کولوم و وزانا<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳؛ جنتی<sup>۴</sup> و همکاران، ۱۹۸۷). بنابراین اندازه-گیری تبادلات گازی طی تنش خشکی و بررسی تأثیر آن بر تثبیت کربن در جریان فتوسنتز ضروری است. کاهش نفوذپذیری غشای سلولی، فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای تحت پتانسیل پایین آب برگ در گیاهان مختلف گزارش

شده است (هور<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). وقتی گیاهان در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند، محتوای آب بافت‌های خود را به وسیله برخی مکانیسم‌های فیزیولوژیکی برای افزایش جذب آب تنظیم می‌نمایند (جانگپروما<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). محتوی نسبی آب برگ<sup>۷</sup> یکی از شاخص-های فیزیولوژیکی مهم است که همبستگی خوبی با مقاومت به تنش خشکی نشان می‌دهد و با افزایش شدت تنش خشکی مقدار نسبی آب برگ گیاه کاهش می‌یابد (کولوم و وزانا<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳). تنش خشکی باعث اختلال در فعالیت‌های غشای سلول می‌شود و به دنبال آن شاخص پایداری غشای سلولی در گیاهان کاهش می‌یابد که باعث نشت یونی برگ<sup>۸</sup> از داخل سلول به بیرون آن می‌شوند. اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت‌ها از بافت‌های گیاهی روش مناسبی جهت برآورد سلامت غشاء پس از تنش‌های محیطی از قبیل خشکی است (مدرانو<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۰۲).

یکی از راه‌کارهای مطمئن و دائمی برای جلوگیری از مصرف نامناسب آب و صرفه‌جویی در منابع موجود آب در کشاورزی، استفاده از ارقام و گونه‌های گیاهی مقاوم و یا متحمل به کم‌آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). با توجه به اینکه تنش خشکی از عوامل محدودکننده در تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود، مطالعه عکس‌العمل فیزیولوژیکی ارقام میوه در شرایط کم‌آبی به ما کمک می‌کند تا متحمل‌ترین آن‌ها را شناسایی و در برنامه توسعه باغ‌ها مورد استفاده قرار دهیم. لذا تحقیق جهت شناسایی و غربال ارقام و گونه‌های گیاهی مقاوم به کم‌آبی حائز اهمیت است. هدف از انجام این پژوهش غربال‌گری شش رقم انار تجاری ایران در مقابل سطوح مختلف تنش خشکی براساس برخی از نشانگرهای فیزیولوژیکی است. نتیجه نهایی این گونه آزمایش‌ها منجر به معرفی متحمل‌ترین و حساس‌ترین رقم یا ارقام به تنش خشکی خواهد گردید.

## مواد و روش‌ها

## مواد گیاهی

در این تحقیق از نهال‌های یک‌ساله ریشه‌دار شش رقم انار تجاری که از لحاظ سن، قطر و اندازه نهال یکسان بودند استفاده شد. رقم رباب نی‌ریز از نهالستان دارای مجوز از

5. Hura

6. Jangpromma

7. Relative water content

8. Leaf ion leakage

9. Medrano

1. Taiz and Zeiger

2. Abdul jaleel

3. Colom and Vazzana

4. Genty

برای هر یک از سطوح تنش رطوبتی، وزن نهایی گلدان در سطح تنش مذکور محاسبه شد و جهت رسیدن وزن گلدان به مقدار مدنظر به آن آب اضافه شد و پس از رسیدن به سطح تنش مربوطه در همان روز در سطح آن تنش حفظ گردید. توزین و محاسبه میزان رطوبت مورد نظر در طول مدت تنش روزانه محاسبه گردید. نهال‌ها به مدت شش هفته در معرض تنش خشکی قرار گرفتند و سپس برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی آن‌ها به شرح ذیل مورد بررسی واقع شدند.

#### اندازه‌گیری نشانگرهای فیزیولوژیکی

##### الف) محتوای نسبی آب

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب، از هر گلدان سه برگ انتخاب و از هر برگ یک دیسک یک سانتی‌متر مربع تهیه شد. نمونه‌های برگ پس از توزین در داخل ویال‌های آب به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. پس از این مدت نمونه‌ها از آب بیرون آورده شدند و پس از قرار دادن روی پارچه بلافاصله توزین گردیدند و بدین ترتیب وزن تورژسانس آن‌ها ثبت شد. سپس نمونه‌ها در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند و دوباره توزین گردیدند و وزن خشک آن‌ها ثبت شد. مقدار نسبی آب برگ بر حسب درصد و با استفاده از فرمول زیر به دست آمد:

$$100 \times \frac{W-DW}{TW-DW} = RWC (\%)$$

DW = وزن خشک نمونه = W وزن تر نمونه

TW = وزن تورژسانس نمونه

##### ب) نشت الکترولیت‌های برگ

بدین منظور از برگ‌های کاملاً توسعه یافته پس از شستشو با آب مقطر قطعاتی با ابعاد یک سانتی‌متر تهیه و نمونه‌های برگ در ظروف شیشه‌ای حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار داده شدند. سپس ظروف حاوی نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه قرار گرفتند. بعد از آن هدایت الکتریکی اولیه ( $EC_1$ ) محلول با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی مدل اینولوب ۷۲۰ ساخت کشور آلمان قرائت شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و بعد از خنک شدن مجدداً هدایت الکتریکی ثانویه آن‌ها ( $EC_2$ ) قرائت گردید. در نهایت درصد نشت الکترولیت‌های برگ از طریق رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{درصد نشت الکترولیت‌های برگ} = \frac{EC_1}{EC_2} \times 100$$

موسسه ثبت و گواهی بذر و نهال کشور در استان فارس، ارقام نادری بادرود، شیشه‌کپ فردوس و اردستانی مهولات از ایستگاه تحقیقات انار ساوه و ارقام ملس یزدی و شیرین شهوار یزد از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد در بهمن ماه سال ۱۳۹۱ تهیه شدند.

#### اجرای آزمایش و اعمال تیمارها

این پژوهش در چارچوب یک آزمایش از اول اسفند ماه ۱۳۹۱ تا پایان تیرماه ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان اجرا شد. اندازه‌گیری-های مدنظر در آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان انجام گرفت. این تحقیق به صورت یک آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور: ۱- رقم انار در ۶ سطح به شرح فوق و ۲- تنش خشکی در ۳ سطح (بدون تنش خشکی دارای (رطوبت ۸۰ درصد ظرفیت زراعی "تیمار شاهد"، تنش خشکی متوسط (۶۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و تنش خشکی شدید (۴۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) بود که در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار اجرا گردید. هر واحد آزمایشی شامل ۵ نهال‌گلدانی بود. نهال‌ها در گلدان‌های پلاستیکی ۱۵ لیتری (ارتفاع ۳۴ و قطر دهانه ۳۲ سانتی‌متر) حاوی ترکیب کود حیوانی، ماسه و خاک به نسبت ۳:۱:۱ کاشته شدند. قبل از انتقال نهال‌ها به گلدان، ریشه آن‌ها با مخلوط آب و کود حیوانی حاوی قارچ‌کش مانکوزب (۲ در هزار) ضدعفونی شدند. به منظور تهویه و بهبود زهکشی، در کف هر گلدان به میزان مساوی شن درشت ریخته شد.

#### محاسبه رطوبت جهت اعمال تنش خشکی

برای محاسبه میزان رطوبت خاک از میانگین رطوبت شش گلدان استفاده گردید. بدین صورت که گلدان‌ها در روز اول آبیاری شدند تا آب زهکشی از آن خارج گردید. به منظور ممانعت از تبخیر رطوبت از گلدان‌ها، سطح فوقانی آن‌ها با فویل آلومینیومی پوشانده شد. بعد از ۲۴ ساعت نمونه‌برداری از خاک گلدان شروع گردید و به مدت ده روز درصد رطوبت خاک طبق فرمول زیر محاسبه شد.

$$100 \times \frac{\text{وزن ثانویه خاک} - \text{وزن اولیه خاک}}{\text{وزن ثانویه خاک}} = \text{درصد رطوبت خاک}$$

برای اعمال سطوح مختلف تنش، از روش وزنی استفاده گردید. بدین صورت که بعد از محاسبه ظرفیت زراعی، سایر سطوح تنش بصورت درصدی از رطوبت ظرفیت زراعی در نظر گرفته شد و مقدار کاهش رطوبت تا رسیدن به مقدار رطوبت مدنظر بر حسب گرم آب محاسبه و به گلدان‌ها اضافه گردید.

### پ) تبادلات گازی برگ<sup>۱</sup>

سرعت فتوسنتز<sup>۲</sup>، سرعت تعرق<sup>۳</sup>، هدایت روزنه‌ای<sup>۴</sup>، غلظت دی-اکسیدکربن زیر روزنه<sup>۵</sup> و دمای برگ‌های کاملاً توسعه یافته ۶ رقم انار مورد آزمایش با دستگاه آنالیزور گاز مادون قرمز مدل ADC, LCA-4 ساخت شرکت هادسدون انگلستان اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری این خصوصیات از هر واحد آزمایشی یک گیاه به‌طور تصادفی انتخاب گردید و از برگ کامل و توسعه یافته هر گیاه بدین منظور استفاده شد. مساحت بخشی از برگ که در دستگاه قرار می‌گرفت ۶/۲۵ سانتی‌مترمربع بود. با قرار گرفتن برگ‌های قسمت میانی شاخه‌ها در قسمت اتافک دستگاه، و بر اساس ورود و خروج گازها در این قسمت و هم-چنین اندازه‌گیری میزان گازهای خروجی طبق برنامه تنظیم شده روی دستگاه، اطلاعات مربوط به هر شاخص ثبت گردید. اندازه‌گیری‌ها بین ساعت ۹ تا ۱۱ صبح در محیط گلخانه که گیاهان در طول آزمایش در آن نگهداری شدند صورت گرفت. این اندازه‌گیری‌ها در شرایط تابش فعال فتوسنتزی<sup>۷</sup> ۸۵۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه، دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و کمبود فشار بخار هوای برگ برابر با ۵ تا ۱۰ میلی‌مول بر مول صورت گرفت.

### تجزیه داده‌ها

تجزیه واریانس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق به کمک نرم-افزار SAS-9.1 و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن<sup>۸</sup> انجام گرفت. ضرایب همبستگی ( $r^2$ ) بین صفات به روش آزمون پیرسون در سطح ۰/۰۱ تعیین گردید.

### نتایج

تیمار خشکی موجب کاهش سرعت فتوسنتز در برگ ارقام انار مورد مطالعه شد. به‌طوری‌که بیشترین سرعت فتوسنتز مربوط به شرایط بدون تنش خشکی، یعنی تیمار شاهد (۸۰ درصد رطوبت قابل دسترس) و کمترین مقدار آن مربوط به تیمارهای تنش متوسط (۶۰ درصد رطوبت قابل دسترس) و تنش خشکی شدید (۴۰ درصد رطوبت قابل دسترس) بود. ارقام مختلف انار

از نظر سرعت فتوسنتز با یکدیگر متفاوت بودند به‌طوری‌که ارقام رباب نی‌ریز و ملس یزد به‌ترتیب با میانگین ۵/۷ و ۵/۲ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه بالاترین سرعت فتوسنتز را به خود اختصاص دادند. لازم به ذکر است تفاوت معنی‌داری بین این دو رقم از نظر آماری مشاهده نشد و رقم نادری با درود با ۳/۲ و اردستانی با ۳/۷ میکرومول دی‌اکسید-کربن بر مترمربع در ثانیه کمترین سرعت فتوسنتز را داشتند (جدول ۱).

تیمار خشکی موجب کاهش سرعت تعرق در برگ کلیه ارقام انار مورد مطالعه شد، به‌طوری‌که بیشترین مقدار سرعت تعرق مربوط به تیمار شاهد و کمترین مقدار آن مربوط به تیمارهای تنش متوسط و شدید بود. ارقام مختلف انار از نظر سرعت تعرق با یکدیگر متفاوت بودند، به‌طوری‌که ارقام رباب نی‌ریز و ملس یزدی به ترتیب با ۴/۷ و ۴/۴ میلی‌مول آب بر متر مربع در ثانیه بالاترین میزان تعرق را به خود اختصاص دادند. کمترین میزان سرعت تعرق در رقم نادری با درود با ۲/۵ میلی‌مول آب بر مترمربع در ثانیه مشاهده گردید. سرعت تعرق در سه رقم شیشه‌کپ فردوس، اردستانی مه‌ولات و شیرین شهوار یزد حد واسط ارقام فوق‌الذکر بودند علاوه بر این تفاوت معنی‌داری بین دو رقم شیشه‌کپ فردوس و اردستانی مه‌ولات، از نظر آماری مشاهده نشد (شکل ۱).

به‌طورکلی، هدایت روزنه‌ای به‌شدت تحت تأثیر تنش خشکی کاهش یافت و در تنش شدید خشکی به کمترین مقدار خود رسید. این تیمار اختلاف آماری معنی‌داری با تیمار شاهد و تیمار تنش خشکی متوسط داشت. هدایت روزنه‌ای در بین ارقام انار مورد مطالعه متفاوت بود. ارقام رباب نی‌ریز و شیشه‌کپ فردوس به‌ترتیب با ۰/۲۸ و ۰/۲۱ مول آب بر مترمربع در ثانیه بیشترین و رقم نادری با درود با ۰/۱۲ مول آب بر مترمربع در ثانیه کمترین میزان هدایت روزنه‌ای را دارا بودند. سایر ارقام حدواسط این دو گروه قرار گرفتند و با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۱).

1. Leaf gas exchange
2. Photosynthesis rate
3. Evaporation rate
4. Stomatal conductance
5. Intercellular CO<sub>2</sub> concentration
6. Infra red gas analyser
7. Photosynthesis active radiation
8. Duncan's Multiple Range Test

جدول ۱: تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیکی برگ شش رقم انار تحت تنش خشکی

Table 1: physiological characteristics in the leaves of six Iranian pomegranate cultuvars under drought stress

محتوی نسبی آب برگ Relative water content (%)	دمای برگ Leaf temperature (°C)	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance (molH <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	سرعت تعرق Evaporation rate (mmolH <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate (μmolCO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	تیمار Treatment
88±0.33a	24.6±0.27	0.28±0.41a	4.7±0.44a	5.7±0.36a	C1
70.5±0.44d	25.1±0.3	0.12±0.11d	2.5±0.41e	3.2±0.5e	C2
82.1±0.18b	26.2±0.26	0.21±0.16b	3.4±0.47cd	3.4±0.47cd	C3
79.5±0.35c	25.8±0.22	0.16±0.12cd	3.7±0.47bc	3.7±0.4de	C4
82.9±0.38b	26.2±0.17	0.19±0.2bc	4.4±0.32b	5. ±0.3ab	C5
82.8±0.39b	26.9±0.21	0.18±0.1bc	3.2±0.47d	4.8±0.54bc	C6
84.3±0.44a	24.8±0.19b	0.25±0.11a	4.4±0.39a	5.6±0.36a	S1
81.8±0.46b	26.1±0.22a	0.19±0.16b	3.6±0.46b	4.3±0.38b	S2
76.5±0.52c	26.5±0.3a	0.13±0.11c	2.8±0.41c	3.5±0.36c	S3

حروف مشابه در هر ستون از هر بخش نشان‌دهنده عدم اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ می‌باشد. نتایج بیانگر میانگین ± خطای استاندارد (SE) سه تکرار هستند. تیمارهای C1 تا C6 به ترتیب ارقام انار تجاری رباب نی‌ریز، نادری بادرود، شیشه‌کپ فردوس، اردستانی مه‌ولات، ملس یزد و شیرین شهوار یزد می‌باشند و تیمارهای S1، S2 و S3، بیانگر تنش خشکی به ترتیب تیمار شاهد یا بدون تنش خشکی (۸۰٪ رطوبت قابل دسترس)، تنش خشکی متوسط (۶۰٪ رطوبت قابل دسترس) و تنش خشکی شدید (۴۰٪ رطوبت قابل دسترس) هستند.

Same letters within the columns indicate no significant differences ( $P < 0.01$ ). Results indicate means ± standard error (SE) of three replications. C1-C6 treatments including pomegranate cultivars, Rababnyriz, Naderybadroud, Shyshahcap ferdous, Ardestanymahvelat, Malaseyazdand Shirinshavaryazdrespectively and S1-S3 treatments including drought stresses, control treatment (80% available water) moderate treatment (60% available water) and severe treatment (40% available water) respectively

رقم ملس یزد، شیرین شهوار یزد و شیشه‌کپ فردوس تفاوت معنی‌داری در خصوص محتوی آب نسبی مشاهده نگردید (جدول ۱).

تنش خشکی باعث افزایش درصد نشت الکترولیت‌های برگ شد، به طوری که کمترین و بیشترین درصد نشت به ترتیب در سطوح رطوبتی ۸۰٪ و ۴۰٪ آب قابل دسترس خاک مشاهده گردید. ولی بین تنش خشکی متوسط با تنش خشکی شدید تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. ارقام شیشه‌کپ، اردستانی مه‌ولات، ملس یزدی و شیرین شهوار از نظر نشت الکترولیت‌های برگ با هم اختلاف معنی‌داری نداشته، ولی رقم رباب نی‌ریز دارای کمترین نشت الکترولیت‌های برگ (۱۰/۲ درصد) و رقم نادری دارای بالاترین میزان آن (۱۸/۳ درصد) بود (شکل ۳).

با افزایش سطح تنش خشکی میزان دی‌اکسیدکربن در تمامی ارقام کاهش یافت. کمترین میزان دی‌اکسیدکربن در سطح رطوبتی ۴۰٪ آب قابل دسترس خاک مشاهده شد. در تمام رژیم‌های رطوبتی مورد مطالعه، رقم رباب نی‌ریز میزان دی‌اکسیدکربن بیشتری داشت ولی تحت تنش خشکی متوسط و شدید تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان دی‌اکسیدکربن در این رقم مشاهده نگردید. کمترین میزان دی‌اکسیدکربن در تنش خشکی شدید در رقم نادری بادرود مشاهده شد (شکل ۲).

اگرچه تنش خشکی موجب افزایش دمای سطح برگ شد، ولی ارقام عکس‌العمل متفاوتی از این نظر نشان دادند. بیشترین و کمترین دمای سطح برگ به ترتیب مربوط به رقم نادری در تنش رطوبتی شدید و رقم رباب نی‌ریز در شرایط بدون تنش یا تیمار شاهد بود (جدول ۱).

تنش خشکی باعث کاهش محتوای آب نسبی برگ در کلیه ارقام شد. در سطوح مختلف تنش خشکی بین ارقام اختلاف معنی‌داری از نظر محتوای آب نسبی برگ وجود نداشت. کمترین و بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ به ترتیب در ارقام نادری بادرود (۷۰/۵ درصد) و رباب نی‌ریز (۸۸ درصد) مشاهده شد و ارقام ملس یزد، شیرین شهوار یزد، شیشه‌کپ فردوس و اردستانی مه‌ولات حدواسط آن‌ها قرار داشتند. در سه

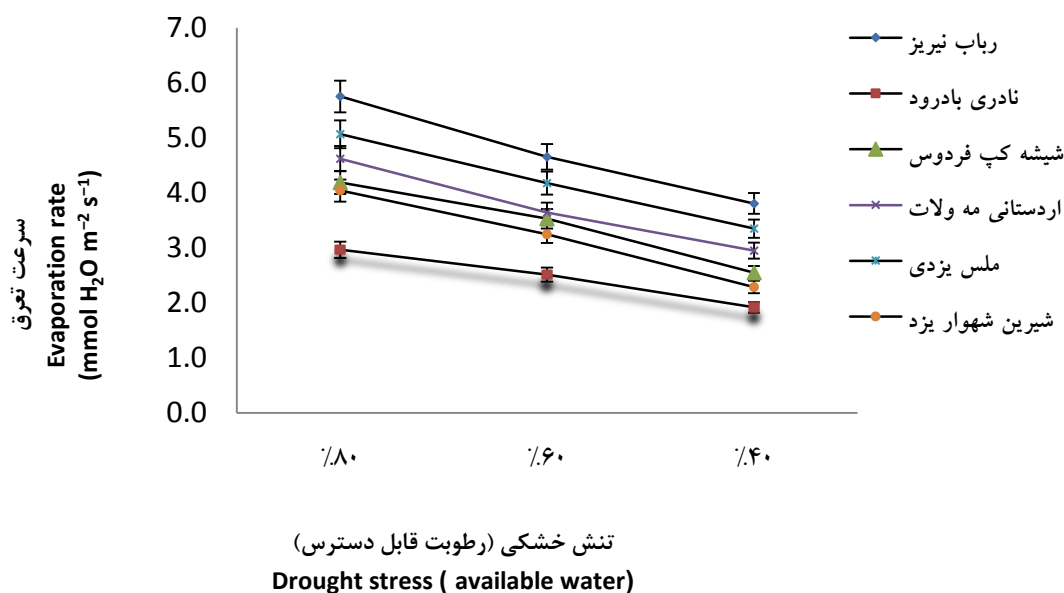
جدول ۲: ضریب همبستگی خطی (r) بین برخی از صفات مطالعه شده

Table 2: Linear correlation (r) between some studied characters

	سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate	سرعت تعرق Evaporation rate	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	دمای برگ Leaf temperature	غلظت دی-اکسیدکربن زیر روزنه Intercellular CO <sub>2</sub> concentration	محتوی آب نسبی Relative water content	نشست الکترولیت-های برگ Leaf ion leakage
سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate	1						
سرعت تعرق Evaporation rate	0.77**	1					
هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	0.71**	0.8**	1				
غلظت دی-اکسیدکربن زیر روزنه Intercellular CO <sub>2</sub> concentration	-0.005 <sup>ns</sup>	-0.003 <sup>ns</sup>	-0.17 <sup>ns</sup>	1			
دمای برگ Leaf temperature	0.70**	0.63**	0.57**	-0.14 <sup>ns</sup>	1		
محتوی آب نسبی Relative water content	0.76**	0.71**	0.73**	-0.07 <sup>ns</sup>	0.81**	1	
نشست الکترولیت‌های برگ Leaf ion leakage	-0.48**	-0.40**	-0.40**	-0.14 <sup>ns</sup>	0.70**	0.63**	1

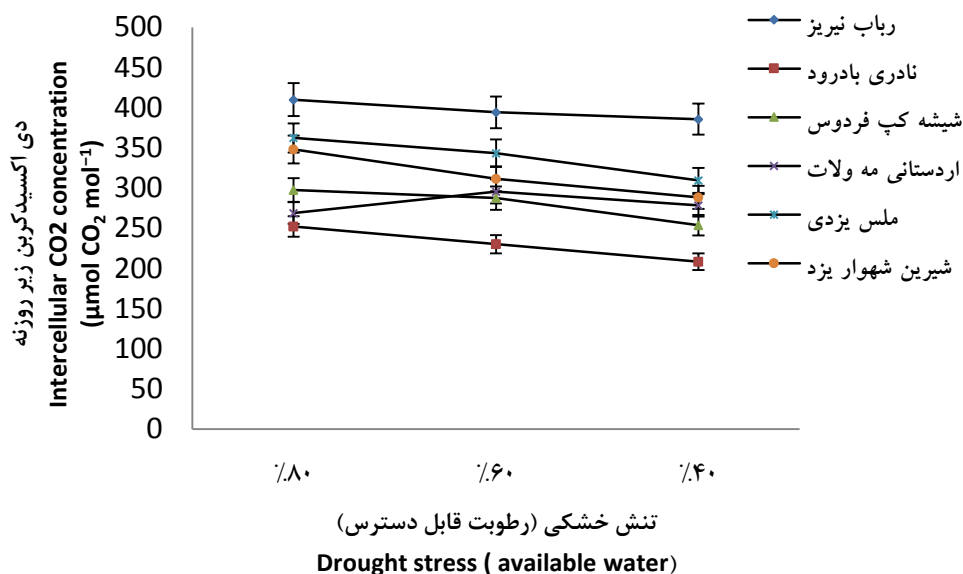
\*\* و \*؛ به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰.۰۱ و ۰.۰۵ و ns؛ غیرمعنی‌دار

\*\* and \*: Significant at 0.01 and 0.05 level of probability respectively; ns: no significant



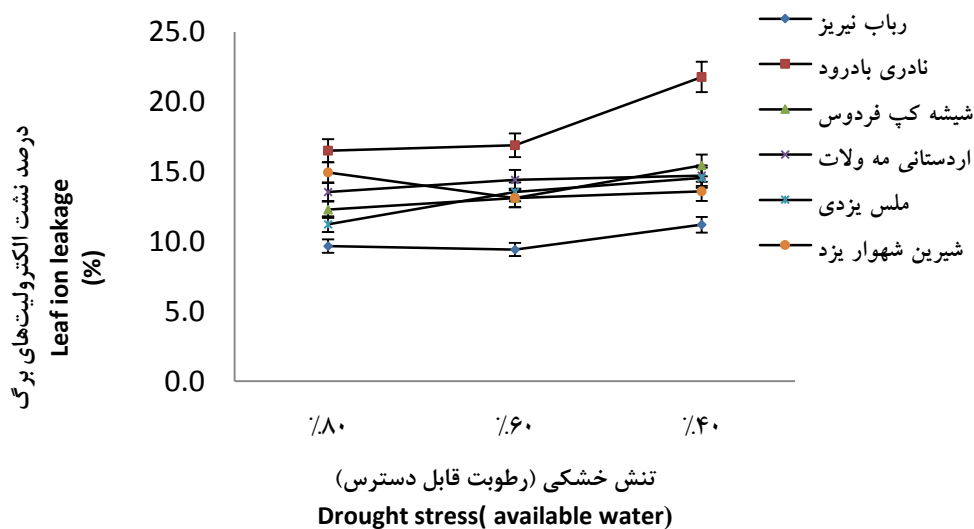
شکل ۱: تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر سرعت تعرق برگ شش رقم انار. نتایج بیانگر میانگین  $\pm$  خطای استاندارد (SE) سه تکرار هستند

Fig. 1: Effects of drought stress treatments on Evaporation rate of six pomegranate cultivars. Vertical bars indicate  $\pm$  standard error (SE) of three replications



شکل ۲: تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر سرعت میزان دی اکسید کربن زیر روزنه برگ شش رقم انار. نتایج بیانگر میانگین  $\pm$  خطای استاندارد (SE) سه تکرار هستند

Fig. 2: Effects of drought stress treatments on Intercellular CO<sub>2</sub> concentration of six pomegranate cultivars. Vertical bars indicate  $\pm$  standard error (SE) of three replications



شکل ۳: تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر نشت الکترولیت‌های برگ شش رقم انار. نتایج بیانگر میانگین  $\pm$  خطای استاندارد (SE) سه تکرار هستند

Fig. 3: Effects of drought stress treatments on Leaf ion leakage of six pomegranate cultivars. Vertical bars indicate  $\pm$  standard error (SE) of three replications

## همبستگی بین صفات

نتایج بررسی همبستگی بین صفات مختلف (جدول ۲) حاکی از آن بود که همبستگی مثبت و معنی داری بین سرعت فتوسنتز با سرعت تعرق ( $r = 0/77$ )، هدایت روزنه‌ای ( $r = 0/71$ )، دمای سطح برگ ( $r = 0/70$ ) و محتوی نسبی آب برگ ( $r = 0/76$ ) وجود داشت این در حالی بود که همبستگی منفی معنی داری بین سرعت فتوسنتز با نشت الکترولیت‌های برگ ظاهر گردید ( $r = -0/48$ ). همچنین همبستگی مثبت و معنی داری بین هدایت روزنه‌ای با سرعت تعرق ( $r = 0/80$ )، دمای سطح برگ ( $r = 0/63$ ) و محتوی نسبی آب ( $r = 0/73$ ) مشاهده شد.

## بحث و نتیجه گیری

در همه ارقام با افزایش تنش خشکی میزان سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای، دی‌اکسیدکربن زیر روزنه، محتوی نسبی آب برگ کاهش یافت، در صورتی که دمای سطح برگ و میزان نشت الکترولیت‌های برگ افزایش نشان داد. براساس نتایج به دست آمده در این پژوهش می‌توان گفت که ۶ رقم انار مورد بررسی در مواجهه با مقادیر مختلف کم‌آبی کاهش تدریجی در سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای، میزان دی‌اکسیدکربن زیر روزنه و محتوی نسبی آب از خود نشان دادند که در این میان رقم رباب نی‌ریز به دلیل بهتر عمل کردن و نشان دادن پایداری بیشتر نسبت به رقم نادری با درود تحمل بیشتری از خود نشان داد.

طبق نظر هیجین<sup>۱</sup> و همکاران (1992)، گونه‌های گیاهی که میزان فتوسنتز بالاتری در شرایط مساعد دارند زمانی که در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند میزان فتوسنتز در آن‌ها به سرعت کاهش نشان می‌دهد. این گونه‌ها به‌عنوان گونه‌های ناموفق در مواجهه با تنش خشکی معرفی می‌شوند. همچنین گونه‌هایی که دارای کاهش تدریجی سرعت فتوسنتز هستند جزء ارقام تحمل‌کننده کم‌آبی می‌باشند. یکی از ابتدایی‌ترین پاسخ‌های گیاهان به کمبود آب بسته شدن روزنه‌ها است که جریان دی‌اکسیدکربن را به کلروپلاست محدود می‌کند (مدرانو و همکاران، 2002). از عوامل موثر در کاهش فتوسنتز، بسته شدن روزنه‌ها در شرایط کمبود آب می‌باشد که کاهش هدایت روزنه‌ای، غلظت دی‌اکسیدکربن در فضای بین سلولی و در نهایت کاهش میزان فتوسنتز را به همراه دارد (مدرانو و همکاران، 2002). قادری و همکاران (۱۳۸۵) گزارش دادند که با افزایش تنش خشکی میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق در ارقام انگور مورد مطالعه کاهش ولی میزان دی‌اکسیدکربن

زیر روزنه با افزایش شدت تنش خشکی ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت.

بایستی توجه داشت که رابطه نزدیک بین فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای در ارقام انار مورد آزمایش نشان‌دهنده این مسئله است که هدایت روزنه‌ای یکی از عوامل مهم در تعیین میزان فتوسنتز در درخت انار است. در ارقام انار مورد آزمایش میزان تعرق با افزایش شدت تنش خشکی به‌طور معنی داری کاهش یافت. به‌طور کلی گیاهان در ابتدا سعی می‌کنند با بستن روزنه‌ها از خشکی پرهیز کنند. معمولاً کاهش هدایت روزنه‌ای با کاهش میزان تعرق همراه می‌باشد که این امر از کاهش بسیار آب برگ ممانعت کرده و یکی از اولین پاسخ‌های گیاهان برای جلوگیری از دست دادن آب می‌باشد.

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، ارقام مختلف انار از نظر محتوای نسبی آب برگ تفاوت معنی داری با یکدیگر داشتند. تنش خشکی باعث کاهش محتوی نسبی آب برگ ارقام انار مورد مطالعه شد. در ارقام رباب نی‌ریز و ملس یزدی تحت شرایط تنش خشکی کاهش کمتری در محتوی نسبی آب برگ مشاهده گردید، به طوری که این ارقام تحت شرایط تنش خشکی قادر به حفظ محتوی نسبی آب برگ بیشتری نسبت به سایر ارقام بودند و به عبارتی دیگر توانایی بالاتری در جذب و نگهداری آب داشتند. لازم به ذکر است که قابلیت بالاتر برای جذب آب از محیط ریشه یکی از مکانیسم‌های تحمل به تنش خشکی در ارقام انار می‌باشد. ارقامی که قادرند در شرایط کاهش میزان آب خاک، محتوی نسبی آب برگ بیشتری را حفظ نمایند مقاومت بیشتری در مقابل از دست دادن آب خواهند داشت. بنابراین با توجه به نتایج این تحقیق رقم رباب نی‌ریز با میانگین محتوی آب نسبی ۸۰٪ نسبت به سایر ارقام دارای مقاومت بیشتری به تنش خشکی بود و رقم نادری با درود با میانگین محتوی آب نسبی ۷۰/۵٪ به‌عنوان رقم حساس نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه معرفی می‌شود.

علت کاهش محتوی نسبی آب برگ در شرایط تنش خشکی آن است که در طول زمان تنش میزان تعرق بیش از جذب آب گیاه بوده و در نتیجه با به هم خوردن تعادل آبی گیاه محتوی نسبی آب برگ کاهش می‌یابد. کاهش محتوی نسبی آب برگ باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای برای ورود دی‌اکسیدکربن به مزوفیل برگ شده و در نهایت راندمان فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد (لاولور و کورنیک<sup>۲</sup>، 2002). براساس گزارش قادری و همکاران (۱۳۸۵) محتوی نسبی آب و



بر اساس نتایج به دست آمده از این پژوهش می توان نتیجه گیری کرد که به ترتیب ارقام رباب نی ریز و ملس یزد در مقایسه با سایر ارقام از نظر خصوصیات فیزیولوژیکی دارای تحمل بیشتری در برابر تنش خشکی بودند، لذا با توجه به وجود بحران کم آبی در کشور استفاده از این ارقام که دارای مقاومت بالاتری هستند در شرایط تنش خشکی پیشنهاد می گردد. لازم به ذکر است که در بین ارقام مورد بررسی رقم نادری بادرود بیشترین حساسیت را به تنش خشکی نشان داد و اردستانی مهولات، شیرین شهوار یزد و شیشه کپ مقاومت متوسطی به خشکی داشتند. با این حال در بیشتر شاخص های مورد ارزیابی رقم شیرین شهوار یزد تحمل بیشتری نسبت ارقام شیشه کپ فردوس و اردستانی مهولات نشان داد. همچنین بررسی برخی شاخص های فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه ای، دمای برگ، نشت الکترولیت های برگ و محتوای نسبی آب برگ می تواند به عنوان یک معیار خوب برای انتخاب ارقام متحمل به تنش خشکی مورد استفاده قرار گیرد.

پایداری غشای سلولی در شرایط تنش خشکی نسبت به تیمار شاهد در ارقام انگور مورد مطالعه کاهش یافت. در انگور تا زمانی که گیاه در معرض تنش خشکی شدید قرار نگرفته است محتوای نسبی آب به طور چشمگیری کاهش نمی یابد (فلاکساس و مدرانو<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲). لذا ارقامی که تحت تنش خشکی بتوانند محتوای نسبی آب اندام های خود را در سطح بالاتری نگه دارند می توانند به عنوان ارقام مقاومتر معرفی گردند. غلامی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۲) اثر تنش خشکی را در چهار رقم انجیر خوراکی مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند ارقام دیم اهواز و سبز استهبان که به عنوان ارقام مقاوم به تنش خشکی شناخته شدند، دارای محتوای نسبی آب بالاتری نسبت به ارقام حساس سیاه و شاه انجیر بودند. ربیعی (۱۳۹۱) نیز نتایج مشابهی را در بررسی تحمل به خشکی برخی از گونه های بادام گزارش کرد. ضخیم بودن کوتیکول یکی از عوامل مهم حفظ محتوای نسبی آب برگ است و ارقامی که برگ های آن ها از ضخامت کوتیکولی بیشتری برخوردار باشند، در شرایط خشکی مقدار آب بیشتری را در برگ های خود حفظ کرده و در برابر خشکی مقاوم تر می باشند (آرو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۱). محتوای نسبی آب بالاتر در برگ ها ممکن است از طریق قابلیت تنظیم اسمزی و یا توانایی ریشه در جذب آب حاصل شود (شالفلد<sup>۴</sup> و همکاران، ۱۹۸۸).

با توجه به نتایج این تحقیق یکی از مکانیسم های مهم درخت انار برای تحمل بیشتر تنش خشکی کاهش هدایت روزنه ای و افزایش مقاومت روزنه ای و در نهایت کاهش تعرق است که این امر باعث کاهش هدر روی آب در شرایط تنش می گردد. بدیهی است چنانچه تنش به مدت طولانی تری ادامه یابد باعث کاهش شدید راندمان فتوسنتزی و در نهایت کاهش رشد رویشی گیاه می گردد.

نتایج این بررسی نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی نشت الکترولیت ها از سلول های برگ ارقام انار مورد مطالعه به طور معنی داری افزایش یافت و بین ارقام انار از این نظر اختلاف معنی داری مشاهده گردید. بر این اساس ارقام انار رباب نی ریز و ملس یزدی که نشت الکترولیت کمتری در برگ های خود نسبت به ارقام اردستانی مهولات و نادری بادرود داشتند از تحمل بالاتری نسبت به تنش خشکی برخوردار بودند.

1. Flexas and medrano
2. Gholami
3. Arve
4. Schonfeld

## منابع

- ارجی، ع. و ارزانی، ک. (۱۳۸۲)، بررسی پاسخ‌های رشدی و تجمع پرولین در سه رقم زیتون بومی ایران به تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰(۲): ۹۱-۱۰۰.
- بهبزادی شهر بابکی، ح. (۱۳۷۷)، پراکندگی و تنوع ارقام انار در ایران. نشر آموزش کشاورزی کرج.
- بی‌نام، (۱۳۸۸)، آمارنامه کشاورزی ایران، نتایج طرح آمارگیری نمونه‌ای محصولات باغی. انتشارات وزارت جهاد کشاورزی.
- ربیعی جمکرانی، م. (۱۳۹۱)، ارزیابی تحمل به خشکی برخی گونه‌های بادام. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه بوعلی سینا. همدان.
- قادری، ن.، سی‌وسه‌مرده، ع. و شاهویی، س. ص. (۱۳۸۵)، بررسی اثر تنش خشکی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی در دو رقم انگور. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۷(۱): ۴۵-۵۵.
- کافی، م.، برزوئی، ا.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی، ع. و نباتی، ج. (۱۳۸۸)، فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: A Review on Morphological Characteristics and Pigments Composition. *Int. J. Agric. Biol.* 11: 100-105.
- Arve, L. E., Torre, S., Olsen, J. E., and Tanino, K. K. 2011. Stomatal responses to drought stress and air humidity. In: Shanker, A. (Ed.), *Abiotic stress in plants mechanisms and adaptations*. In Tech Publication, pp. 267-280.
- Colom, M. R. and Vazzana, C. 2003. Photosynthesis and PSII functionality of drought-resistant and drought-sensitive weeping love grass plants. *Environmental and Experimental Botany*. 49: 135-144.
- Flexas, J. and Medrano, H. 2002. Drought-inhibition of photosynthesis in 3C plants: Stomatal and Non Stomatal Limitation Revisited. *Annals of Botany*, 89:183-189.
- Genty, B., Briantais, J. M. and Vieira, J. B. 1987. Effects of drought on primary photosynthetic processes of cotton leaves. *Plant Physiol*, 83: 360-364. 6.
- Gholami, M., Rahemi, M. and Rastegar, S. 2012. Use of rapid screening methods for detecting drought tolerant cultivars of fig (*Ficus carica* L.). *Scientia Horticulturae* 143:7-14.
- Higgins, S., Larsen, E. E., Bendel, R. B., Radamker, G. K., Bassan, J. H., Bidlake, W. R. and Alwir, A. 1992. Comparative gas exchange characteristics of potted glasshouse grown almond, apple, fig, grape, olive, peach and Asian pear. *Scientia Horticulturae*, 52(4): 313-329.
- Hura, T., Hura, K., Grzesiak, M. and Rezepka, A. 2007. Effect of long-term drought stress on leaf gas exchange and fluorescence parameters in 3C and 4C plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 29:103-113.
- Jangpromma, N., Kitthaisong, S., Lomthaisong, K., Daduang, S., Jaisil, P. and Thammasirirak, S. 2010. A proteomics analysis of drought stress-responsive proteins as biomarker for drought-tolerant sugarcane cultivars. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 6(2): 89-102.
- Lawlor, D. W. and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant, Cell and Environment*, 25: 275-294.
- Medrano, H., Escolana, J. M., Bota, J., Gulias, J. and Flexas, J. 2002. Regulation of photosynthesis of 3C plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. *Annual Botany*, 88: 895-905
- Schonfeld, M. A., Johnson, R. C., Carver, B. F. and Mornhinweg, D. W. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Sciences*, 28: 526-531.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 2006. *Plant physiology*. Forth Edition. Sinauer Associates. Inc: Publishers Sunderland Massachusetts, P: 738.

## Effect of Drought Stress on Some Physiological Characteristics in Six Commercial Iranian Pomegranate (*Punica granatum* L.) Cultivars

Hassani Moghadam,<sup>1</sup> E., Esna-Ashari<sup>2\*</sup>, M. and Rezainejad<sup>3</sup>, A.

### Abstract

In order to study the effect of drought stress on some physiological characteristics in six Iranian pomegranate cultivars a factorial experiment was conducted based on a complete randomized design with three replications. Two factors including pomegranate cultivars (Rabab nyriz, Nadery badroud, Shyshah cap ferdous, Ardestany mahvelat, Malase yazd and Shirin shavar yazd) and irrigation levels (60% and 40% field capacity "the moderate and severe stresses, respectively" and 80% field capacity as "the control" was used and the plants were kept for six weeks. Some physiological characteristics including photosynthesis rate, evaporation rate, stomatal conductance, Intercellular CO<sub>2</sub> concentration, leaf temperature, relative water content and leaf ion leakage in fully developed leaves were then measured. All examined cultivars had similar responses to drought stress treatments, but the intensity of these responses was different in various cultivars. According to the ultimate results, Rabab nyriz and Malase Yazd cultivars were more tolerant to drought compared to the others tolerant cultivars. Furthermore, among the cultivars studied, 'Nadery badroud was so they have been suggested as sensitive cultivar to drought stress.

**Keywords:** Leaf gas exchange, leaf Ion Leakage, Photosynthesis rate, Intercellular CO<sub>2</sub> concentration, Relative water content

---

1. PhD student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

2. Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

3. Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khoramabad, Iran

\*: Corresponding author      Email: m.esnaashari@basu.ac.ir