مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۲ شماره ۴ صفحه های ۵۰۷ تا ۵۱۸ (۱۴۰۰)
مقاله پژوهشی

بررسی تغییرهای رشد و برخی ویژگی‌های زیست‌شیمیایی و فیزیولوژیک شش رقم انگور ایرانی زیر تنش خشکی[1]

Evaluation of Changes in Growth and Some Biochemical and Physiological Traits of Six Iranian Grape Cultivars under Drought Stress

سمیه بهرامی و احمد ارشادی[2*]

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تحمل به خشکی شش رقم انگور ایرانی در گلدان و با استفاده از آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور رقم (رطبی، رشه، چفته، بیدانه سفید، خلیلی و لعل) و تیمارهای رطوبتی ۴۰٪ آب در دسترس خاک (تنش) و ۸۰٪ آب در دسترس خاک (شاهد) بر پایه طرح به‌طورکامل تصادفی در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. زیر تنش خشکی، کمترین انباشت کربوهیدرات‌های محلول و پرولین (به ترتیب ۵۰/۳۶ و ۴/۲۵ میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ) و بالاترین شاخص حساسیت به تنش (میانگین ۲/۴۷) و کاهش رشد در رقم بیدانه سفید دیده شد. رقم چفته افزون بر رشد مطلوب در شرایط رطوبت بهینه به‌طور نسبی دارای شاخص حساسیت به تنش کمی بوده (میانگین ۰/۶۰) و متحمل‌ترین رقم به تنش خشکی بود. رقم خلیلی دارای بیشترین وزن و حجم ریشه در شرایط بهینه بود. این رقم اگرچه پس از بیدانه سفید دارای بالاترین شاخص حساسیت به تنش از نظر وزن خشک ریشه (۱/۲۴) و حجم ریشه (۱/۳۵) بود، اما در شرایط تنش نیز دارای وزن، حجم و تعداد ریشه مناسبی بود. رقم‌های رطبی و لعل دارای رشد به نسبت کمی در شرایط رطوبت بهینه بودند، اما در شرایط تنش نیز کاهش رشد چندانی پیدا نکردند. نتیجه‌های پژوهش حاضر نشان داد که برای معرفی گیاهان متحمل به خشکی افزون بر میزان رشد گیاهان در شرایط تنش باید شاخص حساسیت به تنش آن‌ها نیز مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تنظیم کننده‌های اسمزی، حجم ریشه، شاخص حساسیت به تنش، محتوای نسبی آب برگ.

مقدمه

انگور (*Vitis vinifera* L.) بیشتر در نواحی مدیترانه‌ای با تابستان‌های گرم و خشک پرورش می‌یابد، بیشتر این مناطق با بحران کمبود آب روبرو هستند (۹). کشت دیم انگور در برخی استان‌های کشور از جمله فارس، کردستان و خراسان شمالی رایج است. در این مناطق تاک‌های انگور در بخشی از رشد سالیانه، یعنی در تابستان که تبخیر و تعرق زیاد است، به‌شدت زیر تأثیر تنش خشکی و کمبود آب قرار می‌گیرند (۲۰). زیر تنش خشکی، سرعت فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای و میزان کلروفیل در دو رقم انگور رشه و خوشناو کاهش یافت که این کاهش در رقم خوشناو بیشتر بوده است (۱۸). بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک سه رقم انگور رشه، بیدانه قرمز و قزل اوزوم در سطوح مختلف رطوبت خاک نشان داد که طی تنش خشکی طول شاخه، تعداد برگ در بوته، وزن تازه برگ، وزن خشک شاخه و ریشه و محتوای نسبی آب برگ کاهش یافته، اما انباشت قندهای محلول و میزان پرولین در برگ گیاهان افزایش می‌یابد که این روند با افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی ارتباط مستقیم دارد (۳۱). کاهش کلروفیل برگ در شرایط کم آبی در بسیاری از درختان میوه از جمله سیب (۴) و انگور (۳) گزارش شده است. گیاهان متحمل راهبردهای مولکولی و فیزیولوژیکی مختلفی را برای مقابله با تنش خشکی به کار می‌گیرند (۳۸). برخی از

۱ – تاریخ دریافت: ۹۹/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۲۰
۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (Ershadi@basu.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.4.11.8]

رقم‌های انگور که پر رشد هستند، اگرچه تحمل اختصاصی به خشکی ندارند، اما می‌توانند در شرایط کم آبی نیز حد مناسبی از رشد را داشته باشند و به‌عنوان رقم‌های متحمل به خشکی به‌کار گرفته شوند (۳۴). یکی از روش‌های کارآمد برای مقابله با کم‌آبی استفاده از پایه‌های متحمل به خشکی است. پایه‌ها می‌توانند با بهبود محدودیت‌های ایجاد شده توسط ساختار آوندهای چوبی، روی بهره‌وری انتقال آب به شاخه‌ها مؤثر باشند. در انگور تاج گیاه با سیستم ریشه از نظر رشد در تعامل است و هرچه سیستم ریشه پایه بزرگ‌تر باشد منجر به تولید تاج بزرگ‌تر می‌شود (۴۵). بعضی از رقم‌های انگور ایرانی اگرچه محصول با کیفیت خیلی بالایی برای مصرف تازه‌خوری، فرآوری و یا صادرات ندارند، اما تنش خشکی را تحمل نموده و می‌توانند به‌عنوان پایه در نظر گرفته شده و یا در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرند (۳۴). با توجه به ژرم پلاسم غنی انگور در ایران می‌توان از رقم‌ها و نژادگان‌هایی که از پتانسیل ژنتیکی مطلوبی برخوردارند به عنوان پایه متحمل به خشکی برای رقم‌های تجاری استفاده نمود. در این پژوهش برخی از رقم‌های انگور که در مناطق مختلف کشور به صورت دیم و یا در شرایط کم آبیاری کشت می‌شوند در کنار رقم بیدانه سفید از نظر تحمل به تنش خشکی مقایسه شدند. هدف از پژوهش حاضر بررسی شاخص تحمل به خشکی این رقم‌ها با هدف کاربرد آتی آن‌ها به‌عنوان پایه است. در همین حال، برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی مرتبط با تحمل به خشکی در این رقم‌ها بررسی شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به صورت یک آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور، بر پایه طرح به‌طورکامل تصادفی و در سه تکرار در گلخانه پژوهشی گروه علوم باغبانی دانشگاه بوعلی‌سینا در سال ۱۳۹۸ انجام شد. فاکتور اول شامل رقم (رطبی، رشه، چفته، بیدانه، خلیلی و لعل) و فاکتور دوم تیمارهای رطوبتی در دو سطح ۴۰٪ آب در دسترس خاک (تنش) و ۸۰٪ آب در دسترس خاک (شاهد) بود. قلمه‌های ریشه‌دار شده انگور از ایستگاه تحقیقات انگور ملایر تهیه شده و به گلدان‌های ۱۵ لیتری حاوی خاک زراعی، ماسه و کود دامی پوسیده با نسبت ۱:۱:۳ منتقل شدند. تیمارهای رطوبتی پس از شش هفته در مرحله ۶ برگی شروع شده و به مدت سه ماه ادامه یافت. تنش خشکی به روش وزنی و به مدت سه ماه از خرداد ماه انجام شد. بوته‌ها در گلخانه با شرایط ۱۶ ساعت روز و ۸ ساعت شب و دمای ۲۶ تا ۳۰ درجه سلسیوس روز و ۱۸ تا ۲۲ درجه سلسیوس شب نگهداری شدند. روش اعمال تنش خشکی بدین صورت بود که ابتدا درصد رطوبت خاک در شرایط ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی خاک در آزمایشگاه تعیین شد، سپس میزان ٪۴۰ و ۸۰٪ آب در دسترس خاک محاسبه گردید. با مشخص کردن مقدار وزنی آب گلدان‌ها در شرایط ۴۰٪ و ۸۰٪ آب در دسترس خاک، وزن گلدان‌ها در هر یک از این تیمارها با ملاحظه وزن گلدان و نهال داخل آن تعیین شد. گلدان‌ها به‌صورت منظم توزین شده و بر اساس کاهش وزن آن‌ها، مقدار آب لازم افزوده شد تا محتوای آب در خاک گلدان‌ها در تیمارهای مختلف ثابت باقی بماند. پس از اجرای تیمار رطوبتی ویژگی‌های رویشی شامل طول شاخه اصلی، قطر تنه، فاصله میانگره، سطح برگ، وزن تازه و خشک شاخساره، وزن تازه و خشک ریشه، حجم ریشه، تعداد ریشه‌های اصلی (شمارش ریشه‌هایی با قطر بیشتر از ۲ میلی‌متر) و فرعی (شمارش ریشه‌هایی با قطر کمتر از ۲ میلی‌متر) با استفاده از روش Bloodworth و همکاران (۸)، میزان چوب پنبه‌ای شدن بافت ریشه با استفاده از روش رنگ‌آمیزی ساده با متیلن بلو و کارمن زاجی با استفاده از روش Jensen (۲۴) اندازه‌گیری شد.

شاخص حساسیت به تنش (Stress Susceptibility Index)

ارزیابی شاخص تحمل به خشکی رقم‌ها Stress Susceptibility Index (SSI) برای ویژگی‌های وزن تازه و خشک شاخساره و ریشه و حجم ریشه با استفاده از روش Fischer and Maurer (۱۵) انجام شد و از فرمول‌های زیر محاسبه شد.

$$SSI = \frac{1-\frac{Ys}{Yp}}{SI} \text{ ، } SI = 1 - \frac{\bar{Y}s}{\bar{Y}p}$$

که در آن، SI: شدت تنش (Stress Intensity)، $\bar{Y}s$: میانگین صفت در تمامی رقم‌ها در شرایط تنش، $\bar{Y}p$: میانگین صفت در تمام رقم‌ها در شرایط نرمال، Ys:.میانگین صفت در هر رقم زیر تنش خشکی، Yp: میانگین صفت در هر رقم در شرایط نرمال است.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.4.11.8]

محتوای نسبی آب برگ

محتوای نسبی آب برگ از روش Castillo (۱۰) اندازه‌گیری شد. سپس از فرمول زیر مقدار آن محاسبه شد.

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

(FW: وزن اولیه نمونه، TW: وزن آماس نمونه، DW: وزن خشک نمونه).

پرولین

تهیه عصاره و اندازه‌گیری پرولین آزاد برگ به روش Bates و همکاران (۶) با اندکی تغییر انجام شد. میزان جذب نور نمونه به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر (واریان، مدل کری-۱۰۰) در طول موج ۵۱۵ نانومتر و با استفاده از تولوئن به‌عنوان شاهد تعیین شد و در نهایت میزان پرولین نمونه‌های برگ بر اساس فرمول زیر برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ محاسبه گردید.

$$\text{پرولین} = \left[\frac{\text{عدد قرائت شده}(mg/l) \times \text{حجم نمونه}(ml)}{\text{وزن نمونه}(g) \times 1000}\right]$$

درصد نشت یونی

با استفاده از روش Lutts و همکاران (۳۰) اندازه‌گیری شد. درصد نشت یونی با استفاده از فرمول زیر به‌دست آمد.

$$EC = \frac{EC1}{EC2} \times 100$$

کلروفیل کل

برای سنجش میزان کلروفیل کل از روش Porra و همکاران (۳۶) استفاده شد. میزان جذب نور نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۴۶ و ۶۶۴ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد و غلظت کلروفیل با استفاده از فرمول‌های زیر ب رحسب میلی‌گرم در گرم وزن تازه بافت به دست آمد.

$$Chl\ (a+b) = (17.76A_{646.6} + 7.34A_{663.6}) \times V/1000 \times W$$

V: حجم نمونه (ml)، W: وزن نمونه (g)، $A_{464.6}$ و $A_{663.6}$: میزان جذب در طول موج‌های بیان شده.

کربوهیدرات‌های محلول کل

غلظت کربوهیدرات‌های محلول کل با استفاده از روش Lechasseur and Paquin (۳۵) اندازه‌گیری شد. برای این منظور، میزان جذب عصاره‌های به‌دست‌آمده با اسپکتروفتومتر (مدل واریان، کری-۱۰۰) در طول موج ۶۲۵ نانومتر خوانده شد. برای تعیین غلظت کربوهیدرات نمونه‌ها، استانداردها از گلوکز خالص با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه و همه مراحل آزمایش روی آن‌ها انجام شد و منحنی استاندارد آن تهیه شد. مقدار قندهای محلول بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ از رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{کربوهیدرات محلول} = \frac{\text{عدد قرائت شده} \times \text{حجم عصاره}\left(\frac{mg}{l}\right) (ml)}{\text{وزن نمونه} \times 1000\ (g)}$$

مالون‌دی‌آلدئید

غلظت مالون‌دی‌آلدئید با استفاده از روش Heath and Pacher (۲۲) به‌عنوان فرآورده نهایی پراکسید با اندازه‌گیری جذب در طول موج ۵۳۲ (A_{532}) خوانده شد. ماده مورد نظر برای جذب در این طول موج کمپلکس قرمز رنگ مالون‌دی‌آلدئید–تیو باربیتوریک اسید است. جذب بقیه رنگ‌های غیراختصاصی در طول موج ۶۰۰ نانومتر (A_{600}) اندازه‌گیری و از این مقدار کم شد. برای محاسبه غلظت مالون‌دی‌آلدئید از ضریب خاموشی ۱۵۵ استفاده شد و نتیجه‌های حاصل از اندازه‌گیری بر حسب نانومول برگرم وزن تازه بر اساس فرمول زیر محاسبه شد.

$$MDA = \frac{(A532 - A600)}{155 \times 1000}$$

جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت پذیرفت.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.4.11.8]

نتایج و بحث

ویژگی‌های رویشی

اثر تنش خشکی بر طول ساقه، طول میان‌گره، سطح برگ، وزن تازه و خشک شاخساره و ریشه و حجم ریشه در سطح یک درصد و بر قطر ساقه، تعداد ریشه اصلی و فرعی در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. رقم‌ها از نظر همه ویژگی‌های رویشی اندازه‌گیری شده با هم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد داشتند. برهمکنش رقم و تنش خشکی بر بیشتر ویژگی‌های ارزیابی‌شده در سطح یک درصد و بر وزن تازه ریشه و تعداد ریشه اصلی در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. طول ساقه رقم‌ها در شرایط بدون تنش متفاوت بود. بیشترین طول ساقه در رقم‌های خلیلی و بیدانه سفید (به ترتیب ۵۲/۲۰ و ۴۵/۷۳ سانتی‌متر) و کمترین مقدار آن در رطبی و لعل (به ترتیب ۳۳/۴۳ و ۳۳/۳۶ سانتی‌متر) مشاهده شد. با تنش خشکی طول ساقه کاهش یافت و بیشترین طول در رقم‌های خلیلی، رشه و چفته (به ترتیب ۲۸/۷۶، ۲۴/۸۳ و ۲۲/۹۰ سانتی‌متر) و کمترین در رقم بیدانه سفید (۱۱/۶۶ سانتی‌متر) دیده شد (جدول ۱). رقم‌ها از نظر قطر ساقه با هم تفاوت داشتند. تنش خشکی باعث کاهش قطر ساقه شد. بیشترین کاهش در قطر ساقه در شرایط تنش خشکی در رقم بیدانه سفید مشاهده شد (جدول ۱). رقم‌ها از نظر قطر ساقه و طول میان‌گره باهم تفاوت داشتند. تنش خشکی باعث کاهش قطر ساقه و طول میان‌گره شد. بیشترین کاهش در قطر ساقه در شرایط تنش خشکی در رقم بیدانه سفید (۴۱/۷۵٪) مشاهده شد (جدول ۱). به‌طور کلی، در شرایط عدم تنش رقم‌ها از نظر اندازه برگ باهم تفاوت زیادی داشتند. رقم‌های بیدانه سفید و چفته دارای بزرگ‌ترین (به ترتیب ۲۵/۵۸ و ۲۲/۲۳ سانتی‌متر مربع) و رطبی دارای کمترین (۱۰/۱۲ سانتی‌متر مربع) سطح برگ بودند. تنش خشکی منجر به کاهش اندازه برگ در همه رقم‌ها شد. البته، این کاهش سطح برگ در رقم بیدانه سفید بسیار کم (۹٪) و غیرمعنی‌دار بود، اما در رقم‌های چفته، رشه، لعل و خلیلی در شرایط تنش خشکی شدید بود. رقم رطبی که در شرایط عادی دارای کمترین اندازه برگ بود، در شرایط تنش خشکی کاهش چندانی (۱۸٪) در اندازه برگ نشان نداد (جدول ۱).

وزن تازه و خشک شاخساره در همه رقم‌ها در شرایط تنش خشکی کاهش یافت. بالاترین کاهش در وزن تازه شاخساره (۸۶٪) و وزن خشک شاخساره (۸۳٪) در رقم بیدانه سفید و کمترین کاهش در وزن تازه شاخساره در رقم‌های چفته و رطبی (به ترتیب ۴۳٪ و ۴۵٪) و کمترین کاهش در وزن خشک شاخساره در رقم‌های خلیلی و چفته (به ترتیب ۴۰٪ و ۴۳٪) دیده شد (جدول ۱). بیشترین وزن تازه ریشه در شرایط عادی در رقم‌های خلیلی (۲۰/۸۰ گرم) و چفته (۱۸/۸۵ گرم) و کمترین مقادیر آن در رقم‌های رطبی، بیدانه سفید و لعل (به ترتیب ۱۱/۱۶، ۱۱/۲۷ و ۱۲/۹۹ گرم) مشاهده شد. تنش خشکی منجر به کاهش جزئی و غیرمعنی‌دار وزن تازه ریشه در رقم‌های رشه، چفته، رطبی و لعل (به ترتیب ۲٪، ۴٪، ۴٪ و ۶٪) گردید. بیشترین کاهش وزن تازه ریشه (۶۸٪) در این شرایط در رقم بیدانه سفید مشاهده شد. رقم خلیلی اگرچه ۱۸٪ کاهش در وزن تازه ریشه در تنش خشکی نشان داد، اما در کنار چفته دارای بیشترین وزن تازه ریشه طی تنش خشکی بود (جدول ۱). رقم‌های خلیلی و رشه بیشترین وزن خشک ریشه را در شرایط عدم تنش داشتند. بیشترین کاهش در وزن خشک ریشه در شرایط تنش خشکی در رقم‌های بیدانه سفید (۸۰٪) و خلیلی (۵۸٪) و کمترین کاهش در رقم‌های چفته (۲۳٪) و لعل (۲۰٪) دیده شد (جدول ۱). بیشترین حجم ریشه در شرایط نرمال مربوط به رقم خلیلی و کمترین مقدار آن در رقم‌های رطبی و لعل دیده شد. رقم بیدانه سفید بیشترین کاهش در حجم ریشه (۶۰٪) و رقم‌های لعل (۱٪) و رطبی (۳٪) کمترین کاهش حجم ریشه را در شرایط تنش خشکی داشتند. اگرچه رقم‌های چفته و خلیلی دارای کاهش به‌نسبت بیشتری در حجم ریشه (به ترتیب ۱۳٪ و ۲۸٪) زیر تأثیر تنش خشکی بودند، اما بالاترین حجم ریشه در این شرایط مربوط به همین رقم‌ها (به ترتیب ۲۰/۳۳ و ۲۰/۱۶ سانتی‌متر مکعب) بود (جدول ۱). در شرایط نرمال کمترین تعداد ریشه اصلی مربوط به رقم‌های لعل، رطبی و بیدانه سفید بود. در شرایط تنش خشکی تعداد ریشه اصلی افزایش یافت و بیشترین تعداد مربوط به رقم‌های چفته، رشه و خلیلی (به ترتیب ۲۱/۸، ۱۹/۲ و ۱۸/۲) بود (جدول ۱). در شرایط نرمال رقم چفته با اختلاف به نسبت زیادی دارای بیشترین ریشه فرعی (۷۲/۳) بود که به دنبال آن رقم خلیلی (۴۶/۳) قرار داشت. تعداد ریشه فرعی در رقم‌های رشه و خلیلی در شرایط تنش خشکی افزایش معنی‌دار (به ترتیب ۴۴٪ و ۲۷٪) یافت، در رقم‌های رطبی، لعل و چفته دارای افزایش غیرمعنی‌دار (به ترتیب ۱۲٪، ۱۱٪ و ۴٪) بود و در رقم بیدانه سفید دچار کاهش قابل ملاحظه (۳۹٪) شد (جدول ۱).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.4.11.8]

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش خشکی و رقم روی برخی ویژگی‌های رشدی شش رقم انگور ایرانی.

Table 1. Mean comparison of interaction effect of drought stress and cultivar on some growth characteristics of six Iranian grape cultivars.

تیمار Treatment	رقم Cultivar	طول ساقه اصلی Main stem length (cm)	قطر ساقه اصلی Main stem diameter (mm)	طول میان‌گره Internode length (cm)	سطح برگ Leaf area (cm^2)	وزن تازه شاخساره Shoot fresh weight (g)	وزن خشک شاخساره Shoot dry weight (g)	وزن تازه ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	حجم ریشه Volume of root (cm^3)	تعداد ریشه اصلی Number of main root	تعداد ریشه فرعی Number of lateral root
Control 80% شاهد ۸۰٪	Khalili خلیلی	52.20 a†	3.83 b	4.39 a	13.39 bc	32.20 bcd	7.68 b	20.80 a	6.12 a	28 a	18.33 cd	46.33 cd
	Rashe رشه	44.23 b	4.86 a	3.44 cd	14.66 b	33.29 abc	7.95 ab	14.55 cd	5.39 ab	21.25 bcd	19.16 bcd	37.00 ef
	Rotabi رطبی	33.43 c	4.30 ab	2.11 e	10.12 cd	31.01 cd	8.04 ab	11.16 de	2.05 fg	17.62 d	13.83 d	36.83 ef
	Laal لعل	33.36 c	4.53 ab	2.27 e	12.55 bc	30.27 d	8.40 ab	12.99 de	2.36 f	18.16 cd	13.50 d	31.16 f
	Chafte چفته	40.63 b	4.56 ab	4.00 ab	22.23 a	34.20 ab	7.81 b	18.85 ab	4.51 bc	23.33 b	21.83 abc	72.33 a
	Bidaneh Sefid بیدانه سفید	45.73 ab	4.00 b	3.71 bc	25.58 a	35.75 a	8.65 a	11.27 de	4.28 cd	22.25 bc	22.16 abc	35.50 ef
Drought stress 40% تنش خشکی ۴۰٪	Khalili خلیلی	28.76 cd	3.83 b	3.39 cd	8.24 de	16.52 f	4.64 c	17.10 bc	2.54 ef	20.16 bcd	24.33 ab	58.83 b
	Rashe رشه	24.83 d	3.83 b	1.56 f	6.00 de	16.15 f	3.99 c	14.21 cde	3.45 de	19.00 bcd	24.33 ab	53.16 bc
	Rotabi رطبی	21.50 de	3.00 c	1.09 g	8.26 de	17.08 ef	4.24 c	10.70 e	1.32 gh	17.16 d	17.00 cd	41.33 de
	Laal لعل	14.66 ef	4.40 ab	1.12 g	5.76 e	15.98 f	4.75 c	12.23 de	1.87 fg	18.00 cd	18.16 cd	34.50 ef
	Chafte چفته	22.90 e	4.36 ab	3.01 d	6.72 de	19.40 e	4.46 c	18.15 ab	3.43 de	20.33 bcd	25.33 a	70.33 a
	Bidaneh Sefid بیدانه سفید	11.66 f	2.33 c	3.11 d	23.27 a	4.79 g	1.41 d	3.50 f	0.83 h	8.83 e	13.83 d	21.50 g

در هر ستون میانگین‌هایی با دستکم یک حرف مشترک، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

†In each column means followed by at least a same letter, are not significantly different at 5% probability level according to Duncan Multiple Range Test.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.4.11.8]

کاهش رشد یکی از نشانه‌های اصلی خسارت تنش خشکی است. کاهش رشد شاخساره در پایه‌های انگور متحمل به خشکی کمتر زیر تأثیر کاهش رطوبت خاک قرار می‌گیرد (۱۶). آتشکار و همکاران (۴) طی بررسی برخی پایه‌های سیب دریافتند که قطر تنه شاخص خوبی برای غربال پایه‌های حساس به تنش خشکی است. نتیجه‌های حاصل از بررسی اثر چهار سطح تنش خشکی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی سه رقم انگور نشان داد که با افزایش تنش خشکی ارتفاع بوته، وزن تازه و خشک شاخساره، وزن خشک ریشه و سطح برگ کاهش یافت، بیشترین کاهش در رقم بیدانه قرمز مشاهده شد (۵). گیاه برای رویارویی با تنش خشکی به سمت کاهش رشد، کاهش سطح برگ و تعداد برگ پیش می‌رود که خود منجر به کاهش وزن تازه شاخساره می‌شود (۲۹). در پژوهش حاضر، رقم بیدانه سفید کمتر از سایر رقم‌ها سطح برگ خود را طی تنش خشکی کاهش داد که همین می‌تواند به افزایش تعرق و هدررفت آب منجر شود. بررسی تحمل به خشکی در چهار پایه انگور نشان داد که پایه‌های متحمل طی تنش خشکی سطح برگ خود را به میزان بیشتری کاهش دادند. کاهش سطح برگ در پایه متحمل به خشکی 110R انگور بیشتر از پایه حساس 101-14Mgt بود (۱۶). کاهش سطح برگ در رقم‌های متحمل می‌تواند یکی از راه‌کارهای سازگار شدن با خشکی به شمار رود.

ریشه‌ها کمبود آب خاک را حس می‌کنند. طی تنش خشکی یاخته‌های ریشه از نظر رشد و تمایز واکنش نشان داده و پیام‌هایی را به شاخساره منتقل می‌کنند (۲۹). اگرچه کاهش رشد برگ و شاخساره یکی از نشانه‌های کمبود آب در انگور است (۳۹)، کاهش رشد ریشه کمتر گزارش شده است که همین منجر به افزایش نسبت ریشه به شاخساره شده و انتقال آب و مواد مغذی کافی به شاخه‌ها را تضمین می‌کند (۴۱). رقم‌های متحمل در شرایط تنش خشکی حجم زیادی از ریشه‌های جدید را در نواحی مرطوب خاک تولید می‌کنند (۲۹). با بررسی چهار پایه انگور زیر تنش خشکی مشاهده شد که پایه متحمل به خشکی 110R ریشه‌های اصلی و فرعی بیشتری نسبت به پایه حساس به خشکی 101-14Mgt تولید می‌کند (۱۶). این پژوهشگران گزارش کردند که تولید ریشه جدید طی تنش خشکی کاهش می‌یابد. بیشترین کاهش در پایه‌های حساس ریپاریا[۱] (۵۳٪) و 101-14Mgt (۴۵٪) دیده شد، اما در پایه متحمل به خشکی 110R کاهش معنی‌داری مشاهده نشد. با بررسی پایه‌های انگور گزارش شد که تعداد ریشه در پایه‌ی متحمل 110R نسبت به پایه‌های حساس 5BB و 41B به میزان کمتری زیر تنش خشکی کاهش یافته است. آن‌ها یک همبستگی مثبت بین حجم و تعداد ریشه با تحمل به خشکی گزارش کردند (۴۴).

تجزیه واریانس شاخص حساسیت به تنش در رقم‌های مختلف برای وزن تازه و خشک شاخساره و ریشه و حجم ریشه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین شاخص حساسیت به تنش از نظر وزن تازه و خشک شاخساره و وزن تازه ریشه (به ترتیب ۱/۵۹، ۱/۶۲ و ۴/۴۷) مربوط به رقم بیدانه سفید بود و سایر رقم‌ها با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. بیشترین شاخص حساسیت به تنش برای وزن خشک ریشه و حجم ریشه مربوط به رقم بیدانه سفید (به ترتیب ۱/۷۵ و ۲/۱۱) و به دنبال آن رقم خلیلی (به ترتیب ۱/۲۴ و ۱/۳۵) بود و بین سایر رقم‌ها تفاوت معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد (شکل ۱).

هرچقدر شاخص حساسیت به تنش بالاتر باشد، رشد گیاه در شرایط تنش در مقایسه با شرایط بهینه کاهش نسبی شدیدتری در مقایسه با سایر رقم‌ها نشان می‌دهد (۱۴). رسولی و گلمحمدی (۳۷) طی ارزیابی ۲۴ رقم انگور استان قزوین، گزارش نمودند که رقم چفته با کمترین مقدار شاخص حساسیت به تنش خشکی، تحمل بیشتری نسبت به خشکی داشت. در پژوهش حاضر اگرچه رقم خلیلی پس از بیدانه سفید دارای بالاترین شاخص حساسیت به تنش از نظر وزن خشک و حجم ریشه بود، اما با توجه به وزن و حجم ریشه زیاد این رقم در شرایط عادی، در شرایط تنش نیز پس از چفته دومین رقم از نظر حجم ریشه و از نظر وزن خشک ریشه، پس از رشه و چفته سومین رقم بود.

چوب پنبه‌ای ریشه

در شرایط عدم تنش در رقم‌های چفته، لعل، رطبی، خلیلی و رشه لایه چوب پنبه‌ای در ریشه مشاهده نشد (شکل ۲- ب۲، پ۲، ت۲، ث۲ و ج۲) زیر تنش خشکی چوب پنبه‌ای شدن ریشه در رقم‌ها با الگوی متفاوتی صورت گرفت. بیشترین میزان چوب پنبه‌ای شدن در رقم بیدانه سفید مشاهده شد (شکل ۲- الف۱) و رقم‌های چفته و رشه میزان کمتری از چوب پنبه‌ای شدن ریشه را در شرایط خشکی نشان دادند (شکل ۲- ب۱ و ت۱).

۱- Riparia

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.4.11.8]

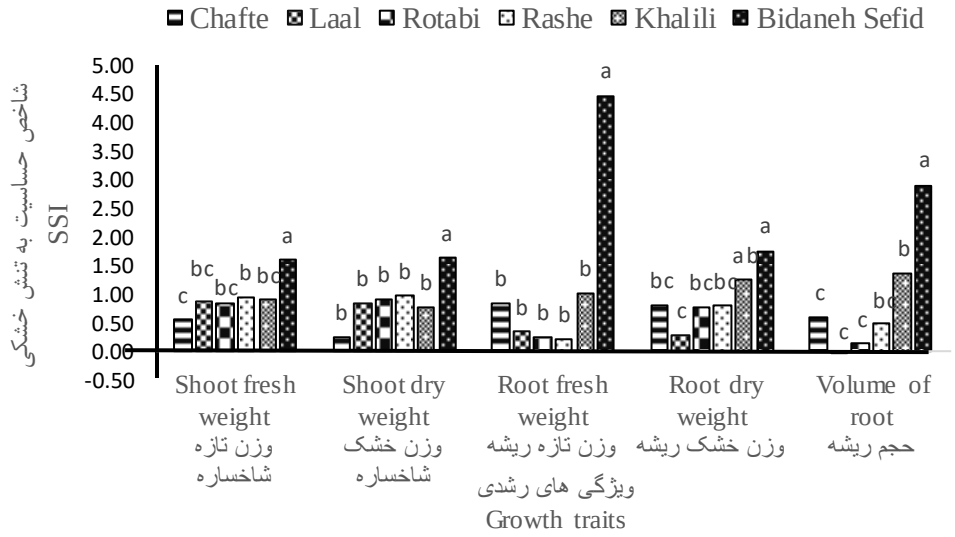


Fig. 1. Mean comparison of stress susceptibility index of grape cultivars based on some morphological traits.

شکل ۱- مقایسه میانگین میزان شاخص حساسیت به تنش رقم‌های انگور بر اساس برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی.

چوب پنبه‌ای شدن بیشتر در دیواره یاخته‌ای ریشه‌ها زیر تنش خشکی رخ می‌دهد. ریشه نژادگان‌های حساس به خشکی زودتر و بیشتر چوب پنبه‌ای می‌شوند. چوب پنبه‌ای شدن برون پوست ریشه یک پاسخ رایج به کمبود آب برای بسیاری از گونه‌های چوبی و یک‌ساله است (۱۱). افزایش چوب پنبه‌ای شدن در هر دو لایه درونی و بیرونی دیواره یاخته‌ای ریشه در پاسخ به تنش خشکی در انگور (۴۲) و کیوی (۴۳) گزارش شده است. در انگور شروع چوب پنبه‌ای شدن در ناحیه ریشه بالغ اتفاق می‌افتد که منجر به یک کاهش هدایت هیدرولیکی در ریشه نازک و کاهش در جذب آب در شرایط خشکی می‌شود (۱۷). ممانعت از جذب آب ناشی از چوب پنبه‌ای شدن در نوک ریشه در دو پایه انگور بررسی شد و میزان چوب پنبه‌ای شدن در پایه حساس به خشکی 101-14Mgt نسبت به پایه متحمل 110R بیشتر بود (۴۵).

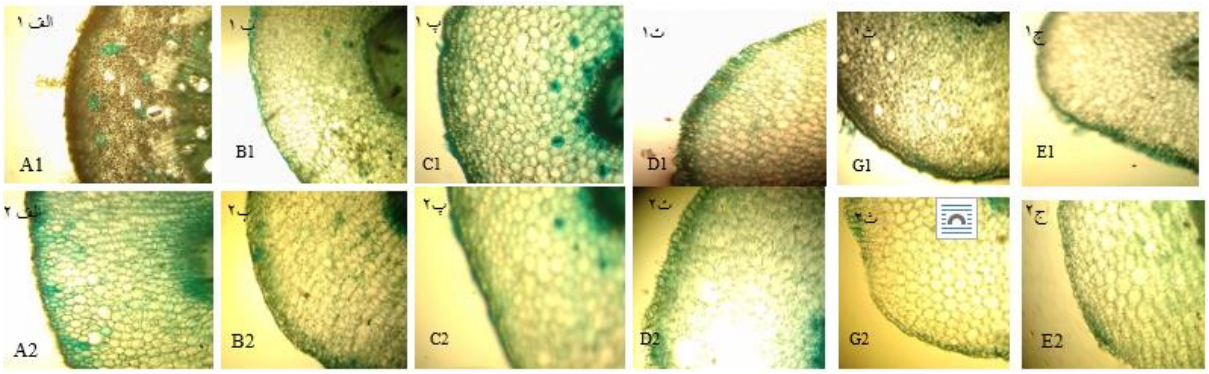


Fig. 2. Root suberinization under drought (1) and normal conditions (2). A, B, C, D, G, and E are Bidaneh Sefid, Chafte, Khalili, Rashe, Rotabi and Laal cultivars, respectively.

شکل ۲- میزان چوب پنبه‌ای شدن ریشه زیر تنش خشکی (۱) و در شرایط نرمال (۲). الف، ب، پ، ت، ث، و ج به ترتیب رقم‌های بیدانه سفید، چفته، خلیلی، رشه، رطبی و لعل هستند.

کربوهیدرات‌های محلول کل

اثر رقم، تنش خشکی و برهمکنش آن‌ها بر غلظت کربوهیدرات‌های محلول در سطح یک درصد معنی‌دار شد. در شرایط تنش خشکی، بیشترین افزایش در غلظت قندهای محلول در رقم‌های خلیلی (۵۰٪)، رشه (۳۳٪) و رطبی (۲۹٪) و کمترین افزایش

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.4.11.8]

در رقم بیدانه سفید (۱۰٪) مشاهده شد. رقم‌های چفته و لعل دارای غلظت بالایی از قندهای محلول در شرایط آبیاری عادی بودند، اما افزایش قابل توجهی (به ترتیب ۱۸٪ و ۱۳٪) در قندهای محلول در شرایط تنش نشان ندادند (جدول ۲). افزایش قندهای محلول در اثر تنش خشکی جهت تنظیم اسمزی و برای تداوم در جذب آب توسط گیاه صورت می‌گیرد. تجمع قندهای محلول در گیاه با توانایی گیاه در تحمل تنش خشکی رابطه نزدیکی دارد (۷). طی تنش خشکی با وجود کاهش در فتوسنتز، نشاسته بیشتری به قند تبدیل می‌شود که منجر به افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول می‌گردد (۲۵). در شرایط تنش خشکی، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین غلظت کربوهیدرات‌های محلول با وزن تازه شاخساره ($r = ۰/۷۶, P \leq ٪۱$) و وزن تازه ریشه ($r = ۰/۴۲, P \leq ٪۵$) مشاهده شد و بوته‌هایی که انباشت بیشتری از کربوهیدرات‌های محلول در برگ داشتند دارای رشد بیشتری در شرایط تنش بودند.

پرولین

اثر رقم، تنش خشکی و همچنین برهمکنش آن‌ها بر غلظت پرولین در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. در شرایط عدم تنش، اختلاف جزئی بین رقم‌ها از نظر غلظت پرولین مشاهده شد. تنش خشکی باعث افزایش غلظت پرولین برگ شد. رقم‌های رشه، چفته و رطبی (به ترتیب ۱۱/۹۵، ۱۱/۲۰ و ۱۱/۱۹ میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ) دارای بالاترین و بیدانه سفید (۴/۲۵ میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ) دارای کمترین غلظت پرولین در شرایط تنش خشکی بودند. رقم‌های لعل و خلیلی حد واسط این دو گروه قرار داشتند (جدول ۲).

در پژوهش حاضر رقم‌های بیدانه و خلیلی، کمترین افزایش نسبی در پرولین را طی تنش خشکی داشتند. بررسی غلظت پرولین در چهار رقم انگور (چفته، عسکری، خلیلی و پرلت) نشان داد که در شرایط خشکی، بیشترین افزایش غلظت پرولین (۳۸/۶٪) در رقم عسکری بوده که بعد از آن رقم‌های خلیلی و چفته قرار گرفتند و کمترین افزایش در رقم پرلت مشاهده شد (۲). طی تنش خشکی تجمع پرولین در بخش‌های مختلف گیاه به‌ویژه در برگ‌ها افزایش می‌یابد (۳۱). پرولین در حفظ فشار اسمزی و آنزیم‌های سیتوپلاسمی نقش عمده‌ای دارد و با حذف رادیکال‌های آزاد به ثبات ساختاری یاخته‌ای کمک نموده و مانع از آسیب رسیدن به غشا یاخته‌ای می‌شود (۲۷). افزایش غلظت پرولین به احتمال ناشی از ساخت پرولین، کاهش اکسید شدن پرولین و یا حتی افزایش تجزیه پروتئین‌ها است (۲۷). تجمع پرولین با اینکه در رقم‌های متحمل به خشکی زیتون با تأخیر صورت می‌گیرد، اما میزان آن در برگ رقم‌های متحمل بیش‌تر از رقم‌های حساس به خشکی است (۱۲). در شرایط تنش خشکی، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین غلظت پرولین با وزن تازه شاخساره ($r = ۰/۸۵ \quad , p \leq ٪۱$) و وزن تازه ریشه ($r = ۰/۶۰ , p \leq ٪۱$) مشاهده شد. رقم‌های رشه، چفته و رطبی که دارای انباشت بالای پرولین در برگ بودند، توانستند تنش خشکی را بهتر تحمل نمایند.

کلروفیل کل

اثر رقم، تنش خشکی و برهمکنش آن‌ها بر غلظت کلروفیل کل در سطح یک درصد معنی‌دار شد. تنش خشکی منجر به کاهش غلظت کلروفیل کل شد. بیشترین کاهش در کلروفیل کل در رقم بیدانه سفید (۶۰/۲٪) مشاهده شد. رقم‌های لعل، چفته و رطبی اگرچه دارای کمترین غلظت کلروفیل در شرایط نرمال بودند، اما طی تنش خشکی کمترین کاهش در کلروفیل (به ترتیب ۲۴/۴٪، ۲۴/۱٪ و ۳۴٪) در این رقم‌ها مشاهده شد. رقم‌های رشه (۴۵٪) و خلیلی (۴۱٪) در شرایط تنش کاهش متوسطی در غلظت کلروفیل کل داشتند (جدول ۲). به‌طور کلی تنش خشکی، منجر به کاهش ساخت کلروفیل در برگ شد (۱۱، ۳۱). کاهش در میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی می‌تواند ناشی از رقابت بین ساخت پرولین و کلروفیل باشد؛ چرا که هر دو این‌ها از پیش ماده گلوتامین تولید می‌شوند (۳۱). طی بررسی دو رقم انگور رشه و خوشناو زیر تیمار تنش خشکی گزارش شد که میزان کاهش کلروفیل کل در رقم رشه که به‌عنوان یک رقم متحمل به خشکی محسوب شده است نسبت به رقم خوشناو کمتر بود (۱۸). بررسی تنش خشکی در چهار رقم انگور نشان داد که در شرایط تنش، بیشترین میزان کلروفیل کل در رقم چفته با ۱/۶۶ میلی‌گرم در گرم وزن بافت تازه و کمترین میزان آن در رقم پرلت با ۱/۴۴ میلی‌گرم در گرم وزن بافت تازه مشاهده شد (۲).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.4.11.8]

نشت یونی و مالون‌دی‌آلدئید

اثر رقم، تنش خشکی و برهمکنش آن‌ها بر درصد نشت یونی و غلظت مالون‌دی‌آلدئید در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. در شرایط عدم تنش رقم‌ها از نظر نشت یونی تفاوت قابل توجهی نداشتند. نشت یونی برگ در همه رقم‌ها زیر تأثیر تنش خشکی افزایش یافت. بیشترین افزایش در نشت یونی در رقم بیدانه سفید (۱۲۹٪) مشاهده شد و کمترین افزایش نشت مربوط به رقم رطبی (۲۱٪) بود که با چفته و رشه اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۲).

غلظت مالون‌دی‌آلدئید زیر تأثیر تنش خشکی افزایش یافت. بیشترین غلظت مالون‌دی‌آلدئید در رقم بیدانه سفید (۵/۶۵ نانومول در گرم وزن تازه) و به دنبال آن در رقم خلیلی (۳/۲۰ نانومول در گرم وزن تازه برگ) مشاهده شد. رقم‌های چفته، لعل و رطبی کمترین پراکسیداسیون غشاء را زیر تنش خشکی داشتند (جدول ۲).

مالون‌دی‌آلدئید یک محصول ثانویه است که در اثر پراکسیداسیون لیپیدهای غشا به وجود می‌آید و اندازه‌گیری این ترکیب در گیاه یکی از روش‌های معمول جهت برآورد میزان خسارت وارد شده به غشاها در اثر پراکسیداسیون است (۳۲). مالون‌دی‌آلدئید به‌عنوان یک شناسه زیستی برای ارزیابی پراکسیداسیون چربی‌ها طی تنش‌های اکسایشی به‌کار گرفته می‌شود و به‌عنوان شاخص تعیین کننده شدت تخریب چربی‌ها در شرایط تنش شناخته می‌شود (۱۹). اندازه‌گیری غلظت مالون‌دی‌آلدئید می‌تواند به تعیین میزان حساسیت یا مقاومت گیاه به تنش کمک کند (۳۳). طی بررسی واکنش‌های فیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی برخی رقم‌های انگور زیر تنش خشکی مشاهده شد که با افزایش شدت تنش خشکی، تجمع بیشتری از مالون‌دی‌آلدئید در رقم بیدانه سفید نسبت به رقم‌های چفته و یاقوتی صورت گرفته است (۴۰). همبستگی منفی و معنی‌داری بین غلظت مالون‌دی‌آلدئید با وزن تازه شاخساره ($r = -۰/۹۳$, $p \leq ٪۱$) و ریشه ($r = -۰/۷۴$, $p \leq ٪۱$) مشاهده شد. همچنین بین درصد نشت یونی با وزن تازه شاخساره ($r = -۰/۹۵$, $p \leq ٪۱$) و ریشه ($r = -۰/۷۵$, $p \leq ٪۱$) همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری که رقم بیدانه سفید دارای بیشترین درصد نشت یونی و غلظت مالون‌دی‌آلدئید زیر تنش خشکی بوده و کمترین وزن تازه شاخساره و ریشه را در این شرایط داشت.

فن ارزیابی نشت الکترولیتی به دلیل ساده و ارزان بودن و همچنین قابل تکرار بودن، به‌عنوان یکی از مناسب‌ترین معیارهای ارزیابی تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی شناخته شده است (۱). یکی از خسارت‌های جدی تنش خشکی آسیب به غشای سلولی و آزاد شدن یون‌ها به فضای بین یاخته‌ای است (۲۱). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین غلظت مالون‌دی‌آلدئید و درصد نشت یونی ($r = ۰/۹۶$, $p \leq ٪۱$) زیر تنش خشکی مشاهده شد. تنش خشکی با افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها منجر به کاهش پایداری غشا و در نهایت افزایش نشت می‌شود که اندازه‌گیری میزان نشت یونی راهی برای تعیین میزان آسیب به غشای یاخته‌ای است (۲۸). طی بررسی دو رقم انگور خوشناو و بیدانه سفید زیر تنش خشکی مشاهده شد که پایداری غشاء در هر دو رقم کاهش یافت و کاهش در پایداری غشاء در رقم بیدانه سفید بیشتر از رقم خوشناو بود (۲۶).

محتوای نسبی آب برگ

اثر رقم و تنش خشکی بر محتوای نسبی آب برگ در سطح یک درصد و برهمکنش آن‌ها در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. در شرایط عدم تنش تفاوت رقم‌ها از نظر محتوای نسبی آب برگ جزئی و غیر معنی‌دار بود. محتوای نسبی آب برگ زیر تأثیر تنش خشکی کاهش یافت. رقم‌های انگور واکنش‌های متفاوتی از خود نشان دادند. کمترین محتوای نسبی آب برگ زیر تنش خشکی متعلق به رقم بیدانه سفید (۶۹/۶۴٪) بود و بین سایر رقم‌ها تفاوت معنی‌داری دیده نشد (جدول ۲). در شرایط تنش خشکی، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین محتوای نسبی آب برگ با وزن تازه شاخساره ($r = ۰/۹۳$, $p \leq ٪۱$) و وزن تازه ریشه ($r = ۰/۴۷$, $p \leq ٪۱$) مشاهده شد و بوته‌هایی که محتوای نسبی آب برگ بیشتری داشتند دارای رشد بیشتری در شرایط تنش بودند.

از شاخص‌های مهم در رابطه با تنش خشکی می‌توان به محتوای نسبی آب برگ اشاره کرد که همبستگی خوبی با تحمل به خشکی دارد. کاهش در محتوای نسبی آب برگ طی تنش خشکی منجر به برخی تغییرها مثل افزایش نفوذپذیری غشای پلاسمایی و کاهش ویژگی تراوایی انتخابی در غشای یاخته‌ای می‌شود که خود می‌تواند منجر به افزایش نشت یونی یاخته شود (۲۳). بر اساس مطالعه‌های صورت گرفته، محتوای نسبی آب برگ با هدایت روزنه‌ای همبستگی بالایی دارد (۲۵). کاهش محتوای نسبی آب برگ طی تنش خشکی یک امر معمول است و گیاهان متحمل به خشکی توانایی بالاتری در حفظ محتوای نسبی آب

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.4.11.8]

برگ در شرایط خشکی دارند (۱۳). بررسی تنش خشکی در رقم‌های بیدانه سفید، چفته و یاقوتی نشان داد که با افزایش سطوح تنش خشکی، محتوای نسبی آب برگ در هر سه رقم کاهش یافته است. بالاترین کاهش در رقم بیدانه سفید و کمترین کاهش در رقم چفته مشاهده شد (۴۰).

جدول ۲- مقایسه میانگین برهمکنش تنش خشکی و رقم بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی شش رقم انگور ایرانی.

Table 2. Mean comparison of interaction effect of drought stress and cultivar on some physiological and biochemical characteristics of six Iranian grape cultivars.

تیمار Treatment	رقم Cultivar	کربوهیدرات‌های محلول Soluble carbohydrates (mg g^{-1} FW)	پرولین Proline (mg g^{-1} FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g^{-1})	نشت یونی Ion leakage (%)	مالون‌دی‌آلدئید Malon dialdehyde (nmol g^{-1} FW)	محتوای نسبی آب برگ Leaf RWC (%)
Control 80% شاهد ۸۰٪	خلیلی Khalili	41.84 g	4.3 d	1.17 a	16.89 d	1.71 g	90.12 ab
	رشه Rashe	51.39 ef	3.55d e	1.29 a	17.48 d	2.37 def	88.61 ab
	رطبی Rotabi	56.08 de	3.94d e	0.94 b	18.63 d	1.76 g	91.86 a
	لعل Laal	61.96 cd	3.93d e	0.86 bc	18.14 d	2.27 ef	88.23 ab
	چفته Chafte	56.27 de	3.88d e	0.87 bc	15.32 d	1.84 g	90.57 a
	بیدانه سفید Bidaneh Sefid	45.43 fg	3.14 e	1.18 a	16.39 d	2.07 fg	86.79 ab
Drought stress 40% تنش خشکی ۴۰٪	خلیلی Khalili	62.89 bc	7.92 c	0.69 cd	25.16 bc	3.20 b	78.08 c
	رشه Rashe	68.78 ab	11.95 a	0.71 cd	24.19 bc	2.95 bc	78.13 c
	رطبی Rotabi	72.63 a	11.19 a	0.62 de	22.68 c	2.59 cde	79.50 c
	لعل Laal	70.34 a	9.89 b	0.64 de	25.45 b	2.69 cd	78.17 c
	چفته Chafte	66.44 abc	11.20 a	0.66 de	23.99 bc	2.70 cd	79.98 c
	بیدانه سفید Bidaneh Sefid	50.36 ef	4.25 d	0.47 e	37.65 a	5.65 a	69.64 d

در هر ستون میانگین‌هایی با دستکم یک حرف مشترک، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

†In each column means followed by at least a same letter, are not significantly different at 5% probability level according to Duncan Multiple Range Test.

نتیجه‌گیری

غلظت تنظیم کننده‌های اسمزی در شرایط تنش خشکی افزایش یافت. کمترین افزایش در غلظت کربوهیدرات‌های محلول و پرولین در بیدانه سفید و خلیلی دیده شد. تنش خشکی منجر به چوب پنبه‌ای شدن ریشه‌ها و کاهش رشد ریشه و شاخساره شد. رقم بیدانه سفید دارای بیشترین شاخص حساسیت به تنش خشکی بود. رقم خلیلی در شرایط بهینه، دارای بیشترین وزن تازه و خشک ریشه و حجم ریشه بود. این رقم اگرچه پس از بیدانه سفید دارای بیشترین شاخص حساسیت به تنش از نظر وزن خشک ریشه و حجم ریشه بود، اما زیر تنش خشکی نیز به‌طور نسبی دارای وزن تازه و خشک و حجم ریشه زیادی بود. رقم چفته دارای رشد زیادی در شرایط بهینه بود و از طرفی شاخص‌های حساسیت به تنش در این رقم به‌طور نسبی پایین بود و به‌عنوان یک رقم متحمل و امیدبخش برای بررسی‌های بیشتر جهت معرفی به‌عنوان پایه در نظر گرفته

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.4.11.8]

می‌شود. رقم‌های رطبی و لعل اگرچه تحمل نسبی خوبی به تنش خشکی دارند، اما دارای رشد به‌نسبت کمی هم در شرایط بهینه و هم زیر تنش بودند. نتیجه‌های پژوهش حاضر نشان داد که برای بررسی رقم‌ها و پایه‌های متحمل به خشکی افزون بر شاخص حساسیت به تنش می‌بایست میزان رشد آن‌ها در شرایط تنش خشکی مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از معاونت پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا به خاطر تأمین هزینه انجام این پژوهش در قالب رساله دکتری و همچنین از گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی به خاطر همکاری در انجام این پژوهش، کمال قدردانی و تشکر را به عمل می‌آورند.

منابع References

1. Arvin, M. and D. Donnelly. 2008. Screening potato cultivars and wild species to abiotic stresses using an electrolyte leakage bioassay. J. Agr. Sci. Technol. 10(1): 33-42.
2. Asadi, W., M. Rasouli, M. Gholami, and M. Maleki. 2018. Study of some morphological and physiological traits of four varieties grapes (*Vitis vinifera* L.) under water stress. Iran. J. Hort. Sci. 48(4): 977-990. (In Persian).
3. Asghariakia, J. 2017. Study of some physiological characteristics in five grape cultivars under drought stress conditions. Master thesis in Horticulture. Faculty of Agriculture Saba Institute of Higher Education. 87 p. (In Persian).
4. Atashkar, D., A. Ershadi, M. Taheri, and H. Abdollahi. 2019. Screening for drought tolerance in some hybrid apple rootstocks based on photosynthesis characteristics. Iran. J. Hort. Sci. 49:1013-1024.
5. Azizi, H., R. Jalilimarandi, A. Hasani, and H. Dolati Bane. 2009. Effect of drought stress on some morphological and physiological characters of three grapevine cultivar. Proc. in Proceedings of 6th Iranian Horticultural science Congress, University of Guilan, Rasht, Iran.
6. Bates, L. S., R. P. Waldren, and I. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant. Soil. 39(1): 205-207.
7. Bertamini, M., L. Zulini, K. Muthuchelian, and N. Nedunchezhian. 2006. Effect of water deficit on photosynthetic and other physiological responses in grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) plants. Photosynthetica. 44(1):151-154.
8. Bloodworth, M., C. Burleson, and W. Cowley. 1958. Root Distribution of Some Irrigated Crops Using Undisrupted Soil Cores 1. Agron. J. 50(6):317-320.
9. Carvalho, L. C., P. Vidigal, and S. Amâncio. 2015. Oxidative stress homeostasis in grapevine (*Vitis vinifera* L.). Front. Environ. Sci. 3(20): 1-15.
10. Castillo, F. 1996. Antioxidative protection in the inducible CAM plant Sedum album L. following the imposition of severe water stress and recovery. Oecologia J. 107(4):469-477.
11. Comas, L., S. Becker, V. M. V. Cruz, P. F. Byrne, and D. A. Dierig. 2013. Root traits contributing to plant productivity under drought. Front. Plant Sci. 4: 1-16.
12. Ennajeh, M., A. Vadel, H. Khemira, M. Ben Mimoun, and R. Hellali. 2006. Defense mechanisms against water deficit in two olive (*Olea europaea* L.) cultivars 'Meski'and 'Chemlali'. J. Hort. Sci. Biotechnol. 81(1): 99-104.
13. Faraloni, C., I. Cutino, R. Petruccelli, A. Leva, S. Lazzeri, and G. Torzillo. 2011. Chlorophyll fluorescence technique as a rapid tool for in vitro screening of olive cultivars (*Olea europaea* L.) tolerant to drought stress. Environ Exp. Bot. 73: 49-56.
14. Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proc. International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress, 257-270.
15. Fischer, R. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29(5): 897-912.
16. Fort, K., J. Fraga, D. Grossi, and M. A. Walker. 2017. Early measures of drought tolerance in four grape rootstocks. Am. Soc. Hort. Sci. 142(1): 36-46.
17. Gambetta, G., C. Manuck, S. Drucker, T. Shaghasi, K. Fort, M. Matthews, M. Walker, and A. Mcelrone. 2012. The relationship between root hydraulics and scion vigour across Vitis rootstocks: what role do root aquaporins play?. J. Exp. Bot. 63(18): 6445-6455.
18. Ghaderi, N., A. Siosemardeh, and S. Shahoei. 2005. The effect of water stress on some physiological characteristics in'rashe'and'khoshnave'grape cultivars. Aust. J. Grape Wine Res. 754: 317-322.
19. Gunes, A., D. J. Pilbeam, A. Inal, and S. Coban. 2008. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: Growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 39(13-14): 1885-1903.
20. Haddadinejad, M., A. Ebadi, M. Moghaddam, and M. Nejatian. 2013. Primary morphological screening of 698 grapevine genotypes to select drougth tolerant rootstocks. Iran. J. Hort. Sci. 44(2): 193-207. (In Persian).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.4.11.8]

21. Halliwell, B. and J. Gutteridge. 1984. Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease. Biochem. 219(1): 1-14.
22. Heath, R. L. and L. Packer. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Arch. Biochem. Biophys. 125(1): 189-198.
23. Hura, T., K. Hura, M. Grzesiak, and A. Rzepka. 2007. Effect of long-term drought stress on leaf gas exchange and fluorescence parameters in C 3 and C 4 plants. Arch. Biochem. Biophys. 125(1): 189-198.
24. Jensen, W. A. 1962. Botanical histochemistry: principles and practice. Freeman Publisher, USA. P 408.
25. Kantar, M., S. J. Lucas, and H. Budak. 2011. Drought stress: molecular genetics and genomics approaches. Adv. Bot. Res. 57: 445-493.
26. Karami, L., N. Ghaderi, and T. Javadi. 2017. Morphological and physiological responses of grapevine (*Vitis vinifera* L.) to drought stress and dust pollution. Folia Hort. 29(2): 231-240.
27. Kishor, P. K., S. Sangam, R. Amrutha, P. S. Laxmi, K. Naidu, K. S. Rao, S. Rao, K. Reddy, P. Theriappan, and N. Sreenivasulu. 2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. Curr. Sci. 424-238.
28. Liu, J., X. Xie, J. Du, J. Sun, and X. Bai. 2008. Effects of simultaneous drought and heat stress on Kentucky bluegrass. Sci. Hort. 115(2): 190-195.
29. Lovisolo, C., I. Perrone, A. Carra, A. Ferrandino, J. Flexas, H. Medrano, and A. Schubert. 2010. Drought-induced changes in development and function of grapevine (*Vitis* spp.) organs and in their hydraulic and non-hydraulic interactions at the whole-plant level: a physiological and molecular update. Funct. Plant Biol. 37(2): 98-116.
30. Lutts, S., J. Kinet, and J. Bouharmont. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Ann. Bot. 78(3): 389-398.
31. Marandi, R., A. Hassani, H. Baneh, H. Azizi, and R. Taghiloo. 2011. Effect of different levels of soil moisture on the morphological and physiological characteristics of three grape cultivars (*Vitis vinifera* L.). Iran. J. Hort. Sci. 42(1): 31-40.
32. Mehri, H., C. Ghobadi, B. Baninasab, P. Ehsanzadeh, and M. Gholami. 2015. Evaluation of some physiological and morphological responses of four Iranian grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars to drought stress under in vitro conditions. J. Plant Proc. Func. 3(10): 115-126. (In Persian).
33. Mhamdi, A., G. Queval, S. Chaouch, S. Vanderauwera, F. Van Breusegem, and G. Noctor. 2010. Catalase function in plants: a focus on Arabidopsis mutants as stress-mimic models. J. Exp. Bot. 61(15): 4197-4220.
34. Nejatian, M. 2006. Collection and initial evaluation of grape cultivars in Qazvin province". Seedling and Seed Magazine. Iran. Seedl. Seed Mag. 22(3): 319-338. (In Persian).
35. Paquin, R.and P. Lechasseur. 1979. Observations sur une méthode de dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. Canad. J. Bot. 57(18): 1851-1854.
36. Porra, R. J. 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. Photosyn. Res. 73(1): 149-156.
37. Rasouli, V. and M. Golmohammadi. 2009. Evaluation of Drought Stress Tolerance in Grapevine Cultivars of Qazvin Province. J. Seed Plant Improv. 25(2): 349-359.
38. Samarah, N. H. 2005. Effects of drought stress on growth and yield of barley. Agron. Sustain. Dev, 25(1): 145-149.
39. Schultz, H. R. and M. A. Matthews. 1988. Resistance to water transport in shoots of *Vitis vinifera* L.: relation to growth at low water potential. Plant Physiol. 88(3): 718-724.
40. Soukhtesaraee, R., A. Ebadi, S. A. Salami, and H. Lesani. 2017. Evaluation of oxidative parameters in three grapevine cultivars under drought stress. Iran. J. Hort. Sci. 48(1): 85-98.
41. Tramontini, S., M. Vitali, L. Centioni, A. Schubert, and C. Lovisolo. 2013. Rootstock control of scion response to water stress in grapevine. Environ Exp. Bot. 93: 20-26.
42. Vandeleur, R. K., G. Mayo, M. C. Shelden, M. Gilliham, B. N. Kaiser, and S. D. Tyerman. 2009. The role of plasma membrane intrinsic protein aquaporins in water transport through roots: diurnal and drought stress responses reveal different strategies between isohydric and anisohydric cultivars of grapevine. Plant Physiol. 149(1): 445-460.
43. Wei, X., W. Lu, L. Mao, X. Han, X. Wei, X. Zhao, M. Xia, and C. Xu. 2019. ABF2 and MYB transcription factors regulate feruloyl transferase FHT involved in ABA-mediated wound suberization of kiwifruit. J. Exp. Bot. 71(1): 305-317.
44. Yıldırım, K., A. Yağcı, S. Sucu and S. Tunç. 2018. Responses of grapevine rootstocks to drought through altered root system architecture and root transcriptomic regulations. J. Plant Physiol. Biochem. 127: 256-268.
45. Zhang, L., E. Marguerit, L. Rossdeutsch, N. Ollat and G. A. Gambetta. 2016. The influence of grapevine rootstocks on scion growth and drought resistance. Theor. Exp. Plant Physiol. 28(2): 143-157.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.4.11.8]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 22 (4): 507-518 (2021)
Research article

Evaluation of Changes in Growth and Some Biochemical and Physiological Traits of Six Iranian Grape Cultivars Under Drought Stress

S. Bahrami and A. Ershadi[1*]

In this study, a pot experiment was conducted in the greenhouse conditions to investigate the drought tolerance of six Iranian grape cultivars. The experiment was factorial, based on a completely randomized design, with two factors including cultivars (‘Rotabi’, ‘Rashe’, ‘Chafte’, ‘Bidaneh Sefid’, ‘Khalili’, and ‘Laal’) and moisture treatments (40 % and 80 % of soil available water). Under drought stress, the lowest accumulation of soluble carbohydrates and proline (50.36 and 4.25 mg g^{-1} FW, respectively) and the highest stress susceptibility index (2.47, on average) and growth reduction were observed in ‘Bidaneh Sefid’ cultivar. ‘Chafte’ showed a considerable growth in optimal moisture condition; moreover, this cultivar had a relatively low stress susceptibility index (0.60, on average), designated as the most tolerant cultivar to drought stress. ‘Khalili’ had the highest root weight and root volume under optimal conditions. Although this cultivar had the highest stress susceptibility index in terms of root dry weight (1.24) and root volume (1.35) after ‘Bidaneh Sefid’, but under stress conditions it had a suitable root weight, root volume and number of roots. ‘Rotabi’ and ‘Laal’ had relatively less growth under optimal moisture conditions; however, they showed a subtle growth reduction under drought stress. These results indicated that in order to introduce drought tolerant plants, stress susceptibility index and vegetative growth rate under water shortage should be considered together.

Keywords: Osmotic regulators, Root volume, Stress susceptibility index, Relative water content.

1. Ph.D. Student and Associate Professor of Horticultural Science, Department of Horticultural Science, College of Agriculture, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran.
Corresponding author, Email: (Ershadi@basu.ac.ir)

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.4.11.8]