مقاله پژوهشی

# تأثیر تنش خشکی روی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در برخی ارقام انگور ایرانی

**سمیه فهیم[۱]، علیرضا قنبری[۱*]، امیرمحمد ناجی[۲]، علی‌اکبر شکوهیان[۱] و حسن ملکی لجایر[۳]**

[۱] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، [۲] گروه اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، [۳] گروه کشاورزی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۰۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۷/۱۹)

**چکیده**

**کمبود بارش و افزایش دما در بسیاری از مناطق باعث بروز مشکلاتی در کشت و کار محصولات کشاورزی شده است. با توجه به اهمیت انگور به‌عنوان محصولات مهم اقتصادی در باغبانی، شناسایی و کاربرد ارقام مقاوم به تنش خشکی یکی از گام‌های اولیه و مهم‌ترین اهداف در برنامه‌های اصلاحی این گیاه است. برای این منظور یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۹ انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل سطوح مختلف تنش خشکی و شش رقم از انگور بود. در این تحقیق سطح برگ، تعداد برگ، طول شاخه، محتوای نسبی آب برگ، میزان کلروفیل کل، کاروتنوئید، میزان نشت یونی، مالون دی‌آلدئید، کل قند محلول، پرولین و میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی در شش رقم انگور میزان پارامترهای رشدی گیاه، محتوای نسبی آب برگ، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی به‌طور معنی‌داری ($P<0.01$) کاهش یافت که بیشترین کاهش در سطح تنش ۲۵ درصد نیاز آبی مشاهده شد. همین‌طور با افزایش سطح تنش خشکی میزان نشت یونی، مالون دی‌آلدئید، کل قند محلول، پرولین و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در بیشتر ارقام افزایش معنی‌داری پیدا کرد. با افزایش تنش خشکی به ۲۵٪ رطوبت ظرفیت مزرعه بیشترین و کمترین درصد کاهش سطح برگ در مقایسه با شاهد به‌ترتیب در رقم کوپک بوغان (۶۸٪) و قره شیلیق (۴۵٪) مشاهده شد. در بین ارقام مورد مطالعه، بیشترین و کمترین میزان نشت یونی به‌ترتیب در ارقام آق‌شیلیق و قره‌شیلیق که دارای مقادیر ۳۶/۹ ٪ و ۳۲/۸ ٪ بودند، مشاهده شد. بیشترین میزان پرولین در بین ارقام مورد مطالعه در رقم قره‌شیلیق (۰/۱۴ مایکرومول بر گرم وزن تر) و کمترین آن در رقم کوپک‌بوغان (۰/۰۶۷ مایکرومول بر گرم وزن تر) بدست آمد. همچنین بیشترین و کمترین میزان آنزیم کاتالاز در بین شش رقم مورد مطالعه انگور به‌ترتیب در رقم قره‌شیلیق (۳/۰۲ مایکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه) و کوپک‌بوغان (۱/۴۱ مایکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه) بدست آمد. بیشترین میزان آنزیم پراکسیداز در رقم توکیلگن (۵/۸۶ مایکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه) و کمترین میزان در رقم رسمی (۱/۳۹ مایکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه) بدست آمد. نتایج حاصل نشان داد که رقم‌های آق‌شیلیق و کوپک‌بوغان از ارقام حساس به خشکی و رقم قره‌شیلیق و توکیلگن از ارقام مقاوم به خشکی و بقیه ارقام نیمه‌حساس به خشکی هستند.**

**کلمات کلیدی: پراکسیداز، پرولین، رطوبت نسبی آب برگ، کاتالاز، مالون دی‌آلدئید**

**مقدمه**

تنش خشکی زمانی اتفاق می‌افتد که نیاز آبی گیاه نتواند به‌طور کامل برآورده شود که این امر ناشی از بارندگی ناکافی، کاهش سطح آب خاک یا محبوس‌شدن آب توسط ذرات خاک است که

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: ghanbari66@uma.ac.ir

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0 ]

در این حالت میزان آب از دست‌رفته از قسمت‌های مختلف گیاه بیشتر از آب جذب‌شده توسط ریشه‌ها می‌باشد (Salehi-Lisar and Bakhshayeshan-Agdam, 2016). به‌دنبال تنش آبی، گیاه استراتژی‌های مختلفی را بکار می‌گیرد و جهت حفظ وضعیت آب خود برخی تغییرات مورفوآناتومیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی انجام می‌دهد (Pinheiro and Chaves, 2011). کاهش تقسیم و بزرگ‌شدن سلولی، کاهش تمایزیابی ریشه و حجم شاخ و برگ، طول شاخه و کاهش تغییر حرکات روزنه‌ای و تغذیه مواد معدنی و درنهایت کاهش عملکرد گیاه از مهم‌ترین نتایج تنش آبی است (Kumawat and Sharma, 2018). کاهش فتوسنتز در اثر تنش خشکی درنهایت باعث تجزیه کلروفیل در کلروپلاست‌ها شده و باعث تخریب ساختارهای تیلاکوئیدی می‌شود بنابراین از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک مقاومت به تنش در گیاهان، دوام فتوسنتز و حفظ غلظت کلروفیل برگ است (Sharifa and Muriefah, 2015). یکی از فاکتورهای مهم در کاهش تولید گیاهان تحت تنش خشکی، تولید گونه‌های اکسیژن فعال (Reactive Oxygen Species) در اندامک‌هایی مانند کلروپلاست‌ها، میتوکندری‌ها و پراکسی‌زوم‌هاست (Farooq *et al.*, 2009). تولید بیش از اندازه گونه‌های اکسیژن فعال منجر به پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی و تخریب پروتئین‌های آنزیمی و اسیدهای نوکلئیک می‌شود (Li *et al.*, 2015). در اثر تخریب غشای سلولی ترکیب مالون دی‌آلدئید در غشا تجمع می‌یابد که میزان تجمع این ماده بیانگر میزان تخریب سلولی در اثر تنش خشکی است (Bhattacharjee and Mukherjee, 2002). گزارش شده که تحت تنش خشکی و شوری در ارقام حساس میزان تجمع مالون دی‌آلدئید (Meloni *et al.*, 2003) و در ارقام مقاوم غلظت اسمولیتی با وزن مولکولی کم مثل پرولین (Suklje *et al.*, 2014) افزایش می‌یابد. معمولاً در شرایط کمبود آب در ژنوتیپ‌های متحمل در مقایسه با ژنوتیپ‌های غیرمتحمل، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان به‌ویژه جهت کنترل تولید $H_2O_2$ و $O_2^{\bullet -}$ دارند. تولید $H_2O_2$ و $O_2^{\bullet -}$ افزایش می‌یابد. به‌وسیله فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز کنترل می‌شود (Niliwajski and Skłodowska, 2021).

انگور (*Vitis vinifera* L.) یکی از مهم‌ترین درختان میوه در دنیا است (Mederos, 2007) و ۷/۸ میلیون هکتار از این گیاه در جهان کشت می‌شود که تولید سالیانه آن حدود ۶۷/۶ میلیون تن می‌باشد (Griesser *et al.*, 2015). از بین ۶۰ گونه درون خانواده ویتاسه ارقامی از *Vitis vinifera* جهت مصرف خوراکی استفاده می‌شوند و ارزش اقتصادی زیادی دارند (Aradhya *et al.*, 2003). با توجه به این‌که بیشتر مناطق تولید انگور در دنیا دارای تابستان‌های گرم و خشک هستند، در این مناطق انگورها به‌طور منظم در معرض دوره‌هایی از خشکی قرار می‌گیرند، برای مثال از سال ۲۰۱۶ کمتر از ۱۰ ٪ باغ‌های انگور در اروپا آبیاری می‌شوند (Costa *et al.*, 2016). بنابراین، مطالعات زیادی در مورد تأثیر تنش خشکی در ارقام مختلف انگور انجام شده است. Altinci و Cangi (۲۰۱۹) طی مطالعاتی کاهش صفات رشدی و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را طی تنش خشکی در ارقام مختلف انگور گزارش کردند. Singh و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی ارقام انگور تحت تنش، کاهش میزان کلروفیل و افزایش میزان پرولین و کل قند محلول را با افزایش تنش گزارش کردند. طی تحقیقی توسط مهری و همکاران (۱۳۹۳) مشخص شد که افزایش تنش خشکی باعث کاهش صفات رشدی و میزان رطوبت نسبی آب برگ و افزایش معنی‌دار در میزان پرولین، مالون دی‌آلدئید و همچنین فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدان کاتالاز می‌شود. در بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو رقم انگور توسط محسنی‌فرد و همکاران (۱۳۹۸) مشخص شد که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری، محتوای نسبی آب برگ را در هر دو رقم کاهش و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز افزایش داد.

با توجه به این‌که در سال‌های آتی طبق پیش‌بینی‌ها شدت خشکی و کمبود آب افزایش می‌یابد بنابراین دستیابی به راهکارهای مناسب جهت مقابله با تنش خشکی، درک فرآیندهایی که تحمل به خشکی را افزایش می‌دهند و شناسایی ارقام مقاوم به تنش خشکی، مهم و ضروری به‌نظر می‌رسد. از این‌رو این تحقیق جهت بررسی تغییرات مورفولوژیکی و

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0 ]

فیزیولوژیکی از جمله طول شاخه، سطح برگ، تعداد برگ، نشت الکترولیت، رنگیزه‌های فتوسنتزی، میزان پرولین، قند محلول، مالون دی‌آلدئید، تغییرات برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در واکنش به تنش خشکی در شش رقم از انگور ایرانی انجام شد و هدف ارزیابی مقاومت به خشکی ارقام مورد مطالعه انگور و شناسایی ارقام مقاوم و حساس بود.

## مواد و روش‌ها

**مواد گیاهی:** برای اجرای این آزمایش ابتدا قلمه زمستانه چوب سخت شش رقم از انگورهای بومی ایران از ایستگاه تحقیقات باغبانی شهرستان مشکین‌شهر جمع‌آوری و به گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی تحت شرایط استاندارد انتقال داده شد. قلمه‌ها (به طول ۴۵–۲۵ سانتی‌متر و به قطر ۱۲–۸ میلی‌متر) بعد از ریشه‌دار شدن داخل پرلیت و ماسه در شرایط گلخانه، به گلدان‌هایی شامل ۷ کیلوگرم خاک با نسبت مناسب ۱:۱:۱ از شن، ماسه، خاکبرگ و خاک باغچه انتقال یافتند. گیاهان تا زمان استقرار کامل (به‌مدت دو ماه در شرایط گلخانه) در حد رطوبت ظرفیت مزرعه آبیاری شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار با دو فاکتور رقم (قره‌شیلیق (Ga)، رسمی (Ra)، آق‌شیلیق (Ag)، کوپک‌بوغان (Co)، توکیلگن (Tu)، خلیلی (Kh)) و آبیاری در چهار سطح ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد نیاز آبی (سطح ۱۰۰٪ همان شاهد می‌باشد) اجرا شد. جهت تعیین FC چهار عدد گلدان با وزن یکسان کاملاً اشباع شدند پس از خارج‌شدن کامل آب ثقلی، وزن گلدان نشان‌دهنده مجموع وزن خاک خشک، وزن گلدان و وزن آب در حد طوبت ظرفیت مزرعه است. پس از بدست آوردن مقدار رطوبت وزنی خاک در حد رطوبت ظرفیت مزرعه (Field Capacity) (FC= ۰/۳۷) جهت تعیین مقدار آب لازم برای هر تیمار به روش زیر عمل شد:

$\omega = W_W / W_S = (W-W_S) / W_S$

$\omega$: درصد رطوبت خاک، W: وزن اولیهٔ نمونه، $W_s$: وزن قسمت جامد خاک (وزن بعد از خارج‌کردن نمونه از آون)

$\gamma_d = \gamma_t / (1+ \omega)$

$\gamma_d$: وزن واحد حجم خشک خاک، $\gamma_t$: وزن واحد حجم مرطوب خاک

سپس آب مورد نیاز برای هر تیمار به‌وسیله فرمول زیر محاسبه شد.

$\gamma_d \times (FC_{100,\ 75,\ 50\ and\ 25\%} - \omega)$

تنش خشکی به‌مدت دو ماه تا مراحل پایانی رشد رویشی در شرایط استاندارد گلخانه با دمای ۵ ± ۲۵ درجه سانتی‌گراد اعمال شد، در طول تیمار تنش خشکی میزان آب مورد نیاز برای هر گلدان از طریق وزن‌کردن گلدان‌ها هر دو روز یکبار انجام شد.

**پارامترهای رشدی:** جهت اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf Area meter) ( AM 300 Bio Scientific Ltd., UK) استفاده شد به این صورت که از هر تکرار سه برگ انتهایی، میانی و برگ‌های اولیه انتخاب شده و میانگین آن‌ها برای هر تکرار ثبت گردید. جهت اندازه‌گیری طول شاخه اصلی از خط‌کش استفاده شد و تعداد برگ شمارش شد.

**محتوای نسبی آب برگ:** جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ از روش Yamasaki.و Dillenburg (۱۹۹۹) استفاده شد. ۰/۵ گرم از نمونه برگی تازه (Wf) وزن شده و به‌مدت چهار ساعت در آب‌مقطر قرار داده شد و دوباره وزن شد (Ws). سپس جهت خشک‌شدن کامل (Wd) در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد و درنهایت میزان محتوای نسبی آب برگ بدست آمد.

**رنگیزه‌های فتوسنتزی:** جهت اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتنوئید از روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) با کمی تغییرات استفاده شد. حدود ۰/۲ گرم از بافت تازه برگ با کمک نیتروژن مایع آسیاب گردید و چهار میلی‌لیتر استون به آن اضافه و به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ rpm سانتریفیوژ گردید و در-نهایت عصاره استونی شفاف جدا شده و به‌مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شد و میزان جذب نور محلول سبز بالایی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Genway 670) در طول موج‌های ۶۴۶، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد و غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی محاسبه گردید.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0 ]

**پراکسیداسیون لیپیدها و غلظت مالون دی‌آلدئید:** غلظت مالون دی‌آلدئید (Malondialdehyde) به‌عنوان محصول واکنش پراکسیده‌شدن اسیدهای چرب غشاء با استفاده از روش Heath و Packer (۱۹۶۸) اندازه‌گیری شد.

حدود ۰/۵ گرم از بافت برگ تازه با نیتروژن مایع در داخل هاون آسیاب گردید و به آن ۲ میلی‌لیتر بافر استخراج اضافه شده و به‌مدت ۱۵ دقیقه با شدت ۱۴۰۰۰ rpm در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. پس از آن به یک میلی‌لیتر از محلول رویی یک میلی‌لیتر محلول تری‌کلرو استیک اسید (TCA) ۲۰ ٪ حاوی ۰/۵ ٪ تیوباربیتوریک اسید (TBA) اضافه شد. مخلوط حاصل به‌مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و واکنش با قراردادن داخل یخ متوقف شد. سپس نمونه‌ها مجدداً در ۱۰۰۰۰ rpm به‌مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. جذب ماده قرمز رنگ رویی در طول‌موج ۵۳۲ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر خوانده شد و جذب سایر رنگیزه‌های اختصاصی در ۶۰۰ نانومتر تعیین و سپس از این مقدار کم گردید.

**اندازه‌گیری نشت یونی:** جهت تعیین نشت یونی (EL) ابتدا از هر گلدان ۹ عدد برگ نمونه‌برداری و دیسک‌هایی به قطر ۲ میلی‌متر تهیه و در لوله‌های آزمایشگاهی قرار داده شدند و سپس ۱۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر دی‌یونیزه به آنها اضافه شد. لوله‌ها با سرپوش پلاستیکی بسته شد و در دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از ۱۲ ساعت هدایت الکتریکی اولیه محیط ($EC_1$) با استفاده از دستگاه EC سنج مدل Milwaukee Mi 306 اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه جوشانده شدند تا به‌طور کامل بافت‌ها کشته شوند و همه الکترولیت‌ها آزاد شوند. نمونه‌ها تا دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد خنک شده و هدایت الکتریکی ثانویه ($EC_2$) اندازه‌گیری شد و در آخر میزان EL با استفاده از فرمول مربوطه محاسبه شد (Sairam and Srivastava, 2001).

**اندازه‌گیری کل قند محلول:** جهت اندازه‌گیری میزان قند محلول از روش معرف آنترون استفاده شد. ۰/۲ گرم از بافت تازه برگ با کمک نیتروژن مایع در داخل هاون آسیاب گردید و حدود ۴ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ ٪ (v/v) به آن اضافه شد و به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ rpm در چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید. حدود یک میلی‌لیتر از محلول رویی با سه میلی‌لیتر از معرف آنترون مخلوط شده و به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. واکنش با سردکردن سریع در یخ به پایان رسید و جذب در ۶۲۰ نانومتر به‌وسیله اسپکتروفتومتر خوانده شد از گلوکز به‌عنوان استاندارد استفاده شد و منحنی استاندارد با ۱۱ غلظت استاندارد (۱۰۰ µg– ۰) از گلوکز تهیه شد (Watanabe *et al.*, 2000).

**پرولین:** میزان پرولین آزاد برگ به روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) اندازه‌گیری شد. برای این منظور ۰/۵ گرم بافت با نیتروژن مایع در داخل هاون آسیاب گردید و به آن ۱۰ میلی‌لیتر سولفو سالیسیلیک اسید ۱۰ درصد اضافه گردید. این مخلوط از کاغذ صافی واتمن شماره ۲ عبور داده شد. سپس به ۲ میلی‌لیتر از محلول صاف‌شده ۲ میلی‌لیتر از معرف ناین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر استیک اسید اضافه گردید. و به‌مدت ۱ ساعت در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. واکنش با گذاشتن داخل یخ متوقف شد. سپس ۴ میلی‌لیتر تولوئن به مخلوط اضافه گردید و جذب نوری محلول قرمز رنگ فاز رویی در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر با اسپکترومتر (Genway Biotech, USA) Genway 6705 خوانده گردید.

**فعالیت آنزیمی، استخراج آنزیم‌ها:** حدود ۰/۵ گرم از برگ تازه با نیتروژن مایع خرد شده و ۱/۵ میلی‌لیتر بافر استخراج به آن اضافه شده و ورتکس شد سپس به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با دور ۱۴۰۰۰ سانتریفیوژ شدند. ماده روشناور دوباره سانتریفیوژ شده و روشناور حاصل از آن به‌عنوان عصاره آنزیمی جهت استفاده‌های بعدی به فریزر ۸۰– درجه انتقال داده شد.

**آنزیم کاتالاز (CAT):** سنجش فعالیت آنزیم از طریق اندازه‌گیری تجزیه آب اکسیژنه توسط اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر برای مدت زمان ۱ دقیقه انجام شد، بلانک (با حجم ۱ میلی‌لیتر) حاوی ۹۸۵ میکرولیتر از بافر فسفات پتاسیم شامل ۹ میلی‌مولار $H_2O_2$ و ۱۵ میکرولیتر بافر فسفات، نمونه (با

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0 ]

حجم ۱ میلی‌لیتر)، حاوی ۹۸۵ میکرولیتر از بافر فسفات پتاسیم شامل ۹ میلی‌مولار $H_2O_2$ و ۱۵ میکرولیتر از عصاره آنزیمی و پس از بهم‌زدن سرعت واکنش آنزیمی به‌صورت تغییرات جذب بر زمان (OD/min) در طول‌موج ۲۴۰ nm برای ۱ دقیقه ثبت گردید. فعالیت آنزیمی با ضریب خاموشی ۴۰ $\mu M^{-1}c^{-1}m$ محاسبه شد (Chance and Mahle, 1955).

**آنزیم پراکسیداز (POD)**: برای سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز، بافر فسفات پتاسیم شامل ۱۲/۳ mM $H_2O_2$ به مقدار ۵۰۰ میکرولیتر و بافر فسفات پتاسیم شامل ۲۰ mM گایاکول به همان مقدار در دمای پایین (ظرف حاوی یخ) با هم مخلوط گردید و به آن ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی اضافه و منحنی جذب در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. در محلول بلانک به جای عصاره آنزیمی، ۱۰ میکرولیتر از بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH= ۷) استفاده شد. فعالیت آنزیمی با استفاده از فرمول قانون بیر لامبرت و با ضریب خاموشی گایاکول پراکسیداز ۲۶/۶ $\mu M^{-1}c^{-1}m$ محاسبه شد و فعالیت آنزیم درنهایت برحسب µMol/g FW.min محاسبه شد (In *et al.*, 2007).

داده‌ها به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا و داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار SAS 9.1 آنالیز شدند. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون LSD با سطح احتمال معنی‌داری P <۰/۰۱ انجام شد و مدل‌های خطی معمولی (General Linear Models) جهت آنالیز آماری داده‌ها استفاده شد. ضرایب همبستگی پیرسون بین متغیرهای وابسته و تجزیه به مؤلفه اصلی (PCA) توسط نرم‌افزار SAS محاسبه شد (SAS Institute, Cary, North Carolina, USA).

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی بر شاخص‌های رشد و فیزیولوژی ارقام انگور نشان داد که در بین ارقام مختلف از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ ٪ وجود دارد. همین‌طور نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در بین چهار تیمار مختلف تنش خشکی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ ٪ وجود دارد (جدول ۱).

**پارامترهای رشدی**: نتایج نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی در شش رقم مورد مطالعه انگور پارامترهای رشدی گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. با افزایش تنش خشکی به ۲۵ ٪ رطوبت ظرفیت مزرعه کمترین درصد کاهش طول شاخه در مقایسه با شاهد در ارقام رسمی (۴۰٪) توکیلگن (۴۶٪) و بیشترین درصد کاهش در رقم خلیلی (۷۰٪) و کوپک‌بوغان (۶۸٪) مشاهده شد (شکل 1A). بیشترین میزان کاهش تعداد برگ در سطح تنش ۲۵ ٪ ظرفیت رطوبت مزرعه در مقایسه با شاهد در رقم رسمی (۵۹٪) و کمترین آن در رقم توکیلگن (۲۸٪) مشاهده شد. (شکل 1B). بیشترین و کمترین درصد کاهش سطح برگ در مقایسه با شاهد در سطح تنش ۲۵٪ ظرفیت رطوبت مزرعه به‌ترتیب در رقم کوپک بوغان (۶۸٪) و قره‌شیلیق (۴۵٪) مشاهده شد (شکل 1C). نتایج همچنین نشان داد که در بین چهار سطح مختلف تنش در بررسی طول شاخه، تعداد برگ و مساحت برگ اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در اثر متقابل تنش و خشکی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ در بررسی طول شاخه، تعداد برگ و سطح برگ مشاهده نشد.

تنش خشکی به‌عنوان یک عامل محدودکننده که جنبه‌های مختلف رشد گیاه را تغییر می‌دهد به‌خوبی شناخته شده است. برگ قسمت اصلی گیاه است که بیشتر محصولات فتوسنتزی در آن سنتز می‌شود، در مواجه با تنش خشکی تعداد برگ‌های گیاه (Bhargavi *et al.*, 2017)، سطح برگ (Srivastava and Srivastava, 2014) و جذب عناصر (Huyskens- Keil and Schreiner, 2003) به‌طور چشمگیری کاهش پیدا می‌کند با کاهش سطح برگ، سطح تعرق برگ کاهش می‌یابد و این اولین مکانیسم گیاه برای مقابله با خشکی به حساب می‌آید. همین طور با کاهش سطح برگ، سطح جذب نور خورشید و به‌دنبال آن سطح فتوسنتزی گیاه کاهش و نهایتاً منجر به کاهش ماده خشک و عملکرد گیاه می‌شود (Banger *et al.*, 2019). ثابت شده است که در پایه‌های مقاوم به خشکی که در مواجه با تنش سطح برگشان کاهش زیادی نمی‌یابد نقصان تبادل گازی تا حدودی جبران می‌شود (Paranychianakis *et al.*, 2004).

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0 ]

**جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی در ۶ رقم از انگور**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | طول شاخه | تعداد برگ | مساحت برگ | محتوای نسبی آب | کلروفیل کل | کاروتنوئید |
| رقم | ۵ | ۱۲۴۴/۲۲** | ۱۱۷/۸۲** | ۲۹۵۴/۷۰** | ۲۳۹/۵۸** | ۵/۸۷** | ۴/۸۳** |
| خشکی | ۳ | ۷۲۴۲/۵۳** | ۵۳۸/۸۷** | ۶۰۶۰/۵۹** | ۴۹۷/۵۴ ** | ۱/۳۲** | ۰/۶۳** |
| خشکی × رقم | ۱۵ | ۲۳۵/۱۴* | ۱۴/۲۳ n.s | ۱۶۵/۵۵ n.s | ۶۹/۶۶ ** | ۰/۲۱** | ۰/۰۴** |
| خطای آزمایش | ۴۸ | ۹۳/۶۱ | ۸/۳۶ | ۸۷/۴۵ | ۰/۴۴ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۶ |
| ضریب تغییرات | - | ۱۶/۴۸ | ۱۵/۷۴ | ۱۱/۱۷ | ۱/۰۳ | ۱۳/۳۵ | ۱۴/۷۶ |

****، *، ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داربودن داده‌ها درسطح ۱٪، ۵٪ و غیرمعنی‌داربودن**

**ادامه جدول ۱-**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | مالون دی‌آلدئید | نشت الکترولیت | قند کل | پرولین | کاتالاز | پراکسیداز |
| رقم | ۵ | ۷۴۱/۸۲** | ۳۲/۴۶** | ۰/۹۱** | ۰/۰۰۸** | ۴/۶۷** | ۵۹/۵۶** |
| خشکی | ۳ | ۶۰۹۱/۱۶** | ۲۶۳/۸** | ۰/۴۳** | ۰/۱۳۲** | ۵/۵۹** | ۱۶/۶۶** |
| خشکی × رقم | ۱۵ | ۲۸۰/۸۱** | ۵/۵۷** | ۰/۰۵ n.s | ۰/۰۰۶** | ۰/۲۶ ** | ۰/۷۸** |
| خطای آزمایش | ۴۸ | ۱/۱۱ | ۱/۸۲ | ۰/۰۴ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۳۴ | ۰/۰۹ |
| ضریب تغییرات | - | ۱/۷۶ | ۳/۸۷ | ۲۱/۶۳ | ۱۵/۴۴ | ۲/۵ | ۷/۹ |

****، *، ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داربودن داده‌ها درسطح ۱٪، ۵٪ و غیرمعنی‌داربودن**

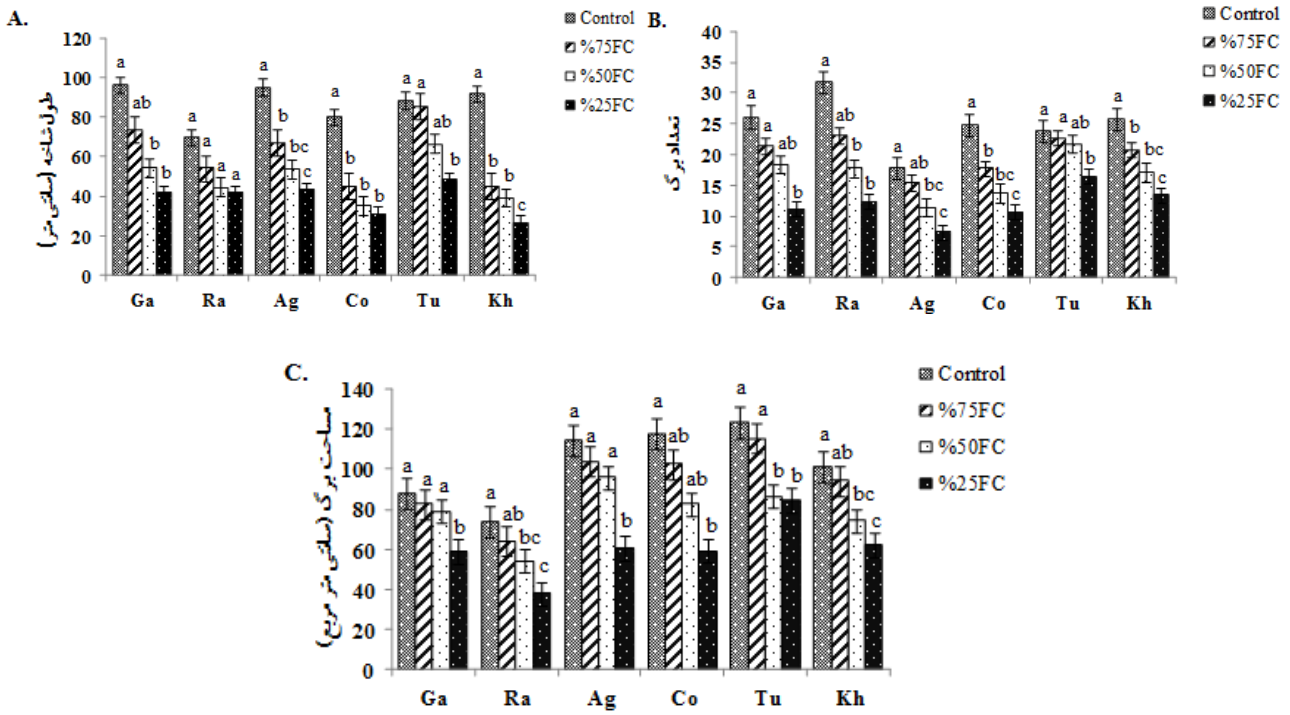
همین‌طور برخی پایه‌های پر رشد مثل P۱۱۰۳ که در شرایط تنش مساحت برگشان به‌طور چشمگیری کاهش نمی‌یابد جز پایه‌های متحمل به خشکی به حساب می‌آیند (Koundouras *et al.*, 2008). در نتایج حاصل از طول شاخه ،تعداد برگ و سطح برگ مشخص شد ارقامی که در شرایط تنش خشکی طول شاخه، تعداد برگ و سطح برگ خود را جهت انجام فتوسنتز بیشتر، به‌طور چشمگیری کاهش نمی‌دهند، جز رقم‌های متحمل به خشکی به حساب می‌آیند. در نتایج حاصل از پارامترهای رشدی در شرایط تنش خشکی رقم‌های توکیلگن و قره‌شیلیق کاهش مساحت برگ کمتری را نسبت به شاهد نشان دادند همین‌طور رقم توکیلگن کاهش تعداد برگ کمتری نسبت به شاهد داشته و احتمالاً جز ارقام مقاوم به حساب می‌آید.

**محتوای نسبی آب برگ:** با افزایش سطح تنش خشکی در تمام ارقام انگور مورد آزمایش، محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت. در بین ارقام مورد مطالعه کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ در رقم آق‌شیلیق با مقدار ۶۰/۲۱ درصد و بیشترین میزان در رقم قره‌شیلیق با مقدار ۷۲/۶۳ درصد که اختلاف معنی‌داری با ارقام دیگر داشت، بدست آمد. کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ در گلدان‌های تیمارشده با ۲۵٪ رطوبت ظرفیت مزرعه مشاهده شد. رقم‌های مختلف انگور واکنش مختلفی به کمبود آب نشان دادند (شکل ۲). در انگور تا زمانی‌که گیاه در معرض تنش خشکی شدید قرار نگرفته است محتوای نسبی آب به‌طور چشمگیری کاهش نمی‌یابد (Flexas and Medrano, 2002).

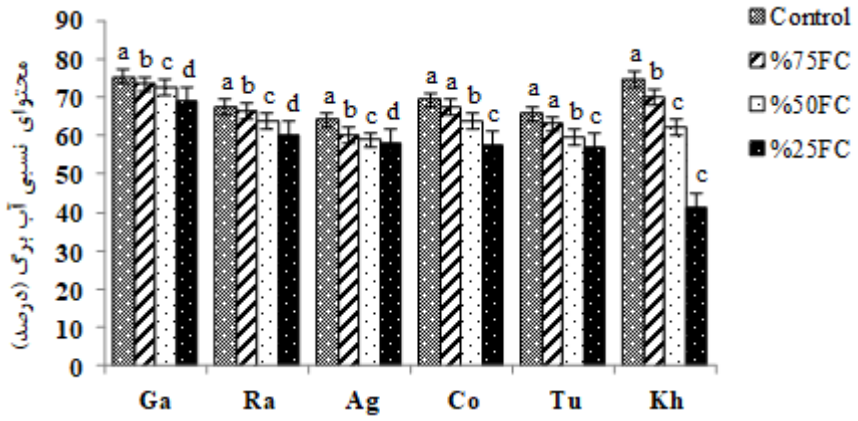
درنتیجه تنش خشکی تعادل آبی گیاه بهم خورده و میزان تعرق بیش از جذب آب گیاه بوده درنتیجه محتوای نسبی آب برگ‌ها کاهش می‌یابد که درنهایت فشار توژسانس سلول‌های نگهبان کاهش یافته و روزنه‌ها جهت کاهش از دست‌دادن آب

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0 ]




**شکل ۱- تأثیر چهار سطح تنش خشکی بر روی پارامترهای رشدی (A: طول شاخه، B: تعداد برگ، C: مساحت برگ) در شش رقم انگور قره‌شیلیق (Ga)، رسمی (Ra)، آق‌شیلیق (Ag)، کوپک‌بوغان (Co)، توکیلگن (Tu)، خلیلی (Kh)**




**شکل ۲- تأثیر چهار سطح تنش خشکی بر روی درصد محتوای نسبی آب برگ در شش رقم انگور قره‌شیلیق (Ga)، رسمی (Ra)، آق‌شیلیق (Ag)، کوپک‌بوغان (Co)، توکیلگن (Tu)، خلیلی (Kh)**

بسته می‌شوند (Deka *et al.*, 2018). تحت تنش بالا گیاهان مقاوم به خشکی دارای پتانسیل آب بالایی هستند که این پتانسیل بالای آب با مکانیسم‌های مختلفی مثل افزایش جذب، کاهش از دست-دادن آب، حفظ فشار تورژسانس و تنظیم اسمزی در ارتباط است (Tsegay *et al.*, 2014). یکی از دلایل کاهش محتوای نسبی آب برگ تحت شرایط تنش خشکی این است که در طول زمان تنش میزان تعرق بیش از جذب آب گیاه بوده و درنتیجه تعادل آبی گیاه بهم خورده و محتوی نسبی آب برگ کاهش می‌یابد. کاهش محتوی نسبی آب برگ باعث بسته‌شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای برای ورود دی‌اکسید کربن به مزوفیل برگ شده و درنهایت راندمان فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد (Lawlor and Cornic, 2002). لذا ارقامی که تحت تنش خشکی بتوانند

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0 ]

محتوای نسبی آب اندام‌های خود را در سطح بالاتر نگه دارند می‌توانند به‌عنوان ارقام مقاوم‌تر معرفی گردند. در این تحقیق تحت شرایط تنش در ارقام قره‌شیلیق و توکیلگن پتانسیل آب بالایی نسبت به ارقام دیگر مشاهده شد. محتوای نسبی آب بالا در ارقامی مثل قره‌شیلیق و توکیلگن نسبت به ارقام حساس نشان می‌دهد که این ارقام حتی در شرایط بدون تنش نیز محتوای نسبی آب بیشتری داشته و قادرند در سطوح تنش بالا محتوای نسبی آب خود را در سطح بالایی نگه داشته و از صدمات کمتری ناشی از کاهش محتوای آب و از دست‌دادن آب برخوردار شوند. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که رقم قره‌شیلیق که متحمل به تنش خشکی است در شرایط تنش متوسط و شدید برتری قابل توجهی نسبت به سایر ارقام دارد زیرا در مقایسه با شاهد (۱۰۰٪ FC) آب کمتری را یعنی ۱۰٪ نسبت به شاهد از دست داده است. ضمن اینکه در رقمی مثل توکیلگن که با افزایش تنش خشکی کمترین کاهش طول شاخه و سطح برگ به همراه بالاترین مقدار محتوای نسبی آب برگ مشاهده شد دلیل خوبی بر مقاومت این گیاه به خشکی است. در بررسی اثر تنش خشکی در چهار رقم انجیر خوراکی (Gholami and Rahemi, 2012) و برخی از ارقام انگور (مهری و همکاران، ۱۳۹۳) نیز نتایج مشابهی بدست آمده است.

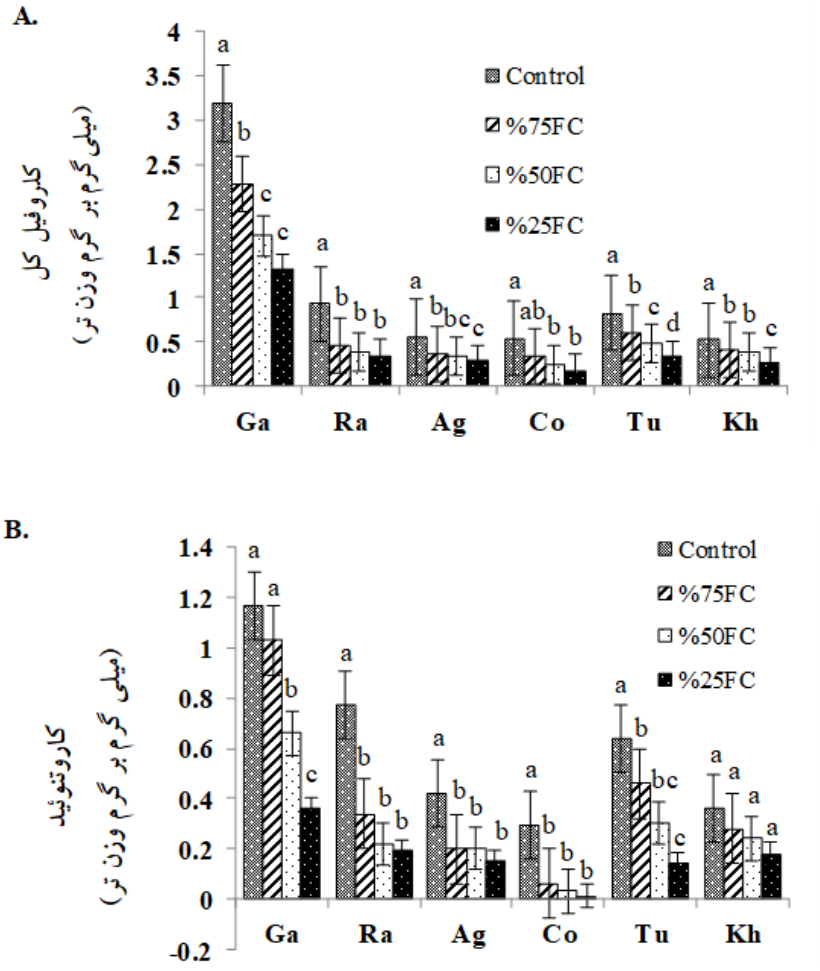
**رنگیزه‌های فتوسنتزی:** نتایج حاصل از تنش خشکی در بین شش رقم انگور نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید در برگ‌های همه ارقام مورد مطالعه انگور کاهش پیدا کرد. در بین ارقام مورد مطالعه بیشترین میزان کلروفیل کل در رقم قره‌شیلیق با مقدار ۲/۱۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد و کمترین میزان در رقم کوپک‌بوغان با مقدار ۰/۳۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بدست آمد (شکل 3A). بیشترین میزان کاروتنوئید در رقم قره‌شیلیق با مقدار ۱/۸۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین میزان در رقم کوپک‌بوغان با مقدار ۰/۰۹۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد (شکل 3B).

از شاخص‌های فیزیولوژیکی مهم مقاومت به تنش در گیاه دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش است. تغییر میزان کلروفیل برگ تحت شرایط تنش معیار خوبی از میزان تحمل گیاه می‌باشد (Blum, 2005). با افزایش تنش خشکی غلظت کلروفیل به میزان قابل توجهی کاهش یافت که ممکن است به‌دلیل افزایش تولید گونه‌های اکسیژن فعال و کاهش تولید رنگدانه‌های گیاهی یا افزایش تخریب رنگدانه‌ها باشد (Nematpour *et al*., 2020). کاهش در میزان کلروفیل در اثر تنش خشکی در بسیاری از گونه‌های گیاهی مثل گندم (Bijanzadeh and Emam, 2010)، نخود فرنگی (Mafakheri *et al*., 2010)، ذرت (Homayoun *et al*., 2011)، گوجه فرنگی (Aghaie *et al*., 2018) و انگور cv. Romeiko (Doupis *et al*., 2012) بررسی شده است. تحقیقات نشان داد که میزان کلروفیل در رقم ریزلینگ سفید (Zulini *et al*., 2007) و تمپرانیلو (Salazar-Parra *et al*., 2012) انگور تحت تأثیر تنش خشکی قرار نمی‌گیرد.

در شرایط تنش شدید میزان کاروتنوئید که به‌عنوان حمایت کننده‌ای برای کلروفیل‌ها در برابر اکسیداسیون نوری به شمار می‌روند افزوده می‌شود تا مانع تخریب بیشتر کلروفیل‌ها گردد. بنابراین، کاروتنوئیدها نقش حفاظتی ویژه‌ای را در شرایط تنش خشکی بازی می‌کنند (Egert and Terini, 2002). در مطالعه حاضر کاهش در میزان کاروتنوئید با افزایش تنش خشکی مشاهده شد که این کاهش ممکن است به‌دلیل کندی سنتز یا تجزیه سریع مطابق پیشنهاد Smirnoff (۱۹۹۳) باشد. در طول تنش خشکی به‌دلیل تولید بیش از اندازه ROS، تنش اکسیداتیو ایجاد می‌شود که از طریق پراکسیداسیون لیپیدها به غشای سلولی آسیب می‌رساند و باعث تخریب بسیاری از اجزای مهم سلولی از جمله کاروتنوئیدها می‌شود (Monakhova and Chernyad'v, 2002). همین‌طور تنش خشکی با فرایند فتوسنتز ارتباط منفی دارد که خود می‌تواند مانعی در تشکیل رنگدانه‌های فتوسنتزی از جمله کاروتنوئید شود (Zeid and Sheedeed, 2006). در شرایط تنش خشکی کاروتنوئیدها یکی از مهم‌ترین خاموش-کننده‌های اکسیژن منفرد که باعث آسیب اکسیداتیو به کلروفیل و دیگر رنگدانه‌ها می‌شوند هستند (Jahns and Holzwarth, 2012). بنابراین، کاروتنوئیدها می‌توانند از دستگاه فتوسنتز در برابر اکسیداسیون نوری محافظت کرده و باعث پراکنده‌شدن انرژی

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0 ]

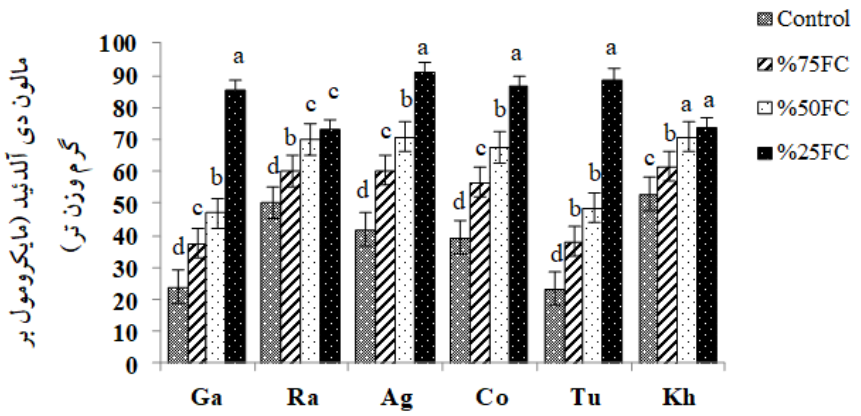



**شکل ۳- تأثیر چهار سطح تنش خشکی بر روی میزان A. کلروفیل کل B. کاروتنوئید در شش رقم انگور قره‌شیلیق (Ga)، رسمی (Ra)، آق‌شیلیق (Ag)، کوپک‌بوغان (Co)، توکیلگن (Tu)، خلیلی (Kh)**

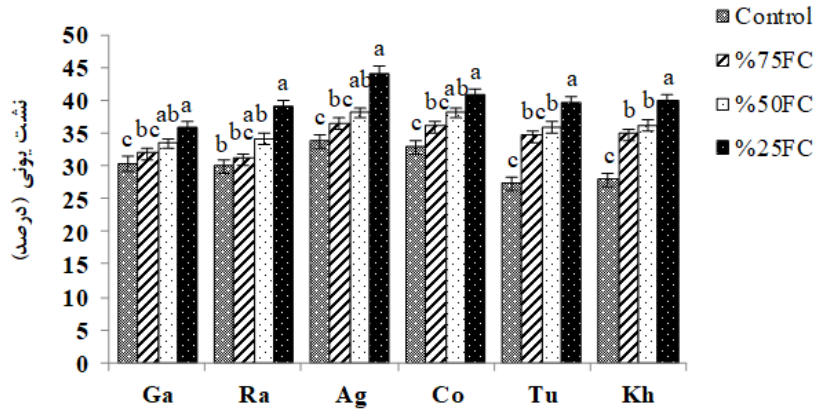
تحریکی بیش از حد در فتوسیستم I و فتوسیستم II شوند (Flowers and Colmer, 2008). کاهش قابل توجهی در میزان کاروتنوئید تحت شرایط تنش خشکی در بسیاری از محصولات گزارش شده است (Al-Huqail *et al.*, 2020; Haisel *et al.*, 2006). میزان کلروفیل و کارتنوئید در برگ‌های *C. Caticum* در طول چهار هفته تحت تنش خشکی کاهش یافت (Razavizadeh *et al.*, 2017). تنش اسمزی باعث کاهش میزان کاروتنوئید چهار ژنوتیپ از *Vigna mango* L. شد (Baroowa and Gogol, 2017). سه هفته تنش خشکی در *Brassica rapa* (Shawon *et al.*, 2018) و *Oudeneya africana* (Sihem *et al.*, 2020) باعث کاهش قابل توجهی در میزان کاروتنوئید شد.

**میزان مالون دی‌آلدئید:** با افزایش سطح تنش خشکی در شش رقم مورد مطالعه انگور میزان مالون دی‌آلدئید (MDA) در بیشتر ارقام انگور افزایش معنی‌داری پیدا کرد. نتایج حاصل نشان داد که در بین ارقام مورد مطالعه بیشترین میزان مالون دی‌آلدئید در رقم آق‌شیلیق با مقدار ۶۵/۹۱ مایکرومول بر گرم وزن تر مشاهده شد و کمترین میزان در رقم قره‌شیلیق با مقدار ۴۸/۵۳ مایکرومول بر گرم وزن تر بدست آمد. (شکل ۴). وقتی که در اثر تنش خشکی سطوح ROS بیش از ظرفیت جاروب گیاه باشد در غشاهای بیولوژیکی پراکسیداسیون لیپید از جمله مالون دی-آلدئید افزایش یافته و درنتیجه فرایندهای فیزیولوژیکی سلول را تحت تأثیر قرار می‌دهد، افزایش بیش از حد MDA منجر به از دست رفتن کارآیی غشا شده و در نهایت مرگ سلول را در پی خواهد داشت (Labudda, 2013). بنابراین، مالون دی‌آلدئید به

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0 ]




**شکل ۴- تأثیر چهار سطح تنش خشکی بر روی میزان مالون دی‌آلدئید در شش رقم انگور قره‌شیلیق (Ga)، رسمی (Ra)، آق‌شیلیق (Ag)، کوپک‌بوغان (Co)، توکیلگن (Tu)، خلیلی (Kh)**




**شکل ۵- تأثیر چهار سطح تنش خشکی بر روی میزان درصد نشت یونی در ۶ رقم انگور قره‌شیلیق (Ga)، رسمی (Ra)، آق‌شیلیق (Ag)، کوپک‌بوغان (Co)، توکیلگن (Tu)، خلیلی (Kh)**

عنوان شاخصی جهت آسیب اکسیداتیو تحت شرایط تنش است و باعث آسیب سلولی می‌شود (Li *et al.*, 2018). در تحقیقات ما مشخص شد که با افزایش سطح تنش خشکی میزان مالون دی‌آلدئید در رقم‌های حساس به خشکی مانند آق‌شیلیق و کوپک‌بوغان به مقدار بیشتری افزایش می‌یابد اما در رقم متحمل قره‌شیلیق و توکیلگن با افزایش تنش خشکی افزایش زیادی در میزان مالون دی‌آلدئید مشاهده نشد. یافته‌های مشابهی همچنین در تحقیقات Altinci و Cangi (۲۰۱۹) بدست آمد.

**نشت یونی:** نتایج حاصل نشان داد که با افزایش میزان تنش خشکی در همه ارقام انگور، میزان نشت یونی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در بین چهار سطح تنش افزایش معنی‌داری بین تنش شاهد و ۷۵٪ و بین تنش ۵۰٪ و ۲۵٪ مشاهده نشد. در بین شش رقم انگور بیشترین میزان نشت یونی در رقم آق‌شیلیق و کوپک‌بوغان که به‌ترتیب دارای مقادیر ۳۶/۹ و ۳۶/۶ درصد و کمترین میزان نشت یونی در رقم قره‌شیلیق با مقدار ۳۲/۸ درصد که به‌طور معنی‌داری با رقم‌های دیگر فرق داشت مشاهده شد. بعد از قره‌شیلیق کمترین میزان نشت یونی در رقم رسمی با مقدار ۳۳/۹ درصد مشاهده شد (شکل ۵). بیشترین میزان نشت یونی در رقم‌های حساس مثل کوپک‌بوغان و آق‌شیلیق نشان می‌دهد که کمترین میزان تنش خشکی در این ارقام استحکام غشا را از طریق افزایش نشت یونی تحت تأثیر قرار می‌دهد. یافته‌های مشابهی از نقش تنش در نشت الکترولیت روی ارقام انگور (Altinci and Cangi, 2019)، انجیر (Karimi *et al.*, 2012)، کیوی (Savee and Adillon, 1990)، اسفناج و کاهو

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0 ]

(Hnilickova *et al*., 2018) بدست آمده است. افزایش تنش خشکی منجر به اختلال در غشای سلولی و غیرفعال‌سازی پمپ‌های یونی واقع در غشای سلول می‌شود و درنتیجه سرعت نشت الکترولیت افزایش می‌یابد.

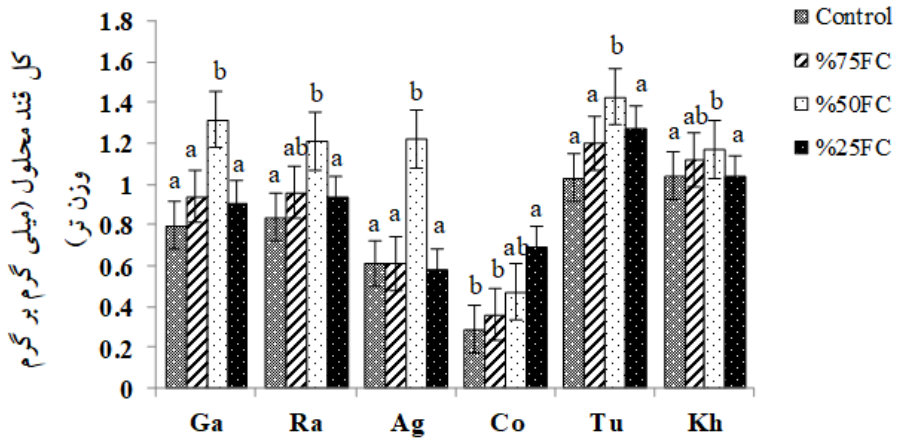
**میزان کل قند محلول:** مطابق نتایج با افزایش سطح تنش خشکی در شش رقم مورد مطالعه انگور میزان کل قندها به تدریج افزایش یافت. نتایج مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کل قند محلول به‌ترتیب مربوط به رقم توکیلگن با مقدار ۱/۲۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کوپک‌بوغان با مقدار ۰/۴۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر (در مقایسه با شاهد ۱۳٪) است (شکل ۶). در مقایسه میانگین بین سطوح مختلف تنش مشاهده شد که بیشترین میزان کل قند محلول مربوط به سطوح تنش ۵۰٪ رطوبت ظرفیت مزرعه می‌باشد که اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح تنش داشت. با افزایش میزان تنش خشکی در ارقام مورد مطالعه میزان کل قند محلول افزایش پیدا کرد. در بیشتر ارقام مورد مطالعه تا سطح تنش ۵۰ ٪ رطوبت ظرفیت مزرعه افزایش معنی‌داری در میزان کل قند محلول مشاهده شد و در سطح تنش ۲۵ ٪ رطوبت ظرفیت مزرعه افزایش معنی‌داری در میزان قند محلول مشاهده نشد که ممکن است به‌دلیل تنش زیاد و کاهش فعالیت فتوسنتزی و تولیدات گیاه باشد. در مطالعات Singh و Sharma (۲۰۰۰) مشخص شد که با افزایش سطح تنش میزان کل قندها به‌تدریج افزایش می‌یابد.

**میزان پرولین:** نتایج حاصل نشان داد که با افزایش میزان تنش خشکی به ۲۵٪ رطوبت ظرفیت مزرعه میزان پرولین در برگ‌های تمامی شش رقم انگور افزایش معنی‌داری یافت و بین چهار سطح تنش اختلاف معنی‌داری مشاهده شد که بیشترین میزان تغییرات پرولین در رقم قره‌شیلیق به مقدار ۰/۱۴ مایکرومول بر گرم وزن تر و کمترین میزان تغییرات پرولین در رقم کوپک‌بوغان به مقدار ۰/۰۶۷ مایکرومول بر گرم وزن تر بدست آمد (شکل ۷). پرولین از آمینواسیدهای متغییر و مهمی جهت تعیین ساختارهای غشایی و پروتینی و جاروب گونه‌های اکسیژن فعال تحت شرایط تنش است (Chun *et al*., 2018). ارقام از نظر توانایی تجمع پرولین تحت شرایط تنش با هم اختلاف دارند و ارقام مقاوم مانند قره‌شیلیق با سازوکار کاراتری قادرند باعث افزایش میزان تجمع پرولین گردند و از طریق تنظیم اسمزی مقاومت خود را نسبت به تنش کم آبی افزایش دهند. گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند مقدار زیادی از منابع کربن و نیتروژن خود را صرف سنتز تنظیم‌کننده‌های اسمزی از قبیل پرولین می‌کنند تا بتوانند فشار تورژسانس سلول‌های خود را حفظ کنند (Aranjuelo, 2011). در برگ‌های بالغ تجزیه پروتئین‌ها باعث کاهش غلظت آنها و درنتیجه افزایش اسیدهای آمینه آزاد از جمله پرولین می‌شود (Kulshreshtha *et al*., 1987) که افزایش غلظت پرولین در رقم‌هایی مثل آق‌شیلیق و کوپک‌بوغان تحت تنش ۲۵٪ را می‌توان به تجزیه بیشتر پروتئین‌ها نسبت داد و حساسیت آن‌ها را به خشکی تفسیر کرد.

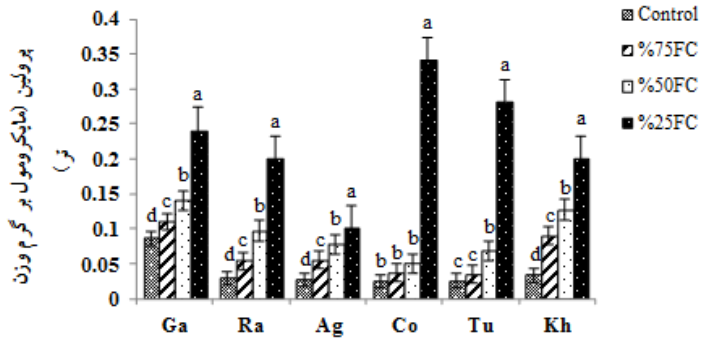
**فعالیت آنزیمی:** نتایج حاصل از سطوح مختلف تنش خشکی نشان داد که فعالیت آنزیم کاتالاز به‌طور معنی‌داری در طول تنش خشکی در بافت‌های برگی انگور افزایش یافت بطوریکه با افزایش تنش خشکی از شاهد به سمت تنش ۲۵٪ افزایش در همه سطوح تنش مشاهده شد ولی بین سطوح تنش ۵۰٪ و ۷۵٪ افزایش معنی‌داری مشاهده نشد. در بین رقم‌های مورد مطالعه بیشترین میزان آنزیم کاتالاز در رقم قره‌شیلیق به مقدار ۳/۰۲ مایکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه و سپس رقم‌های خلیلی و آق‌شیلیق به‌ترتیب به مقدار ۲/۸۸ و ۲/۵۷ مایکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه مشاهده شد و کمترین میزان آنزیم کاتالاز در مقایسه با شاهد در رقم کوپک‌بوغان به مقدار ۱/۴۱ مایکرومول بر گرم وزن تر بدست آمد (شکل ۸A).

نتایج حاصل همین‌طور نشان داد که با افزایش سطح تنش میزان آنزیم پراکسیداز نیز به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند. بطوریکه بیشترین میزان آنزیم پراکسیداز در رقم توکیلگن به مقدار ۵/۸۶ مایکرومول برگرم وزن تر در دقیقه و کمترین میزان این آنزیم در رقم رسمی به مقدار ۱/۳۹ مایکرومول بر گرم وزن تر بدست آمد (شکل ۸B). نتایج حاصل نشان می‌دهد که با افزایش سطح تنش خشکی تا ۲۵ ٪ رطوبت ظرفیت مزرعه افزایش معنی‌داری در همه سطوح تنش مشاهده شد که نتایج

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0 ]




**شکل ۶- تأثیر چهار سطح تنش خشکی بر روی میزان کل قند محلول در شش رقم انگور قره‌شیلیق (Ga)، رسمی (Ra)، آق‌شیلیق (Ag)، کوپک‌بوغان (Co)، توکیلگن (Tu)، خلیلی (Kh)**



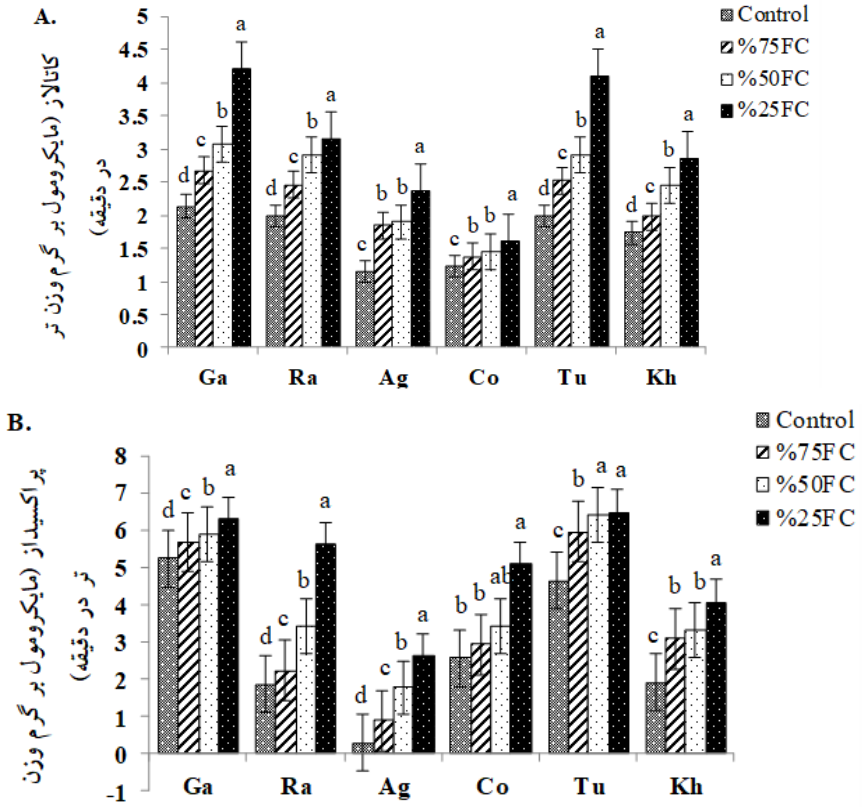

**شکل ۷- تأثیر چهار سطح تنش خشکی بر روی میزان پرولین در شش رقم انگور قره‌شیلیق (Ga)، رسمی (Ra)، آق‌شیلیق (Ag)، کوپک‌بوغان (Co)، توکیلگن (Tu)، خلیلی (Kh)**

حاصل با مطالعات کمانگر و حداد (۲۰۱۶) و میرزایی (۲۰۱۳) مطابقت داشت در حالیکه نتایج ما در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود.

سازگاری به خشکی ممکن است به مکانیسم‌های مختلفی مثل ظرفیت نگهداری سطوح بالایی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت بستگی داشته باشد. از طریق القای آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت درگیاهان تعدادی از آنزیم‌ها سطح پراکسید هیدروژن بین سلولی را تنظیم می‌کنند که کاتالاز مهمترین‌شان است. در این مطالعه افزایش معنی‌داری در فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز در برگ‌های گیاهان تنش‌دیده در مقایسه با شاهد مشاهده شد. فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در طول تنش خشکی در انگور cv. Romeiko (Doupis *et al.*, 2012) و انگور cv. Tempranillo (Salazar parra *et al.*, 2012) افزایش می‌یابد.

**همبستگی بین صفات:** نتایج حاصل از ضریب همبستگی پیرسون بیشترین همبستگی معنی‌دار و مثبت را بین کاروتنوئید و کلروفیل کل نشان داد (جدول ۲). طول شاخه بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با صفت تعداد برگ داشت و با صفت مالون دی‌آلدئید بیشترین همبستگی منفی نشان داد. صفت تعداد برگ بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با صفت محتوای نسبی آب برگ و با نشت یونی بیشترین همبستگی منفی نشان داد. مساحت برگ بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفت طول شاخه و بیشترین همبستگی منفی را با مالون دی‌آلدئید نشان داد. محتوای نسبی آب برگ بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفت کاروتنوئید و بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار را با نشت یونی نشان داد. صفت نشت یونی

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0 ]




**شکل ۸- تأثیر چهار سطح تنش خشکی بر روی میزان فعالیت آنزیم‌های A: کاتالاز، B: پراکسیداز در شش رقم انگور قره‌شیلیق (Ga)، رسمی (Ra)، آق‌شیلیق (Ag)، کوپک‌بوغان (Co)، توکیلگن (Tu)، خلیلی (Kh)**

**جدول ۳- ضریب همبستگی پیرسون در شش رقم از انگور**

| | ۱- طول شاخه | ۲- تعداد برگ | ۳- مساحت برگ | ۴- محتوای نسبی | ۵- کلروفیل کل | ۶- کاروتنوئید | ۷- نشت یونی | ۸- مالوندی آلدئید | ۹- کل قند محلول | ۱۰- پرولین | ۱۱- کاتالاز | ۱۲- پراکسیداز |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (۱) | ۱ | | | | | | | | | | | |
| (۲) | ۰/۶۳** | ۱ | | | | | | | | | | |
| (۳) | ۰/۶۴** | ۰/۳۵* | ۱ | | | | | | | | | |
| (۴) | ۰/۴۷** | ۰/۵۹** | ۰/۳۸* | ۱ | | | | | | | | |
| (۵) | ۰/۴۱ * | ۰/۳۴ ns | ۰/۰۳۶ ns | ۰/۶۲** | ۱ | | | | | | | |
| (۶) | ۰/۳۷* | ۰/۳۱* | ۰/۰۰۲ ns | ۰/۶۳** | ۰/۹۷** | ۱ | | | | | | |
| (۷) | -۰/۶۸** | -۰/۷۳** | -۰/۴۴** | -۰/۶۴** | -۰/۴۵** | -۰/۴۵** | ۱ | | | | | |
| (۸) | -۰/۷۶** | -۰/۶۹** | -۰/۶۰** | -۰/۵۹** | -۰/۵۴** | -۰/۴۹** | ۰/۷۴** | ۱ | | | | |
| (۹) | ۰/۰۵ ns | ۰/۱۲ns | -۰/۱۳ns | -۰/۰۸ns | ۰/۰۶۹ ns | ۰/۱۲ ns | -۰/۰۰۹ns | ۰/۰۳۶ns | ۱ | | | |
| (۱۰) | -۰/۵۵** | -۰/۵۳** | -۰/۵۸** | -۰/۴۱* | -۰/۰۳ns | ۰/۰۰۳ns | ۰/۶۰** | ۰/۶۵** | ۰/۱۷ns | ۱ | | |
| (۱۱) | -۰/۳۷ ns | -۰/۲۵* | -۰/۴۸** | -۰/۲۵ ns | ۰/۱۶ns | ۰/۲۶ ns | ۰/۲۶ns | ۰/۳۴* | ۰/۵۱** | ۰/۵۵** | ۱ | |
| (۱۲) | -۰/۱۵ns | -۰/۰۷ns | -۰/۲۶ns | -۰/۰۲۷ns | ۰/۳۵ns | ۰/۳۸* | ۰/۲۰ns | ۰/۰۲۲ ns | ۰/۳۹* | ۰/۵۴** | ۰/۵۹** | ۱ |

****، *، ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داربودن داده‌ها درسطح ۱٪، ۵٪ و غیرمعنی‌داربودن**

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0 ]

بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار را با صفت تعداد برگ و صفت مالون دی‌آلدئید بیشترین همبستگی معنی‌دار و منفی را با صفت طول شاخه نشان دادند. افزایش تجمع مالون دی‌آلدئید با کاهش محتوای نسبی آب برگ و رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ‌هایی که به‌مدت طولانی تحت تنش آبی قرار گرفته‌اند ارتباط دارد (Labudda, 2013). کل قند محلول با همه صفات مورد مطالعه بجز پرولین و کاتالاز همبستگی غیرمعنی‌داری نشان داد. کاتالاز بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌داری را با پرولین نشان داد. صفت پراکسیداز نیز بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌داری را با صفت کاتالاز نشان داد.

نتایج نشان داد که بین نشت الکترولیت و صفات میزان کلروفیل کل، محتوی نسبی آب برگ و کاروتنوئید همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد، لذا ارقامی که نشت یونی کمتر و میزان کلروفیل، کارتنوئید و محتوی نسبی آب بالایی دارند، احتمالاً مقاومت بهتری نسبت به تنش خشکی دارند که ارقام قره‌شیلیق و توکیلگن چنین خصوصیاتی را از خود نشان دادند. همچنین بین نشت یونی و مالون دی‌آلدهید همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد که نشان می‌دهد ارقامی با غلظت مالون دی‌آلدهید کمتر، به احتمال زیاد مقاومت به تنش بهتری داشتند.

نتایج همچنین نشان داد ارقامی که پرولین بیشتری داشتند، نشت یونی ،مالون دی‌آلدهید، میزان کلروفیل، مساحت برگ، تعداد برگ و طول شاخه کمتری داشتند، ولی بالابودن میزان پرولین نمی‌تواند تنها به‌عنوان یک شاخص خوب برای تعیین مقاومت به خشکی ارقام انگور استفاده شود. البته بین آنزیم‌های اندازه‌گیری‌شده و پرولین همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد که نشان می‌دهد ارقامی که پرولین بیشتری تولید می‌کنند، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نیز در آنها بیشتر است. ولی بین آنزیم‌های مورد مطالعه و سایر صفات همبستگی معنی‌دار مشاهد نشد.

## نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که افزایش سطح تنش خشکی و درنهایت افزایش سطوح ROS باعث ایجاد تأثیرات منفی در رشدونمو گیاه خواهد شد. با افزایش تنش خشکی پارامترهای رشدی گیاه و میزان کلروفیل و کاروتنوئید و میزان رطوبت نسبی آب برگ کاهش یافته و میزان نشت یونی، مالون دی‌آلدئید، قند محلول، پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج حاصل از تحقیق و ضریب همبستگی بین صفات، در بین ارقام مورد مطالعه رقم قره‌شیلیق و توکیلگن جز ارقام متحمل به خشکی و رقم‌های کوپک‌بوغان و آق‌شیلیق جز ارقام حساس به خشکی و بقیه ارقام جز ارقام نیمه‌حساس به خشکی معرفی شدند.

## منابع


محسنی‌فرد، ا.، نجاتیان، م. ع.، حسینی سالکده، ق.، محمدپرست، ب. و مویدی‌نژاد، ا. (۱۳۹۸) تأثیر تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو رقم انگور. فرایند و کارکردهای گیاهی ۳۲: ۳۹۰-۳۷۷.

مهری، ح. ر.، قبادی، س.، بانی‌نسب، ب.، احسان‌زاده، پ. و غلامی، م. (۱۳۹۳) بررسی برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک چهار رقم انگور ایرانی به تنش خشکی در شرایط درون شیشه‌ای ۱۰.

Altinci, N. T. and Cangi, R. (2019) Drought tolerance of some wine grape cultivars under *in vitro* conditions. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University 36: 145-151.

Al-Huqail, A., El-Dakak, R. M., Sanad, M. N., Badr, R. H., Ibrahim, M. M., Soliman, D. and Khan. F. (2020) Effects of climate temperature and water stress on plant growth and accumulation of antioxidant compounds in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) leafy vegetable. Scientifica 12.

Aghaie, P., Tafreshi, S. A. H., Ebrahimi, M. A. and Haerinasab, M. (2018) Tolerance evaluation and clustering of fourteen tomato cultivars grown under mild and severe drought conditions. Scientia Horticulturae 232: 1-12.

Aradhya, M. K., Dangl, G. S., Prins, B. H., Boursiquot, J. M., Walker, M. A., Meredith, C. P. and Simon, C. J. (2003) Genetic structure and differentiation in cultivated grape, *Vitis vinifera* L. Genetics Research 81: 179-192.

Aranjuelo, I., Molero, G., Erice, G., Christophe Avice, J. and Nogues, S. (2011) Plant physiology and proteomics reveals the leaf response to drought in alfalfa (*Medicago sativa* L.). Journal of Experimental Botany 62: 111-123.


[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0 ]

Banger, P., Chaudhury, A., Tiwari, B., Kumar, S., Kumari, R. and Bhat, K. V. (2019) Morphophysiological and biochemical response of mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] varieties varieties at different developmental stages under drought stress. Turkish Journal Of Biology 43: 58-69.

Baroowa, B. and Gogol, N. (2017) The effect of osmotic stress on anti-oxidative capacity of Black Gram (*Vigna mungo* L.). Experimental Agriculture 53: 84-99.

Bates, L. S., Woldren, R. P. and Teare, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Bhargavi, B., Kalpana, K. and Reddy, J. K. (2017) Influence of water stress on morphological and physiological changes in *Andrographis paniculata*. International Journal of Pure and Applied Bioscience 5: 1550-1556.

Bhattacharjee, S. and Mukherjee, A. K. (2002) Salt stress induced cytosolute accumulation, antioxidant response and membrane deterioration in three rice cultivars during early germination. Seed Science and Technology 30: 279-287.

Bijanzadeh, E. and Emam, Y. (2010) Effect of defoliation and drought stress on yield components and chlorophyll content of wheat. Pakistan Journal of Biological Sciences 15: 699-705.

Blum, A. (2005) Drought resistance, water-use efficiency and yield potential are they compatible, dissonant or mutually exclusive. Australian Journal of Agricultural Research 56: 1159-1168.

Chance, B. and Maehly, A. C. (1955) Assay of catalase and peroxidases. Methods in Enzymology 11: 764-775.

Chun, S. C., Paramasivan, M. and Chandrasekaran, M. (2018) Proline accumulation influenced by osmotic stress in arbuscular mycorrhizal symbiotic plants. Frontiers in Microbiology 9: 2525.

Costa, J. M., Vaz, M., Escalona, J., Egipto, R., Lopes, C., Medrano, H. and Chaves, M. M. (2016) Modern viticulture in southern Europe: Vulnerabilities and strategies for adaptation to water scarcity. Agricultural Water Management 164: 5-18.

Deka, D., Singh, A. K. and Singh, A. K. (2018) Effect of drought stress on crop plants with special reference to drought avoidance and tolerance mechanisms: A review. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 7: 2703-2721.

Doupis, G., Chartzoulakis, K. and Patakas, A. (2012) Differences in antioxidant mechanisms in grapevines subjected to drought and enhanced UV-B radiation. Emirates Journal of Food and Agriculture 24: 607-613.

Egert, M. and Tevini, M. (2002) Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoenoprasum*). Environmental Express 48: 43-49.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S. M. A. (2009) Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 29: 185-212.

Flowers, T. J. and Colmer, T. D. (2008) Salinity tolerance in halophytes. New Phytologist 179: 945-963.

Flexas, J. and Medrano, H. (2002) Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: Stomatal and non stomatal limitation revisited. Annals of Botany 89: 183-189.

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

Griesser, M., Weingart, G., Schoedl-Hummel, K., Neumann, N. and Becker, M. (2015) Severe drought stress is affecting selected primary metabolites, polyphenols, and volatile metabolites in grapevine leaves (*Vitis vinifera* cv. Pinot noir). Plant Physiology and Biochemistry 88: 17-26.

Heath, R. L. and Packer, L. (1968) Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I kinetics and stoichiometry of fatty acid penoxidation, arch. Biochemical and Biophysical 125: 189-198.

Haisel, D., Pospisilova, J., Synkova, H., Schnablova, R. and Batkova, P. (2006) Effects of abscisic acid or benzyladenine on pigment contents, chlorophyll fluorescence, and chloroplast ultrastructure during water stress and after rehydration. Photosynthetica 44: 606-614.

Hnilickova, H., Hnilicka1, F., Orsak, M. and Hejnak, V. (2018) Effect of salt stress on growth, electrolyte leakage, $Na^+$ and $K^+$ content in selected plant species. Plant, Soil and Environment 62: 314-320.

Homayoun, H., Daliri, M. S. and Mehrabi, P. (2011) Effect of drought stress on leaf chlorophyll in corn cultivars (*Zea mays*). Middle East Journal of Scientific Research 9: 418-420.

Huyskens- Keil, S. and Schreiner, M. (2003) Quality of fruits and vegetables. Journal of Applied Botany 77: 147-151.

In, B. C., Motomura, S., Inamoto, K., Doi, M. and Mori, G. (2007) Multivariate analysis of relations between preharvest environmental factors, postharvest morphological and physiological factors and vase life of cut Asami Red roses. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 76: 66-72.

Jahns, P. and Holztwarth, A. R. ( 2012) The role of the xanthophyll cycle and the lutein in photoprotection of photosystem II. Biochimica et Biophysica Acta 1817: 182-193.

Karimi, S., Hojati, S., Eshghi, S., Moghaddam, R. N. and Jandoust, S. (2012) Magnetic exposure improves tolerance of fig 'Sabz' explants to drought stress induced in vitro. Scientia Horticulturae 137: 95-99.

Koundouras, S., Tsialtas, I. T., Zioziou, E. and Nikolaou, N. (2008) Rootstock effects on the adaptive strategies of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet–Sauvignon) under contrasting water status: Leaf physiological and structural responses. Agriculture, Ecosystems and Environment 128: 86-96.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0 ]

Kulshreshtha, S., Mishra, D. P. and Gupta, R. K. (1987) Changes in content of chlorophyll, proteins and lipids in whole chloroplast and chloroplast membrane fractions at different leaf water potentials indrought resistant and sensitive genotypes of wheat. Photosynthetica 21: 65-70.

Kumawat, K. R. and Sharma, N. K. (2018) Effect of drought stress on plants growth. Popular Kheti 6: 239-241.

Labudda, M. (2013) Lipid peroxidation as a biochemical marker for oxidative stress during drought. An effective tool for plant breeding. E-wydawnictwo, Poland, http://www.e-wydawnictwo.eu/Document/DocumentPreview/3342.

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.

Li, J., Yu, G., Sun, X., Liu, Y., Liu, J., Zhang, X. and Pan, H. (2015) AcPIP2, a plasma membrane intrinsic protein from halophyte *Atriplex canescens*, enhances plant growth rate and abiotic stress tolerance when overexpressed in Arabidopsis thaliana. Plant Cell Reports 1-15.

Li, J., Arkorful, E., Cheng, S., Zhou, Q., Li, H., Chen, X., Sun, K. and Li, X. (2018) Alleviation of cold damage by exogenous application of melatonin in vegetatively propagated tea plant (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze). Scientia Horticulturae 238: 356-362.

Lichtenthaler, H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. In: Methods in Enzymology (eds. Wilchek, M. and Bayer, E. A.) Pp. 350-382. Academic Press, Cambridge.

Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P. C. and Sohrabi, E. (2010) Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. Australian Journal of Crop Science 4: 580-585.

Mederos, M. (2007) Culture medium requirements for micropropagation of *Vitis vinifera* L. cv. Listan Blanco. Acta Horticulturae 754: 265-271.

Meloni, D. A., Oliva, M. A., Martinez, C. A. and Cambraia, J. (2003) Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. Brazilian Journal of Plant Physiology 15: 12-21.

Monakhova, O. F. and Chernyad'v, I. I. (2002) Protective role of kartolin-4 in wheat plants exposed to soil drought. Applied Biochemistry and Microbiology 38: 373-380.

Nematpour, A., Eshghizadeh, H. R., Zahedi, M. and Gheysari, M. (2020) Interactive effects of sowing date and nitrogen fertilizer on water and nitrogen use efficiency in millet cultivars under drought stress. Journal of Plant Nutrition 43: 122-137.

Niliwajski, M. and Sklodowska, M. (2021) The relationship between the antioxidant system and proline metabolism in the leaves of cucumber plants acclimated to salt stress. Cells 10: 609.

Paranychianakis, N. V., Chartzoulakis, K. S. and Andreas, N. A. (2004) Influence of rootstock, irrigation level and recycled water on water relations and leaf gas exchange of Soultanina grapevines. Environmental and Experimental Botany 52: 185-198.

Pinheiro, C. and Chaves, M. M. (2011) Photosynthesis and drought: Can we make metabolic connections from available data? Journal of Experimental Botany 62: 869-882.

Razavizadeh, R., Adabavazeh, F., Rostami, F. and Teimouri, A. (2017) Comparative study of osmotic stress effects on the defense mechanisms and secondary metabolites in *Carum copticum* seedling and callus. Journal of Plant Process and Function 5.

Sairam, R. K. and Srivastava, G. C. (2001) Water stress tolerance of wheat *Triticum aestivum* L.: Variation in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotype. Journal of Agronomy and Crop Science 186: 63-70.

Salazar-Parra, C., Aguirreolea, J., Sanchez-Daz, M., Irigoyen, J. J. and Morales, J. (2012) Climate change (elevated $CO_2$, elevated temperature and moderate drought) triggers the antioxidant enzymes' response of grapevine cv. Tempranillo, avoiding oxidative damage. Physiologia Plantarum 144: 99-110.

Salehi-Lisar, S. Y. and Bakhshayeshan-Agdam, H. (2016) Drought Stress Tolerance in Plants. Springer, Cham, Switzerland.

Savee, R. and Adillon, J. (1990) Comparision between plant water relations of in vitro plants and rooted cuttings of kiwifruit. Acta Horticulturae 282: 53-57.

Sharifa, S. and Muriefah. A, (2015) Effects of paclobutrazol on growth and physiological attributes of Soybean (*Glycine max*) plants grown under water stress conditions. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences 2: 81-93.

Shawon, R. A., Kang, B. S., Kim, H. C., Lee, S. G., Kim, S. K., Lee, H. G., Bae, J. H. and Ku, Y. G. (2018) Changes in free amino acid, carotenoid, and proline content in chinese cabbage (*Brassica rapa* subsp. Pekinensis) in response to drought stress. Korean Journal of Plant Resources 31: 622-633.

Singh, S. K., Sharma, H. S., Datta, S. B. and Singh, S. P. (2000) In vitro growth and leaf compsition of grapevine cultivars as affected by sodium chloride. Biologia Plantarum 43: 283-286.

Smirnoff, N. (1993) The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. New Phytologist 125: 27-58.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0 ]

Sihem, T., Antonio, R. J., Mariam, S., Maria, R. S., Katiuska, E. C., Mohamed, D. and Maria, S. L. (2020) Effect of drought on growth, photosynthesis and total antioxidant capacity of the Saharan plant *Oudeneya africana*. Environmental and Experimental Botany 176.

Srivastava, S. and Srivastava, M. (2014) Morphological changes and antioxidant activity of Stevia rebaudiana under water stress. American Journal of Plant Sciences 5: 3417.

Suklje, K., Antalick, G., Coetzee, Z., Schmidtke, L., Cesnik, H. B., Brandt, J., du Toit, W., Lisjak, K. and Deloire, A. (2014) Effect of leaf removal and ultraviolet radiation on the composition and sensory perception of *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon Blanc wine. Australian Journal of Grape and Wine Research 20: 223-233.

Tsegay, D., Amsalem, D., Almeida, M. and Crandles, M. (2014) Responses of grapevine rootstocks to drought stress. International Journal of Plant Physiology and Biochemistry 6: 1-6.

Watanabe, S., Kojima, K. and Ide, Y. (2000) Effects of saline and osmotic stress on proline and sugar accumulation in Populus euphratica in vitro. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 63: 199.

Yamasaki, S. and Dillenburg, L. R. (1999) Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. Brazilian Journal of Plant Physiology 11: 69-75.

Zeid, I. M. and Sheedeed, Z. A. (2006) Response of alfalfa to putrescine treatment under drought stress. Biologia Plantarum 50: 635-640.

Zulini, L., Rubinigg, M., Zorer, R. and Bertamini, M. (2007) Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence and photosyntheticpigments in grapevine leaves (*Vitis vinifera* cv. "White Riesling"). Acta Horticulturae 754: 289-294.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0 ]

# Impact of drought stress on morphological and physiological traits in some Iranian grape cultivars

**Somayyeh Fahim[1], Alireza Ghanbari[1*], Amir Mohammad Naji[1], Ali Akbar Shokohian[3], Hasan Maleki Lajayer[3]**

**[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University,**
**[2] Department of Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University,**
**[3] Department of Agriculture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University**
**(Received: 30/06/2021, Accepted: 11/10/2021)**

## Abstract

Lack of rainfall as well as rising temperatures have caused problems in the agricultural crop cultivation in many areas. Grapevine is one of the most important economic products in horticulture. Due to the importance of grapes as important economic products in horticulture, identification and use of resistant cultivars to drought stress is one of the basic steps and the important goals in plant breeding programs. This research was carried out in factorial experiment in randomized complete design with three replications in 2020. Experimental factors included different levels of drought stress and six grapvine cultivars. The results of this study showed that with increasing stress level in 6 grape cultivars, plant growth parameters, RWC, and photosynthetic pigment content decreased significantly ($P < 0.01$), whereas the greatest decrease was observed at the stress level of 25% FC. Also, increasing drought stress levels the EL, MDA, total soluble sugars, proline and antioxidant enzymes content increased in more cultivars, significantly ($P < 0.01$). Increasing drought stress to 25% FC, the highest and lowest leaf area decrease percentage compared to the control were observed in Copake Bogan (68%) and Gharashilig (45%) cultivars, respectively. Among the studied cultivars, the highest and lowest EL content were observed in Aghshilig and Gharashilig cultivars, which had 36% and 32.8%, respectively. The highest proline content was obtained in Gharashilig cultivar (0.14 µmol $g^{-1}$ FW) and the lowest in Copake Bogan cultivar (0.067 µmol $g^{-1}$ FW). Also, The highest and lowest catalase enzyme content were obtained in Gharashilig cultivar (3.02 µmol $g^{-1}$ FW.min) and Copake Bogan (1.41 µmol $g^{-1}$ FW.min), respectively. The highest peroxidase enzyme content was obtained in Tukilgen (5.86 µmol $g^{-1}$ FW.min) and the lowest content in Rasmi (1.39 µmol $g^{-1}$ FW.min) cultivar. Based on the results showed, Aghshiligh and Copake Bogan cultivars were drought-sensitive and Garashiligh cultivars drought-tolerant and the rest are semi-drought sensitive cultivars.

**Keywords:** Peroxidase, Proline, Relative water content, Catalase, Malondialdehyd

Corresponding author, Email: ghanbari66@uma.ac.ir

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0 ]