نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص.۳۲۶-۳۱۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 2, Summer 2017, P. 315-326
ISSN: 2008 - 4730

بررسی تاثیر تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سه رقم انگور (*Vitis vinifera* L.)

مهدی آران[۱] - بهرام عابدی[۲*] - علی تهرانی فر[۳] - مهدی پارسا[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۰۵

چکیده

به‌منظور بررسی تاثیر تنش خشکی بر برخی از ویژگی‌های سه رقم انگور (یاقوتی، بیدانه سفید و عسکری)، آزمایشی گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال‌های۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. تیمارهای آبیاری در چهار سطح، شامل تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش متوسط (۶۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش شدید (۳۰ درصد ظرفیت زراعی) و تیمار آبیاری مجدد پس از تیمار تنش شدید انجام شدند. نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی، شاخص‌های رشدی، شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ‌ها کاهش می‌یابد و در شرایط تنش خشکی شدید رقم یاقوتی دارای بیشترین میزان افزایش ارتفاع (۹/۱۲ سانتیمتر)، تعداد برگ (۳۵/۱۲)، وزن خشک برگ و ساقه (به ترتیب ۴/۹۲ و ۸/۴۱ گرم) و محتوای نسبی آب برگ (۸۵/۴۹ درصد) بود. میزان نشت الکترولیت‌ها، میزان قندهای محلول کل، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنلی و پرولین با افزایش شدت تنش خشکی افزایش یافت. در شرایط تنش خشکی رقم بیدانه سفید دارای بیشترین میزان نشت الکترولیت‌ها بود و رقم یاقوتی بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۴۵/۳ درصد) و پرولین (۱۱/۱۲ میکرو مول بر گرم وزن خشک) را در شرایط تنش خشکی شدید نسبت به دو رقم دیگر داشت. با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش به نظر می‌رسد که رقم یاقوتی نسبت به دو رقم دیگر به خشکی متحمل‌تر است.

واژه‌های کلیدی: پرولین، شاخص‌های رشدی، میزان قندهای محلول، محتوای نسبی آب برگ

مقدمه

امروزه کمبود آب یکی از محدودیت‌های توسعه کشاورزی در دنیا محسوب و سبب کاهش ۱۷ درصد تولیدات کشاورزی در سطح جهانی می‌شود. همچنین بالا رفتن دمای هوا باعث افزایش تبخیر و تعرق شده و نیاز آبی گیاهان را افزایش می‌دهد (۲). با توجه به اینکه ایران یکی از مناطق کم آب جهان به شمار می‌رود، جستجوی راهکارهایی جهت کاهش مصرف و حفظ منابع آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از این راهکارها، استفاده از ارقام مقاوم و بکارگیری مکانیسم‌هایی است که بتوان مقاومت گیاهان را نسبت به کمبود آب در مناطق خشک و نیمه خشک افزایش داد (۱۳).

آزمایش‌های متعددی برای مقایسه تحمل نسبی ژنوتیپ‌های مختلف درختان به تنش خشکی انجام شده است و معیارهای کارآمدی برای انتخاب گیاهان با عملکرد بهتر پیشنهاد شده است که شامل القای تعادل اسمزی بالا، بهره‌وری بالای مصرف آب، مقدار کلروفیل بالا، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا، کاهش کم در مقدار آب نسبی و حفظ ظرفیت رشدی و فتوسنتزی برگ‌ها می‌باشند (۳۰ و ۳۱). تنش آبی می‌تواند سبب القاء واکنش در تمامی سطوح سازمانی گیاهان از قبیل سلولی، متابولیسمی و مولکولی شوند (۲۸). اثرات اولیه خشکی در درختان معمولاً کاهش هدایت روزنه‌ای، پتانسیل آبی، پتانسیل اسمزی، رشد برگ و فتوسنتز می‌باشد که منجر به کاهش از دست دهی آب می‌شود، هرچند این عمل سبب کاهش قدرت تولید در گیاه می‌گردد (۳۱). با کاهش محتوای آب برگ در اثر تنش خشکی، سلول‌ها چروک خورده و دیواره سلولی پایداری خود را از دست می‌دهد. در نتیجه سطح برگ کاهش می‌یابد و رشد گیاه کم می‌شود (۴۷).

بسته شدن روزنه‌ها احتمالاً مهمترین عامل کنترل متابولیسم کربن تحت تنش خشکی ملایم است (۱۰). کاهش CO_2 درون سلولی نتیجه کاهش بیش از حد اجزاء زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌باشد که منجر به ایجاد گونه‌های اکسیژن واکنش گر (ROS) می‌شوند

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته دکتری، استادیار و استاد گروه علوم باغبانی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴ - دانشیار گروه زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: abedy@um.ac.ir
DOI: 10.22067/jhorts4.v0i0.53495

(۳۲). در گیاهان، تجمع مواد اسمولیت (مانند اسید آمینه پرولین و قندهای محلول) باعث جلوگیری از فروپاشی غشاء سلولی و غیرفعال شدن آنزیم‌ها می‌گردد (۱۰ و ۲۵) و نیز با حذف گونه‌های فعال اکسیژن اضافی سبب احیاء تعادل اکسایش سلولی و یا با ایجاد تعادل اسمزی سبب حفظ فشار سلولی می‌شود. ظرفیت تجمع پرولین با تحمل به تنش‌های مختلف از جمله تنش خشکی، شوری بالا و فلزات سنگین همبستگی دارد. در سطح مولکولی، ژن‌های دخیل در سنتز نگهدارنده‌های اسمزی[1] تحت تنش تحریک می‌شوند (۲۸).

علاوه بر صفات مورفولوژیکی که در سازگاری گیاه به شرایط تنش خشکی مورد توجه قرار می‌گیرند، صفات فیزیولوژیکی نیز اهمیت حیاتی در بقا و سازگاری گیاهان به تنش‌های محیطی دارند و از این رو توجه به شاخص‌های فیزیولوژیکی به منظور مطالعه میزان مقاومت به خشکی یکی از جنبه‌های مهم مقاومت به خشکی در گیاهان به حساب می‌آید. تحمل به خشکی یک صفت ساده از نظر کنترل ژنتیکی نبوده بلکه ترکیبی از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی است که بطور مثال با صفات محتوی نسبی آب برگ، میزان نشت الکترولیت‌ها، میزان کلروفیل، پرولین، تنظیم اسمزی و تبادلات گازی در ارتباط است (۶). از دیگر صفات شاخص در تحمل به خشکی می‌توان به مواردی مانند ارتفاع بوته، قطر تنه، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ (۲۷) اشاره کرد.

عکس العمل ارقام انگور نسبت به تنش خشکی متفاوت می‌باشد و به طور کلی کمبود آب موجب کاهش طول شاخه، ریشه و سطح برگ می‌گردد (۴۸). در ارقام مقاوم انگور تنظیم هدایت هیدرولیکی با کاهش سطح برگ یا تنظیم روزنه‌ای انجام می‌گیرد. برخی از نتایج بدست آمده از پژوهش‌های انجام شده در رابطه با پاسخ انگور به کمبود آب شامل کاهش در هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز (۱۹، ۲۷ و ۴۲)، کاهش گسترش برگ‌ها و طویل شدن میانگره‌ها (۹)، کاهش عملکرد (۳۱) و محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت و تعداد برگ (۱۹) می‌باشد. براساس آزمایش انجام داده شده در دو رقم انگور خوشناو و رشه علاوه بر کاهش سرعت فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای در ضمن میزان کلروفیل در هر دو رقم مورد آزمایش کاهش نشان داده و میزان کاهش کلروفیل در رقم خوشناو بیشتر از رشه بوده است (۱۷). همچنین در بررسی دیگری بر روی سه رقم انگور، شاخص‌های رشدی، RWC و کلروفیل در این ارقام کاهش و مقدار قند و پرولین افزایش نشان داد (۲۳). کشت دیم انگور در برخی از استان‌های کشور رایج است و در این مناطق بوته‌های انگور در بخشی از رشد سالیانه خود یعنی تابستان که تبخیر و تعرق زیاد است، شدیداً تحت تاثیر تنش خشکی و کمبود آب قرار می‌گیرند و با مشکلاتی از جمله کوتاه شدن دوره رشد، کاهش گل انگیزی و پیری فیزیولوژیک مواجه می‌شوند که در نهایت می‌تواند به کاهش عملکرد و از بین رفتن بوته‌ها منجر گردد (۱۸). لذا تحقیق در مورد مقاومت ارقام مختلف انگور به تنش خشکی ضروری به نظر می‌رسد. این مطالعه با هدف بررسی تاثیر تنش خشکی بر روی برخی از خصوصیات سه رقم انگور یاقوتی، بیدانه سفید و عسکری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور بررسی تاثیر تنش خشکی بر برخی از ویژگی‌های سه رقم انگور یاقوتی، بیدانه سفید و عسکری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دانشگاه فردوسی مشهد و به صورت گلدانی در هوای آزاد در سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. در زمان اعمال تنش میانگین دما ۲۸/۶ درجه سانتیگراد و میانگین رطوبت ۲۱/۲ درصد بود. ابتدا نهال‌های یکساله رقم‌های انگور بیدانه سفید و عسکری در فروردین ماه سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ از نهالستان‌های معتبر مشهد و نهال‌های رقم یاقوتی از شهرستان زابل در استان سیستان و بلوچستان تهیه و به گلدان‌های پلاستیکی سیاه رنگ با حجم ۲۰ لیتر و با قطر دهانه ۳۳ سانتیمتر و ارتفاع ۳۶ سانتیمتر حاوی مخلوطی از ماسه، خاکبرگ و خاک باغچه به نسبت مساوی (۱:۱:۱) منتقل شدند. درصد رطوبت ظرفیت زراعی (FC) خاک گلدان‌ها ۲۵ درصد بود. نهال‌های تازه کاشته شده در گلدان‌ها تا ابتدای تیرماه به طور یکسان آبیاری شدند. تیمارهای آبیاری در این پژوهش در چهار سطح انجام گرفت که سه تیمار اول شامل تیمار شاهد (آبیاری با ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش متوسط (آبیاری با ۶۰ درصد ظرفیت زراعی) و تنش شدید (آبیاری با ۳۰ درصد ظرفیت زراعی) بود که به روش وزنی و به مدت ۲ ماه (از ابتدای تیرماه تا پایان مرداد ماه) انجام گرفت و تیمار چهارم به این صورت انجام گرفت که پس از اعمال تیمار آبیاری با ۳۰ درصد ظرفیت زراعی از ابتدای شهریور به مدت دو هفته آبیاری مجدد انجام شد. با وزن کردن روزانه گلدان‌ها، وضعیت رطوبتی آنها مشخص و بدین ترتیب نقصان رطوبتی گلدان‌ها با اضافه نمودن آب به حد تنش مورد نظر جبران گردید.

پس از اعمال تیمارهای خشکی (پایان مرداد ماه) و آبیاری مجدد، ارتفاع بوته، قطر ساقه (بوسیله کولیس دیجیتال)، تعداد برگ در گیاه، وزن تر و خشک برگ‌ها و وزن خشک ساقه اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌های موردنظر را به مدت ۷۲ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتیگراد قرار داده و سپس توسط ترازوی حساس توزین گردید. برای اندازه‌گیری میزان محتوای نسبی آب برگ (RWC)[2]، ابتدا از گیاه، نمونه‌های برگی تهیه و از برگها ۵ قطعه به

1- Osmoprotectants

2 - Relative Water Content

مساحت تقریبی ۹-۱۰ میلی مترمربع تهیه و سریعا وزن تازه آنها (W_F) تعیین گردید. سپس تکه‌های برگ در پتری‌های درب دار داخل آب مقطر در شرایط آزمایشگاه و نور کم به مدت ۴ ساعت شناور شدند، پس از این مدت تکه‌های برگ از آب مقطر خارج و سطح آنها به آرامی بوسیله دستمال کاغذی خشک و سریعا وزن آماس آنها (W_T) تعیین شد. بعد از آن نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد در آون قرار داده شدند و وزن خشک آنها (W_D) گرفته شد و سپس میزان محتوای آب نسبی برگ از رابطه زیر محاسبه شد (۱۶):

$$(\%)\ RWC = [(W_F - W_D) / (W_T - W_D)] \times 100 \qquad (۱)$$

اندازه‌گیری شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه SPAD (مدل 502-Minolta-Japan) صورت گرفت. جهت اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها ۰/۱ گرم نمونه برگ به اندازه‌های یکسان تهیه گردیده و در ظروف حاوی ۱۰ میلی لیتر آب مقطر قرار داده شد. بعد از آن نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد قرا داده شدند و پس از سرد شدن در دمای اتاق EC آنها با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی اندازه‌گیری شد (C_1). سپس نمونه‌ها در حمام آب ۱۰۰درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ دقیقه حرارت داده شده و بوسیله دستگاه هدایت سنج الکتریکی EC آن اندازه‌گیری شد (C_2). سپس از طریق فرمول زیر درصد نشت الکترولیت‌ها بدست آمد (۴۱).

$$(\%)\ EL = (C_1 / C_2) \times 100 \qquad (۲)$$

به‌منظور اندازه‌گیری میزان قندهای محلول کل، به عصاره‌های حاصل از ۰/۵ گرم برگ به همراه ۱۰ میلی لیتر اتانول ۹۵ درصد، ۳ میلی لیتر معرف آنترون اضافه و پس از اعمال ۱۰ دقیقه دمای آب جوش، میزان جذب نور در طول موج ۶۳۰ نانومتر قرائت گردید (۲۱).

برای تعیین میزان پرولین، ۲ میلی لیتر از عصاره حاصل از ۰/۵ گرم برگ تازه و ۱۰ میلی لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد با ۲ میلی لیتر معرف ناین هیدرین و ۲ میلی لیتر اسید استیک خالص مخلوط گردیده و به مدت یک ساعت در حمام آب جوش قرار داده شد و پس از افزودن تولوئن میزان جذب نور فاز فوقانی در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (۵). مقادیر فنل کل در نمونه‌های عصاره گیاهی توسط روش فولین سیوکالتو اندازه-گیری گردید (۳۳).

برای اندازه‌گیری ظرفیت تخریب رادیکال‌های فعال ۱۰۰ میلی گرم ماده برگی تازه جدا و عصاره‌گیری با اتانول ۹۶ درصد انجام شد. مقدار مناسبی از محلول شفاف بالایی را با ۸۰۰ میکرولیتر از محلول نیم میلی مولار DPPH (1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) مخلوط نموده و میزان جذب نور پس از آن که نمونه‌ها ۳۰ دقیقه تحت شرایط تاریکی نگهداری شدند در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت گردید. ظرفیت تخریب رادیکالهای فعال با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (۱):

۱۰۰ ×(جذب نمونه شاهد/جذب نمونه مورد ارزیابی-جذب نمونه شاهد) = درصد تخریب رادیکالهای فعال (معادله ۳)

برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ویژگی‌های مورد بررسی، از نرم افزار JMP سری ۸ استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش آزمون توکی و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel سری ۲۰۱۳ استفاده شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج این پژوهش، اثر سال در هیچ کدام از صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود. تمامی صفات اندازه‌گیری شده در رقم‌ها و سطح‌های مختلف رطوبتی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل رقم و سطح‌های مختلف رطوبتی نیز در صفات وزن تر برگ، شاخص کلروفیل و نشت الکترولیت در سطح احتمال پنج درصد و در سایر صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

بر اساس نتایج بدست آمده در این پژوهش، اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر تمامی شاخص‌های رشدی منفی بود که البته این تاثیر، بسته به سطح تنش و رقم متفاوت بود. با افزایش شدت تنش خشکی ارتفاع ساقه، تعداد برگ، قطر ساقه، وزن تر و خشک برگ و وزن خشک ساقه در هر سه رقم کاهش یافت. در تیمار آبیاری کامل بیشترین میزان افزایش ارتفاع مربوط به رقم‌های یاقوتی و بیدانه سفید (به ترتیب ۸۵/۲۸ و ۸۴/۴۵ سانتیمتر) بود. در تیمار تنش متوسط رقم یاقوتی دارای بیشترین (۳۶/۳۲ سانتیمتر) و رقم بیدانه سفید دارای کمترین افزایش ارتفاع (۱۶/۷۲ سانتیمتر) بودند. در تیمار تنش شدید نیز رقم یاقوتی دارای افزایش ارتفاع بیشتری (۹/۱۲ سانتیمتر) نسبت به دو رقم دیگر بود ولی این افزایش ارتفاع از نظر آماری معنی داری نبود. همچنین در تیمار آبیاری مجدد رقم یاقوتی و بیدانه سفید به ترتیب بیشترین (۳۱/۵ درصد) و کمترین (۱۸ درصد) افزایش ارتفاع را نسبت به تیمار تنش شدید داشتند (شکل ۱ الف).

بیشترین تعداد برگ در هر بوته در تیمارهای شاهد (۱۰۹/۱۲) و تنش متوسط (۴۵/۷۵) مربوط به رقم بیدانه سفید بود ولی در تیمار تنش شدید کمترین تعداد برگ (۲۹/۳۷) مربوط به این رقم بود و رقم یاقوتی بیشترین تعداد برگ (۳۵/۱۲) را داشت. در تیمار آبیاری مجدد رقم یاقوتی و بیدانه سفید به ترتیب بیشترین (۶/۴ درصد) و کمترین (۲/۵ درصد) افزایش تعداد برگ را نسبت به تیمار تنش شدید داشتند (جدول ۲).

در تیمار تنش متوسط تفاوت معنی داری از نظر قطر ساقه بین ارقام مشاهده نشد ولی در تیمارهای تنش شدید و آبیاری مجدد رقم عسکری دارای بیشترین و رقم بیدانه سفید دارای کمترین مقدار قطر ساقه بودند (جدول ۲).

جدول۱- تجزیه واریانس برخی صفات اندازه گیری شده در سه رقم انگور مورد مطالعه تحت تاثیر تنش خشکی

Table 1- ANOVA of different measured traits of three studied grapevine cultivars in response to drought stress.

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares												
		افزایش ارتفاع Increase height	تعداد برگ Leaf number	قطر ساقه Stem diameter	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	شاخص کلروفیل chlorophyll index	محتوای نسبی آب برگ RWC	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	قند های محلول Soluble sugar	فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity	ترکیبات فنلی Phenolic compound	پرولین Proline
سال Year (Y)	1	4.13^{ns}	0.17^{ns}	1.51^{ns}	8.00^{ns}	1.17^{ns}	0.62^{ns}	7.37^{ns}	1.28^{ns}	3.25^{ns}	0.85^{ns}	22.96^{ns}	1.27^{ns}	0.01^{ns}
بلوک [سال] Block [Y]	6	6.81	4.03	0.28	17.42	1.36	0.40	11.49	1.62	5.54	0.58	20.77	0.99	0.02
رقم Cultivar (C)	2	**599.61	**1009	**5.25	**738.45	**182.88	**82.82	**59.27	**19.74	**114.35	**23.77	**1251.31	**4.27	**11.01
خشکی Drought (D)	3	**27277.6	**15959	**28.15	**7697.35	**454.27	**573.21	**155.41	**136.9	**243.6	**45.35	**885.72	**4.23	**176.79
رقم ×خشکی C×D	6	**292.38	**1312	**2.06	*28.08	**17.19	**6.88	*12.45	**35.07	*6.58	**6.00	**75.41	**0.92	**4.24
سال×رقم Y×C	2	7.02^{ns}	2.01^{ns}	0.10^{ns}	9.99^{ns}	2.36^{ns}	0.19^{ns}	2.85^{ns}	0.12^{ns}	0.51^{ns}	0.20^{ns}	4.30^{ns}	0.30^{ns}	0.19^{ns}
سال×خشکی Y×D	3	6.58^{ns}	1.06^{ns}	0.03^{ns}	2.04^{ns}	1.76^{ns}	2.54^{ns}	6.36^{ns}	0.32^{ns}	1.96^{ns}	0.37^{ns}	2.69^{ns}	0.05^{ns}	0.03^{ns}
سال×رقم×خشکی Y×C×D	6	3.25^{ns}	1.86^{ns}	0.18^{ns}	3.14^{ns}	1.67^{ns}	0.85^{ns}	0.62^{ns}	2.59^{ns}	1.92^{ns}	0.07^{ns}	2.65^{ns}	0.27^{ns}	0.25^{ns}
خطا Error	66	5.44	7.01	0.42	14.13	0.99	0.92	4.32	2.25	3.02	0.88	7.24	0.18	0.2

^{ns}، * و ** به ترتیب عدم اختلاف معنی دار، معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}, * and ** non-significant, significant at 5% and 1% level, respectively

رقم یاقوتی در تمامی تیمارهای آبیاری داری بیشترین مقدار وزن تر و خشک برگ و وزن خشک ساقه بود (در تیمار تنش متوسط تفاوت معنی داری در وزن خشک برگ مشاهده نشد). در تیمار تنش شدید رقم عسکری و بیدانه سفید دارای کمترین مقدار وزن تر و خشک برگ و رقم بیدانه سفید دارای کمترین وزن خشک ساقه بود (جدول ۲).

بر اساس گزارش محققان در انگور و سایر گیاهان، کاهش رطوبت در بسیاری از شاخص‌های رشدی تاثیر منفی دارد و در این پژوهش نیز نتیجه‌های مشابهی مشاهده شد (۲، ۱۱، ۳۹، ۴۰ و ۴۳). در شرایط کمبود آب، میزان جذب مواد غذایی کاهش یافته و ظرفیت فتوسنتز کل و رشد گیاه کاهش می‌یابد و آثار آن به صورت کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه بروز می‌کند (۷ و ۲۹). تنش خشکی نه تنها سطح برگ بلکه تعداد برگ‌ها را هم کاهش داده و در نهایت از رشد رویشی هم می‌کاهد (۴۷).

نتایج مقایسه میانگین تاثیر سطح‌های مختلف تنش خشکی بر شاخص کلروفیل، حاکی از کاهش این شاخص با افزایش شدت تنش می‌باشد. در تیمار آبیاری کامل رقم‌های عسکری و بیدانه سفید دارای بیشترین و رقم یاقوتی داری کمترین مقدار شاخص کلروفیل بودند. در سایر تیمارهای آبیاری رقم عسکری دارای بیشترین مقدار شاخص کلروفیل بود ولی تفاوت بین رقم‌ها از نظر آماری معنی دار نبود (جدول ۲). گونه‌های فعال اکسیژن که در زمان خشکی در گیاه تولید شده می‌توانند سبب تخریب سیستم فتوسنتزی و در نهایت تجزیه کلروفیل شوند (۴۵). کاهش سطوح کلروفیل در گیاهان تحت تنش می‌تواند به افزایش فعالیت آنزیم تخریب کننده کلروفیل (کلروفیلاز)، مربوط باشد (۲۴).

جدول ۲- اثر برهمکنش تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های رشدی، شاخص کلروفیل و نشت الکترولیت در سه رقم انگور مورد مطالعه (یاقوتی، بیدانه سفید و عسکری)

Table 2Interaction effect of drought stress on some growth characteristics, Electrolyte leakage and chlorophyll index of three studied grapevine cultivars (Yaghooti, Bidane sefid and Askari)

رقم های انگور Grape cultivars	تیمارهای آبیاری Water treatment	تعداد برگ Leaf number	قطر ساقه Stem diameter (mm)	وزن تر برگ Leaf fresh weight (g)	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g)	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g)	شاخص کلروفیل chlorophyll index	نشت الکترولیت Electrolyte leakage (%)
یاقوتی Yaghooti	%100 FC	91.75b†	9.05bc	55.85a	18.39a	16.5a	33.09bcd	18.10f
	%60 FC	41.12ef	8.85bc	26.29c	11.00cd	6.36c	32.55bcd	22.02cde
	%30 FC	35.12g	7.29def	18.17d	8.41ef	4.92c	30.36de	25.74ab
	آبیاری مجدد Re-watering	37.37fg	7.32def	19.23d	9.84de	5.69c	33.32bcd	20.13ef
بیدانه سفید Bidane sefid	%100 FC	109.12a	10.36a	49.96ab	15.39b	11.57b	35.86ab	19.68ef
	%60 FC	45.75d	8.26cd	19.69d	8.02f	5.65c	33.53bcd	26.49ab
	%30 FC	29.37i	6.97f	9.24e	3.33h	1.86d	28.24e	28.02a
	آبیاری مجدد Re-watering	30.12hi	7.07ef	9.65e	3.59h	2.03d	34.39bc	23.91bcd
عسکری Askari	%100 FC	61.12c	9.92ab	44.86b	12.56c	12.8b	38.46a	18.21f
	%60 FC	42.62de	8.96bc	21.86cd	6.85fg	5.89c	34.06bc	20.96def
	%30 FC	33.5ghi	8.15cde	8.30e	5.7g	2.34d	31.14cde	24.99bc
	آبیاری مجدد Re-watering	34.5gh	8.35cd	9.34e	6.82fg	3.1d	36.14ab	20.04ef

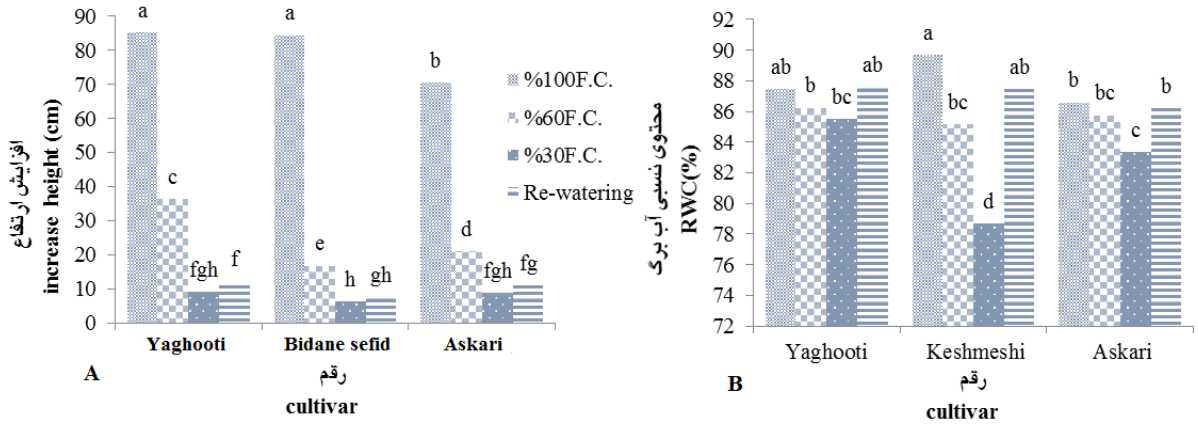
†میانگین های دارای حرف های مشابه در هر ستون از نظر آماری بر اساس آزمون توکی، در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیستند

†Means with the same letters in each column are not significantly different by Tukey HSD test ($p \leq 0.05$)

در بررسی محتوای نسبی آب برگ مشاهده شد که با افزایش شدت تنش خشکی مقدار این صفت کاهش می‌یابد. در تیمار آبیاری کامل رقم بیدانه سفید و یاقوتی داری بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ (۸۹/۷ و ۸۷/۴۸ درصد) بودند. در تیمار تنش متوسط رقم یاقوتی دارای بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ (۸۶/۲۳ درصد) بود ولی تفاوت بین ارقام از نظر آماری معنی دار نبود. در تیمار تنش شدید رقم یاقوتی دارای بیشترین (۸۵/۴۹ درصد) و رقم بیدانه سفید دارای کمترین مقدار محتوای نسبی آب برگ (۷۸/۶۷ درصد) بود

(شکل ۱ب). مقاومت گیاهان به خشکی به توانایی آنها در حفظ محتوای نسبی آب برگ بالا در برگها، تحت شرایط تنش ارتباط دارد (۱۵) و ارقام متحمل مقادیر محتوای نسبی آب برگ بالاتری را دارا هستند (۴۴). در شرایط تنش شدید خشکی، کاهش در محتوای نسبی آب برگ یک پاسخ معمول می‌باشد (۳۷) و ارقام مقاوم در شرایط تنش خشکی محتوای نسبی آب برگ را بیشتر از بقیه ارقام حفظ می‌کنند و در این ارقام محتوای نسبی آب برگ بالا ممکن است به دلیل حفظ تورژسانس سلول باشد، در حالیکه ارقام حساس به خشکی به راحتی تورژسانس سلول‌های خود را از دست می‌دهند (۳۷). در این آزمایش رقم یاقوتی در تنش شدید نسبت به تیمار شاهد کمترین مقدار کاهش محتوای نسبی آب برگ (۲/۲۷ درصد) و رقم بیدانه سفید بیشترین مقدار کاهش محتوای نسبی آب برگ (۱۲/۳ درصد) را داشتند که این نتایج نشان دهنده این است که احتمالا رقم یاقوتی نسبت به دو رقم دیگر دارای مقاومت بیشتری نسبت به تنش خشکی می‌باشد. بر اساس نتایج گزارش شده توسط سایر محققان (۱۹، ۲۷، ۴۰ و ۵۰). محتوای نسبی آب برگ با کاهش آب قابل دسترس گیاه کاهش می‌یابد و بیشترین و کمترین مقدار محتوای نسبی آب برگ به ترتیب در تیمارهای شاهد و تنش شدید مشاهده شد که با نتیجه‌های این پژوهش مشابهت دارد.

در تیمار آبیاری کامل تفاوت معنی داری بین ارقام از نظر درصد نشت الکترولیت مشاهده نشد ولی در سایر تیمارهای آبیاری رقم بیدانه سفید دارای بیشترین درصد نشت الکترولیت نسبت به دو رقم دیگر بود (جدول ۲). افزایش درصد نشت الکترولیت که در نتیجه افزایش تنش خشکی اتفاق می‌افتد، بوسیله سایر محققین نیز گزارش شده است (۱۹ و ۲۲). با کاهش محتوای نسبی آب در اثر تنش خشکی، برخی تغییرات مانند افزایش نفوذپذیری و کاهش خاصیت نفوذپذیری انتخابی در غشاء سلولی صورت می‌گیرد که باعث افزایش در نشت الکترولیت‌ها می‌شود (۲۲).



شکل ۱- اثر برهمکنش تنش خشکی بر الف) افزایش ارتفاع و ب) محتوای نسبی آب برگ در سه رقم انگور مورد مطالعه (یاقوتی، بیدانه سفید و عسکری)

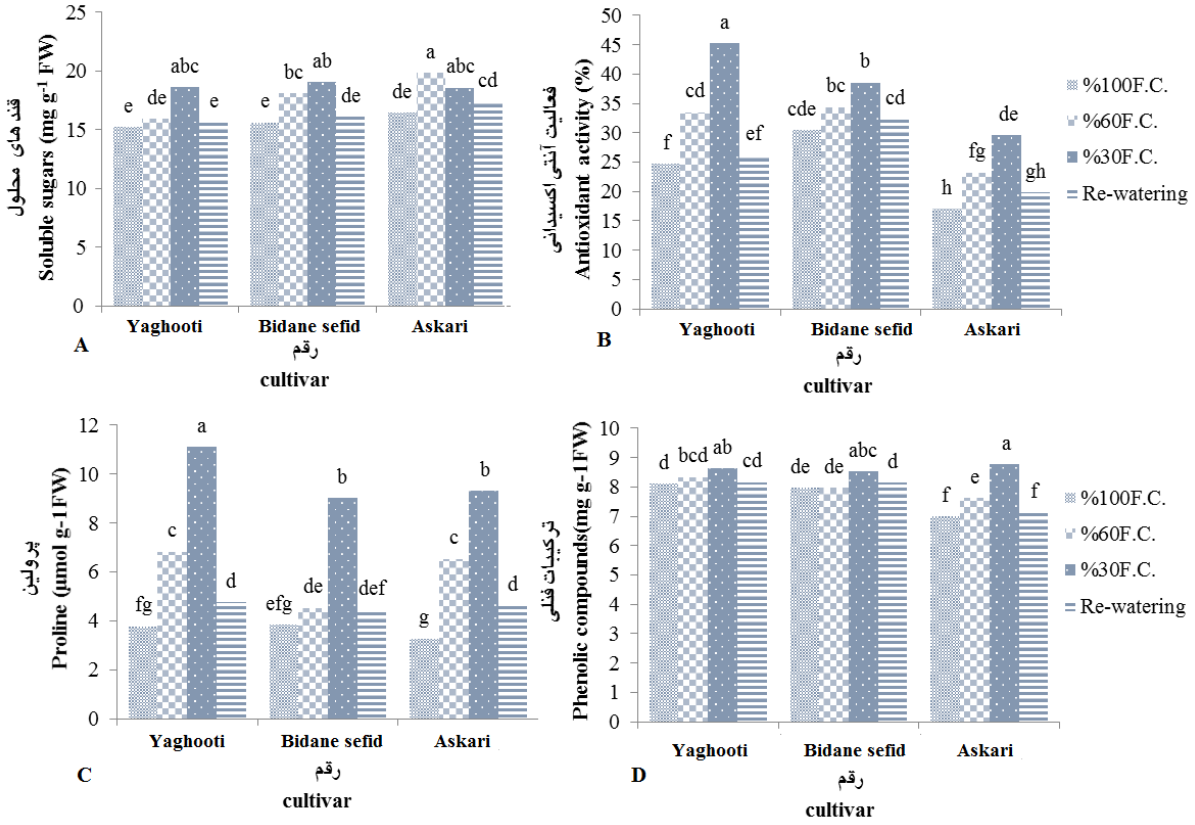
Figure 1- Interaction effect of drought stress on A) Increase height and B) RWC of three studied grapevine cultivars (Yaghooti, Bidane sefid and Askari)

میزان قندهای محلول کل تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفته و با افزایش شدت تنش خشکی نسبت به شاهد افزایش معنی داری داشت و همچنین این افزایش بین ارقام مختلف، متفاوت بود. بیشترین مقدار قندهای محلول کل در رقم عسکری و در تیمار تنش متوسط مشاهده شد. در تیمار شاهد و تنش شدید مقدار قندهای محلول کل تفاوت معنی داری را بین رقم‌ها نشان نداد. در تیمار آبیاری مجدد رقم عسکری دارای بیشترین مقدار قندهای محلول کل بود (شکل ۲ الف). طبق نظر پژوهشگران، تنش خشکی باعث افزایش قندهای محلول در برگ می‌گردد (۲۳، ۱۷ و ۳۶). قندها از اسمولیت های سازگار به شمار می‌آیند که در تنظیم اسمزی، برای حفظ تورژسانس سلول‌ها و پایدار نمودن پروتئین و غشاء سلولی نقش عمده دارند (۳۶).

بیشترین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی (۴۵/۳ درصد) مربوط به رقم یاقوتی و در تیمار تنش شدید بود. در تیمار آبیاری کامل و بازیابی مجدد رقم بیدانه سفید (به ترتیب ۳۰/۵ و ۳۲/۳۳ درصد) و در تنش متوسط رقم‌های بیدانه سفید و یاقوتی (به ترتیب ۳۴/۳۶ و ۳۳/۵ درصد) دارای بیشترین مقدار فعالیت آنتی اکسیدانی بودند و رقم عسکری در تمامی تیمارهای آبیاری دارای کمترین مقدار فعالیت آنتی اکسیدانی بود. با افزایش تنش خشکی میزان فعالیت آنتی اکسیدانی در همه ارقام افزایش یافت (شکل ۲ب) که با نتایج سایر پژوهش‌ها در

این زمینه مشابهت دارد (۲۰). شرایط تنش موجب تجمع گونه‌های اکسیژن فعال در گیاهان می‌شود که باعث صدمات اکسیداتیو به چربی‌ها و پروتئین‌ها شده و در نهایت منجر به مرگ گیاه می‌گردد (۳۵). در بسیاری از گیاهان، سیستم دفاع آنتی اکسیدانی جهت کاهش آثار مخرب رادیکالهای آزاد ناشی از تنش، فعال می‌گردد در نتیجه با افزایش شدت تنش، فعالیت آنتی اکسیدانی گیاهان نیز افزایش می‌یابد. فعالیت آنتی اکسیدان های غیر آنزیمی با اندازه‌گیری میزان فعالیت مهار رادیکال DPPH انجام می‌گیرد (۲۶). به طور کلی ارقام متحمل دارای ظرفیت بهتری جهت حفاظت خود در برابر تنش‌های اکسیداتیو به واسطه نگهداری آنتی اکسیدان های بیشتر و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی تحت شرایط تنش دارند (۳).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مشاهدات نشان داد که مقدار ترکیبات فنلی تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفتند. به طور کلی با افزایش تنش خشکی، ترکیبات فنلی افزایش یافتند و گیاهان در تیمار تنش شدید دارای بیشترین مقدار از این ترکیبات بودند و پس از آبیاری مجدد مقدار این ترکیبات کاهش یافت (شکل ۲پ). بیشترین مقدار ترکیبات فنلی در تیمار تنش متوسط و شدید به ترتیب مربوط به رقم یاقوتی و عسکری بود. همچنین بیشترین مقدار افزایش ترکیبات فنلی (۲۵/۲ درصد) در تیمار تنش شدید نسبت به تیمار شاهد مربوط به رقم عسکری بود. افزایش ترکیبات فنلی در اثر تنش خشکی در انگور در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (۳۸). از جمله مکانیسم‌های آنتی اکسیدانی گیاهان تحت تنش خشکی، افزایش سطوح ترکیبات فنلی است، چرا که این گونه ترکیبات به عنوان پالاینده‌های گونه‌های اکسیژن فعال عمل کرده و در نتیجه سبب ثبات غشاهای سلولی و مانع از پراکسیداسیون لیپیدها می‌شوند (۸ و ۳۴). علت بالا رفتن سطوح ترکیبات فنلی در اثر تنش خشکی، افزایش فعالیت و میزان آنزیم بیوسنتزی فنل ها (فنیل آلانین آمونیالیز) می‌باشد (۴۸).



شکل ۲-اثر برهمکنش تنش خشکی بر الف) میزان قندهای محلول کل، ب) فعالیت آنتی اکسیدانی، پ) ترکیبات فنلی و ت) پرولین در سه رقم انگور مورد مطالعه (یاقوتی، بیدانه سفید و عسکری)

Figure 2- Interaction effect of drought stress on A) Soluble sugar, B) Antioxidant activity, C) Phenolic compound and D) Proline of three studied grapevine cultivars (Yaghooti, Bidane sefid and Askari)

نتایج مربوط به پرولین نشان می‌دهد که بیشترین مقدار پرولین (۱۱/۱۲ میکرومول بر گرم وزن خشک) در رقم یاقوتی و تیمار تنش خشکی شدید مشاهده شد. در تیمار آبیاری کامل و بازیابی مجدد مقدار پرولین بین ارقام معنی دار نبود و در تنش متوسط رقم‌های یاقوتی و عسکری دارای بیشترین (به ترتیب ۶/۸۳ و ۶/۵۳ میکرومول بر گرم وزن خشک) و رقم بیدانه سفید دارای کمترین مقدار پرولین (۴/۵۴ میکرومول بر گرم وزن خشک) بود (شکل ۲ت). با افزایش تنش خشکی میزان پرولین در ارقام مورد بررسی افزایش و پس از آبیاری مجدد مقدار پرولین کاهش یافت که با نتایجی که توسط سایر محققین گزارش شده (۱۲، ۱۴ و ۴۶) مطابقت دارد. افزایش میزان پرولین همراه با افزایش شدت تنش خشکی به گیاهان برای حفظ محتوای آب بافت‌ها کمک و از افزایش صدمات خشکی جلوگیری می‌کند (۴ و ۲۸). پرولین در حفظ فشار اسمزی نقش عمده‌ای دارد و با حذف رادیکالهای آزاد، مانع آسیب رسیدن به غشاء سلولی می‌شود (۲۸).

نتایج این تحقیق نشان داد که ارقام مختلف انگور به تنش خشکی عکس العمل متفاوتی نشان می‌دهند و تنش خشکی باعث تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در انگور می‌شود که شامل کاهش در ارتفاع و قطر ساقه، تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ، وزن خشک ساقه، شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ و افزایش در نشت الکترولیت‌ها، میزان قندهای محلول کل، فعالیت آنتی اکسیدانی، ترکیبات فنلی و میزان پرولین می‌شود که نشان دهنده یک مکانیسم محافظتی بر علیه خسارت‌های اکسیداتیو بر ساختار سلول‌ها می‌باشد.

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش رقم یاقوتی در شرایط تنش خشکی کمترین کاهش را در افزایش ارتفاع، تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ، وزن خشک ساقه و محتوای نسبی آب برگ و همچنین بیشترین افزایش را در فعالیت آنتی اکسیدانی، ترکیبات فنولی و پرولین نسبت به تیمار آبیاری کامل داشت. می‌توان به این نتیجه رسید که در این پژوهش این رقم نسبت به دو رقم دیگر به خشکی متحمل‌تر است و با استفاده از مکانیسم‌هایی مانند حفظ محتوای نسبی آب برگ، افزایش پرولین، فعالیت آنتی اکسیدانی و ترکیبات فنولی با تنش خشکی مقابله می‌کند. همچنین پس از آبیاری مجدد نیز رقم یاقوتی توانست نسبت به دو رقم دیگر بازیابی بهتری به شرایط قبل از تنش داشته باشد و در صفات افزایش ارتفاع، تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ، وزن خشک ساقه و محتوای نسبی آب برگ وضعیت بهتری داشته باشد ولی رقم بیدانه سفید کمترین افزایش را در ارتفاع و قطر ساقه، تعداد برگ، وزن خشک ساقه، ترکیبات فنولی و پرولین، بیشترین کاهش را در شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ و بیشترین افزایش را در نشت الکترولیت‌ها و قندهای محلول کل داشت. می‌توان نتیجه گرفت که این رقم از دو رقم دیگر نسبت به تنش خشکی حساس‌تر است و تنها از مکانیسم افزایش مقدار قندهای محلول کل برای مقابله با خشکی از دو رقم دیگر استفاده بیشتری کرده است. مطالعات بیشتر خصوصا در شرایط مزرعه‌ای برای بدست آوردن نتایج کامل‌تر و تایید این نتایج لازم می‌باشد.

منابع

1. Abe N., Murata T., and Hirota A. 1998. Novel 1,1-diphenyl-2-picryhy- drazyl- radical scavengers, bisorbicillin and dimethyl trichodimerol, from a fungus. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 62: 661-662.
2. Ashraf M., Athar H.R., Harris P.J.C., and Kwon T.R. 2008. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. Advances in Agronomy, 97: 45–110.
3. Bandeoğlu E., Eyidoğan F., Yücel M., and Öktem H.A. 2004. Antioxidant responses of shoots and roots of lentil to NaCl-salinity stress. Plant Growth Regulation, 42: 69–77.
4. Bandurska H., Plachta M., and Woszczyk M. 2009. Seasonal patterns of free proline and carbohydrate levels in cherry laurel (*Prunus laurocerasus*) and ivy (Hederea helix) leaves and resistance to freezing and water deficit. Dendrobiology, 62:3–9.
5. Bates L.S., Waldran R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water studies. Plant Soil, 39: 205–208.
6. Blum A. 1988. Drought resistance, In: A. Blum (ed), Plant breeding fof stress environments, CRC. Florida, pp: 43-69.
7. Bota J., Stasyk O., Flexas J., and Medrano H. 2004. Effect of water stress on partitioning of ^{14}C labelled photosynthates in Vitis vinifera. Plant Biology, 31(7): 697–708.
8. Chang W.C., Kim S.C., Hwang S.S., Choi B.K., and Kim S.K. 2002. Antioxidant activity and free radical scavenging capacity between Korean medicinal plants and flavonoids by assay-guided comparison. Plant Science, 163: 1161-1168.
9. Chaves M.M., and Oliveira M.M. 2004. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. Journal of Experimental Botany, 55: 2365–2384.
10. Chaves M.M., Flexas J., and Pinheiro C. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation

mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany, 103: 551–560.
11. Chaves M.M., Zarrouk O., Francisco R., Costa J.M., and Lopes C.M. 2010. Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. Annals of Botany, 105(5): 661-676.
12. Claussen W. 2005. Proline as a measure of stress in tomato plants. Plant Science, 168: 241–248.
13. Dichio B., Romano M., Nuzzu V., and Xiloyannis C. 2002. Soil water availability and relationship between canopy and roots in young olive trees cv. Coratana. Acta Horticulturae, 586: 419–422.
14. Ez-zohra I.F., Said Q., Mohamed F., and Tayeb K. 2014. Biochemical Changes in Grapevines Roots in Responses to Osmotic Stress. International Journal of Scientific and Research Publications, 4(7): 1-5.
15. Faraloni C., Cutino I., Petruccelli R., Leva A.R., Lazzeri S., and Torzillo G. 2011. Chlorophyll Fluorescence Technique as a Rapid Tool for In Vitro Screening of Olive Cultivars (Olea europaea L.) Tolerant to Drought Stress. Environmental and Experimental Botany, 73:49-56.
16. Filella I., Llusia J., Pin J.O., and Pen J.U. 1998. Leaf gas exchange and fluorescence of Phillyrea latifolia, Pistacia lentiscus and Quercus ilex saplings in severe drought and high temperature conditions. Environmental and Experimental Botany, 39: 213–220.
17. Ghaderi N., Siosemardeh A., and Shahoei S. 2006. The effect of water stress on some physiological characterstics in Rashe and Khoshnove grape cultivars. Acta Horticulturae, 754: 317-322.
18. Ghaderi N., Talaei A., Ebadi A., and Lesani, H. 2009. Effect of water stress on some Physiological characters of five grapevine cultivars and evaluation of genetic diversity of them in Kurdistan province. Ph.D. Thesis. Faculty of Horticulture. University of Tehran, Iran (In Farsi).
19. Ghaderi N., Talaie A.R., Ebadi A., and Lessani H. 2011. The Physiological response of three Iranian grape cultivars to progressive drought stress. Journal of Agricultural Science and Technology, 13: 601-610.
20. Habibi D., Ardakani M.R., Boojar M.M., Taleghani D.E., and Mahmoodi A. 2004. Antioxidative in sunflower subjected to drought stress. 4th International Crop Science Congress. 26 sep to 10 Oct. Australia.
21. Hedge J.E.Z., and Hofreiter B.T. 1962. Carbohydrate Chemistry. PP. 17-22. In:R.L. Whistler and B. Miller (Eds.), Academic Press.
22. Hura T., Hura K., Grzesiak M., and Rezepka A. 2007. Effect of Long-term Drought Stress on Leaf Gas Exchange and Fluorescence Parameters in C3 and C4 Plants. Acta Physiologiae Plantarum, 29: 103- 113.
23. Jalili marandi R., Hasaani A., Dolati bane H., Azizi H., and Haji taghilo R. 2011. Different Levels of Soil Moisture on the Morphological and Physiological Characteristics of Three Grape Cultivars (*Vitis vinifera* L.). Iranian journal of horticultural science, 42(1):31-40 (in Persian).
24. Jiang Y., and Huang N. 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Science, 41: 436-442.
25. Jimenez S., Dridi J., Gutiérrez D., Moret D., Irigoyen J.J., Moreno M.A., and Gogorcena Y. 2013. Physiological, biochemical and molecular responses in four Prunus rootstocks submitted to drought stress. Tree Physiology, 33: 1061–1075.
26. Kang H.M., and Saltveit M.E. 2002. Effect of chilling on antioxidant enzymes and DPPH-radical scavenging activity of high- and low-vigour cucumber seedling radicles. Plant Cell Environment, 25: 1233-1238.
27. Koundouras S., Tsialtas IT., Zioziou E., and Nikolaou N. 2008. Rootstock effect on the adaptive strategies of grapevine (*Vitis vinifera* cv. Cabernet–Sauvignon) under contrasting water status, Leaf physiological and structural responses. Agriculture, Ecosystems and Environment, 128: 86-96.
28. Krasensky J., and Jonak C. 2012. Drought, salt, and temperature stress induced metabolic rearrangements and regulatory networks. Journal of Experimental Botany, 63:1593–1608.
29. Lebon E., Pellegrino A., and Louarn G. 2006. Branch development controls leaf area dynamics in grapevine (*Vitis vinifera* L.) growing in drying soil. Annals of Botany, 98(1): 175–185.
30. Liu B.H., Cheng L., Liang D., Zou Y.J., and Ma F.W. 2012. Growth, gas exchange, water-use efficiency, and carbon isotope composition of 'Gale Gala' apple trees grafted onto 9 wild Chinese rootstocks in response to drought stress. Photosynthetica, 50: 401–410.
31. Lovisolo C., Perrone I., Carra A., Ferrandino A., Flexas J., Medrano H., and Schubert A. 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. Functional Plant Biology, 37: 98–116.
32. Mahajan S., and Tuteja N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. Archives of Biochemistry and Biophysics, 444: 139–158.
33. Mc Donald S., Prenzler P.D., Autolovich M., and Robards K. 2001. Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. Food Chemistry, 73: 73- 84.
34. Mohamed A.A., and Aly A.A. 2008. Alternations of some secondary metabolites and enzymes activity by using exogenous antioxidant compound in onion plants grown under seawater salt stress. American-Eurasian Journal of Scientific Research, 3: 139-146.
35. Molassiotis A., Sotiropoulos T., Tanou G., Diamantidis G., and Therios I. 2006. Boron-induced oxidative damage

and antioxidant and nucleolytic responses in shoot tips culture of the apple rootstock EM9 (Malus domestica Borkh). Environmental and Experimental Botany, 56: 54–62.
36. Patakas A. 2000. Changes in the solutes contributing to osmotic potential during leaf ontogeny in grapevine leaves. American Journal of Enology and Viticulture, 51(3): 223-226.
37. -Pérez-Pérez J.G., Syvertsen J.P., Botia P., and García-Sánchez F. 2007. Leaf water relations and net gas exchange responses of salinized Carrizo citrange seedlings during drought stress and recovery. Annals of Botany, 100(2): 335–345.
38. Peterlunger E., Siviloti P., Celoti E., and Zironi R. 2000. Water stress and polyphenolic quality in red grapes. 6th International symposium on grapevine physiology and biotechnology, Heraklion, Greece.
39. Ramteke S.D., and Karibasappa G.S. 2005. Screening of grape (*Vitis vinifera*) genotypes for drought tolerance. Indian Journal of Agricultural Sciences, 75: 355-357.
40. Rayees A.W., Sheema S., Dar N.A., Angchuk S., and Parray G.A. 2013. Irrigation regimes effecting drought tolerance of grape rootstocks under cold arid conditions. International Journal of Scientific and Technology Research, 12(2): 113-117.
41. Sairam R.K., Chandrasekhar V., and Srivastava G.C. 2001. Comparison of hexaploid and tetraploid wheat cultivars in their responses to water stress. Biologia Plantarum, 44 (1): 89-94.
42. Santesteban L.G., Miranda C., and Royo J.B. 2009. Effect of water deficit and rewatering on leaf gas exchange and transpiration decline of excised leaves of four grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. Scientia Horticulturae, 121: 434–439.
43. Satisha J., Prakash G.S., and Venugopalan R. 2006. Statistical modeling of the effect of physiobiochemical parameters on water use efficiency of grape varieties, rootstocks and their stionic combinations under moisture stress conditions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 30: 261-271.
44. Shamsi K., 2010. The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. Journal of Animal and Plant Sciences, 8 (3): 1051- 1060.
45. Smirnoff N. 1993. The role of active oxygen in the response to water deficit and desiccation. New Phytologist, 125: 27–58.
46. Sun, J., Gu J., Zeng J., Han Sh., Song A, Chen F., Fang W., Jiang J., and Chen S. 2013. Changes in leaf morphology, antioxidant activity and photosynthesis capacity in two different drought-tolerant cultivars of chrysanthemum during and after water stress. Scientia Horticulturae, 161: 249–258.
47. Taiz L., and Zeiger E., 2006. Plant Physiology (4th ed.). Publishers sunderland, Massachusetts, 738p.
48. Tian X., and Lei Y. 2006. Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings. Biologia Plantarum. 50 (4):775-778.
49. Tooumi I., M'Sehli W., Bourgou S., Jallouli N., Bensalem-Fnayou A., Ghorbel A., and Mliki A. 2007. Response of ungrafted and grafted grapevine cultivars and rootstocks (*Vitis* sp.) to water stress. Journal international des sciences de la vigne et du vin, 41(2): 85-93.
50. Zokaee-Khosroshahi M., Esna- Ashari M., Ershadi A., and Imani A. 2014. Morphological changes in response to drought stress in cultivated and wild almond species. International Journal of Horticultural Science and Technology, 1(1): 79-92.

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 2, Summer 2017, P. 315-326
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص.۳۲۶-۳۱۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effects of Drought Stress on some Morphological andPhysiological Properties of Three Grapevine Cultivars (*Vitisvinifera* L.)

M. Aran[1]- B. Abedi[2*]- A. Tehranifar[3]- M. Parsa[4]

Received: 01-02-2016
Accepted: 27-07-2016

Introduction: Most plants have developed morphological and physiological mechanisms which allow them to cope with drought stress. Almost all the studies conducted on grapevines (*Vitisvinifera* L.) responses to drought conditions have focused on physiological responses such as stomatal reactions, photosynthesis and osmotic adjustment, and biochemical responses like carbohydrates and proline. According to these studies, physiological and biochemical responses of grapevines to water stress are quite variable. This variability could be related to cultivar, time of the year, previous water stress level, intensity of stress, and environmental conditions. Osmotic adjustment in terms of compatible solutes accumulation has been considered as an important physiological adaptation for plant to resist drought, which facilitates the extraction of water from dry soils and maintenance of cell turgor, gas exchange and growth in very dry environments. Acting as compatible solutes as well as antioxidants, a significant rise in proline amount was observed in grapevine leaves under water stress conditions, suggesting that this amino acid has a protective role against the formation of excessive reactive oxygen species (ROS). Plants, in order to overcome oxidative stress, have developed enzymatic and non-enzymatic antioxidant defense mechanisms against scavenge ROS.

Materials and Methods: This research was conducted to assess the effect of different levels of irrigation on some characteristics of three cultivars of grapevine (Yaghooti, Bidanesefid and Askari), as a factorial based on a randomized complete block design in two years with four replications. The experiment started in June 21, 2014 and 2015. Water treatments were applied in four levels including: control plant (100% FC), moderate stress (60% FC), severe stress (30% FC) and rewatering treatment after severe stress treatment. Increase height, leaf number, stem diameter, leaf fresh and dry weight, stem dry weight, chlorophyll index,RWC, electrolyte leakage, soluble sugar, antioxidant activity, phenolic compound and proline were measured at the end of the experiment. JMP8 software was used to test the significant differences among the treatments and the interactions. When there were significant differences, means were separated by Tukey HSD test at the probability level $p<0.05$.

Results and Discussion: Results showed that drought stress had significant effects on most traits at statistical levels. The effect of year on measured traits was not significant differences. The results demonstrate that the three investigated grapevine cultivars showed a clear difference in their response to water stress. Increase of height, leaf number, stem diameter, leaf fresh and dry weight, stem dry weight, chlorophyll index and RWC decreased as soil water content reduced and increased again after rewatering. The greatest increase height (9.12 cm), leaf number (35.12), leaf and stem dry weight (4.92 and 8.41 g respectively) in severe stress was in Yaghooti cultivars. Drought stress induced a significant decrease in leaf relative water content (RWC) of all three cultivars during the drought period. The RWC of Yaghooti (85.49%) was significantly more than that of Askari and Bidanesefid at severe stress. Bidanesefid demonstrate a higher decrease of RWC (12.3%) compared to control. Resistance of plant to drought is related to its ability to maintain high RWC in leaves under stress. Water stress treatments resulted inlower chlorophyll index in all three grapevine cultivars, so that a significant reduction in this variable was observed in stressed grapevine compared to the control. Electrolyte leakage, soluble sugar, antioxidant activity, phenolic compound and proline increased in all the cultivars as drought stress levels increased. Significant differences were observed among cultivars in terms of electrolyte leakage. Water stress treatments caused an increase in electrolyte leakage. Bidanesefid showed greatest electrolyte leakage than the other cultivars in all treatment. Under water deficit, cell membranes undergo some changes such as an increase in permeability and a decrease in selectivity, which can be viewed through the increase in electrolyte leakage. In moderate stress treatment, the highest amount of soluble sugars accumulation was recorded in Askari

1, 2 and 3- Ph.D, Assistant Professor and Professor, Department of Horticultural Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4- Associate Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(*-Corresponding Author Email: abedy@um.ac.ir)

cultivar but in severe stress treatment, no significant differences were observed among the cultivars. Significant differences were found in the antioxidant activity and proline content among cultivars and watering regimes. Under the severe stress conditions, the highest antioxidant activity (45.3%) and proline accumulation (11.12 µmol g^{-1} FW) was registered in the Yaghooti cultivar, and no significant differencesexisted among two other cultivars. Plants accumulate compatible solutes, such as soluble sugars and proline, in response to stress to facilitate water uptake.

Conclusion: Of all the cultivars, Yaghooti had the lowest decrease in growth characteristics and RWC and greatest increase in antioxidant activity and proline. In the present study, based on the responses of cultivars to different levels of drought stress, it can be concluded that Yaghooti seems to be a more resistant cultivar to water stress compared to Askari and Bidanesefid cultivars. Based on the results, it can be said that Bidanesefid cultivar has the lowest resistant cultivar to water stress compared to Askari and Yaghooti cultivars. Further research especially under field conditions is needed to support this statement.

Keyword: Growth characteristics, Leaf relative water content, Proline, Soluble sugar