

اثر تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی سه رقم انگور (*Vitis vinifera* L.)

وهب اسدی^۱، منصور غلامی^۲، موسی رسولی^{۳*} و معصومه ملکی^۴

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۲۸)

چکیده

تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده کشت و تولید انگور در جهان و ایران است. برای بررسی اثر تنش خشکی بر برخی صفات فیزیولوژیکی سه رقم انگور فخری، ملایی و قلاتی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار شامل پتانسیل آب خاک در محدوده ۰/۲- (شاهد)، ۰/۷- و ۱/۲- مگاپاسکال در شرایط گلخانه‌ای در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. در این پژوهش تاک‌های غیرپیوندی انگور در گلدان‌های بزرگ ۲۶ لیتری با بافت لومی رسی مستقر شدند. بر اساس نتایج این پژوهش هر دو سطح تنش اثر معنی‌داری بر نسبت وزن خشک به سطح برگ، پایداری غشای سلولی، غلظت کلروفیل، پرولین، کربوهیدرات‌های محلول، محتوای آب نسبی برگ، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز داشتند. کربوهیدرات‌های محلول در سطح تنش ۱/۲- مگاپاسکال افزایش معنی‌دار ۴۷ درصدی نسبت به شاهد (۱۰/۵۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) نشان داد. تنش خشکی باعث کاهش در صفت میزان محتوای آب نسبی برگ (۲ درصد) و افزایش در صفات میزان پرولین (۹ درصد)، مالون دی‌آلدئید (۵۵ درصد)، میزان فعالیت پراکسیداز (۱۵ تا ۲۰ درصد) و میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (۹ درصد) شد. بیشترین و کمترین میزان کلروفیل به ترتیب در رقم قلاتی (۱/۶۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و رقم فخری (۱/۳۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مشاهده شد. به‌طور کلی رقم قلاتی پتانسیل بالاتری برای تحمل شرایط تنش خشکی نسبت به ارقام ملایی و فخری دارد.

واژه‌های کلیدی: انگور، پراکسیداز، پرولین، تنش خشکی، کاتالاز، مالون دی‌آلدئید

۱. دانشجوی دکتری، پژوهشکده ملی انگور و کشمش، دانشگاه ملایر

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

۳. دانشیار، گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

۴. استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ملایر

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Mousarasouli@gmail.com

مقدمه

انگور (*Vitis vinifera* L.) از خانواده Vitacea و به جنس *Vitis* یکی از ۱۷ جنس این خانواده تعلق دارد. جنس *Vitis* شامل ۷۰-۶۰ گونه است که به سه گروه اصلی آسیایی، اروپایی و آمریکایی تقسیم می‌شود. گروه آسیا-اروپایی شامل *Vitis vinifera* که بیش از ۹۰ درصد ارقام انگورهای تجاری جهان از این گونه (به صورت خالص یا دورگه) است (۸ و ۹). بر اساس آمارنامه محصولات باغبانی سال ۱۳۹۴ از ۲/۳ میلیون هکتار سطح باغ‌های بارور کشور، انگور با اختصاص دادن ۱۲/۱ درصد سطح بارور کشور رتبه دوم را پس از پسته در اختیار دارد. همچنین این محصول با تولید ۱۶/۳ درصد از ۱۹/۳۸ میلیون تن تولید محصولات باغبانی کشور پس از سیب رتبه دوم تولید را دارد. به همین دلیل کشت و کار انگور با معیشت درصد بالایی از کشاورزان کشورمان ارتباط تنگاتنگ دارد. عوامل محدود کننده‌ای مانند تنش خشکی که ناشی از شرایط تغییر اقلیم است از چالش‌های مهم باغبانی است و تلاش برای مقابله و ارائه راه‌حل برای آن بسیار اهمیت دارد (۱).

طبق مطالعات صورت گرفته گونه‌های گیاهی مختلف در برابر تنش خشکی مکانیسم‌های مقاومت مختلفی را در پیش می‌گیرند. از نظر برخی رفتارهای فیزیولوژیکی مهم گونه گیاهی در شرایط تغییر پتانسیل آب خاک به دو گروه ایزوهیدریک (Isohydric) و غیر ایزوهیدریک (Anisohydric) تقسیم می‌شوند (۱۱ و ۳۶). ارقام مختلف انگور نیز در مطالعات جدید دارای این دسته‌بندی می‌شوند که اساس این تقسیم‌بندی صفاتی است که در ارقام مختلف انگور متفاوت است. این صفات شامل هدایت روزنه‌ای و هدایت هیدرولیکی آوندهای چوبی، قطر آوند چوبی و ظرفیت نگهداری آب اندام‌های گیاهی است. برخی ارقام مانند انگور رقم Grenache از ارقام ایزوهیدریک هستند که در شرایط تنش خشکی به شدت پتانسیل آب برگ و هدایت روزنه‌ای آن کاهش یافته و بسیار حساس هستند و برخی ارقام مانند رقم Shiraz هدایت روزنه‌ای به تنش خشکی حساسیت کمتری دارد و بر اثر تنش خشکی با شدت کمتری

پتانسیل آب برگ کاهش می‌یابد و اصولاً به تنش خشکی متحمل‌تر هستند. برای شناسایی ارقام متحمل به تنش خشکی نیاز است تا واکنش آنها در شرایط تنش خشکی مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار گیرد (۱۱ و ۳۶).

حدود ۹۵ درصد آب جذب شده طی تبخیر و تعرق از گیاه خارج می‌شود. بقیه آب موجود در گیاه منجر به انتقال مواد به وسیله شیره خام و پروده می‌شود (۲۱). تنش خشکی منجر به انسداد روزنه‌ای و کاهش سرعت تعرق، پتانسیل آب بافت‌های گیاهی، فتوسنتز، رشد و کلروفیل شده و باعث تجمع آبسازیک اسید، پرولین، مانیتول، سوربیتول و تشکیل رادیکال‌های آزاد (آسکوربات (Ascorbate)، گلو-تاتیون (Glutathione) و آلفاتوکوفرول (Alpha-tocopherol) و غیره) می‌شود (۱۲ و ۲۰).

طی تنش خشکی در انگور، مواد محلول سازگار شامل قندها (ساکارز، هگزوز، الیگوساکاریدهای نوع رافینوز، ترهالوز)، الکل‌های قندی، بتائین گلیسین و آمینو اسیدها و از همه مهم‌تر پرولین که در متابولیسم سلول دخالت ندارند در سیتوپلاسم انباشته می‌شوند (۱۲ و ۲۰). تنش کم‌آبی در انگور باعث کاهش سطح برگ و محتوای آب نسبی برگ و افزایش معنی‌دار پرولین، مالون دی‌آلدئید و فعالیت آنزیم کاتالاز شد (۳۱) و نیز کاهش رشد سالانه، کاهش وزن حبه و اختلال در کیفیت میوه انگور در اثر تنش خشکی گزارش شده است (۲۴). به‌طور کلی انگور به‌خاطر آوندهای چوبی بزرگ آن در مقایسه با گیاهان دیگر، نسبتاً متحمل به خشکی است (۲۷) و (۳۵). ولی بروز تنش خشکی شدید می‌تواند منجر به تغییرات مورفولوژیکی مانند کاهش سبزینه کل و پیری برگ (۲۷)، کاهش میزان رشد و پتانسیل آب اندام بوته انگور (۷ و ۳۴)، کاهش شمار برگ، طول شاخه، وزن خشک ریشه، شاخه و برگ (۲۵ و ۳۱) در بوته انگور شود. همچنین با وقوع تنش خشکی شدید گیاه انگور از نظر صفت فیزیولوژیکی نیز دچار تغییر می‌شود که از آن جمله می‌توان به کاهش فرایند فتوسنتز و تعرق (۱۲ و ۴۰)، کاهش پایداری غشای سلولی و بروز نشت یونی (۶ و ۳۹)، افزایش پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و تولید

۱۳۹۴ از کلکسیون ملی انگور ایران واقع در ایستگاه تحقیقات درجه یک انگور تاکستان در استان قزوین جمع‌آوری و پس از ریشه‌دار شدن در گلدان‌های ۲۶ لیتری حاوی خاک با بافت لومی رسی انتقال یافتند. تیمارها از ۷ خرداد اعمال شد و با رسیدن پتانسیل آب خاک به مکش مورد نظر نمونه‌برداری از برگ نهال‌ها صورت گرفته و به سرعت با استفاده از تانک ازت مایع به آزمایشگاه منتقل شد. در مطالعات مشابه (۱۲ و ۴۰) بررسی اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی انگور از پتانسیل ۱- مگاپاسکال گیاه وارد تنش خشکی شده است و منجر به تغییر معنی‌دار صفات مورد اندازه‌گیری شده است. لذا در این پژوهش پتانسیل آب خاک ۰/۷- مگاپاسکال به‌عنوان تنش ملائم و ۱/۲- مگاپاسکال به‌عنوان تنش خشکی شدید در نظر گرفته شده است. به‌منظور دقت اندازه‌گیری و اعمال صحیح تنش خشکی، کلیه مراحل آزمایش شامل اعمال تنش و اندازه‌گیری‌ها، از ۷ خرداد تا ۷ تیر به‌طور مشابه سه بار انجام گرفت (۱۲ و ۴۰). به‌گونه‌ای که با اندازه‌گیری روزانه پتانسیل آب خاک، در زمان رسیدن پتانسیل خاک به تیمارهای مدنظر در پژوهش، نمونه‌برداری شده و پس از آن بوته آبیاری شد. در هر نوبت پس از نمونه‌برداری برگ، دو لیتر آب به همه گلدان‌ها به‌میزان یکسان و از منبع یکسان آب داده می‌شد. پس از آبیاری بسته به نوع تیمار و میزان پتانسیل آب خاک مدنظر در پژوهش گلدان‌ها هر هشت (۰/۷- مگاپاسکال) و ۱۱ روز (۱/۲- مگاپاسکال) به مرحله نمونه‌برداری مجدد می‌رسیدند. برای اندازه‌گیری پتانسیل آب خاک گلدان‌ها از دستگاه تانسومتر (Model: PMS-۷۱۴ شرکت Lutron، کشور تایوان) استفاده شد برای اطمینان از نتایج دستگاه، در ابتدا از گلدان‌ها در مقادیر مختلف رطوبتی، نمونه از خاک گلدان‌ها در عمق توسعه ریشه (۲۰-۱۵ سانتی‌متر) تهیه شد و با دستگاه صفحه فشاری (Pressure Plate) مکش آن محاسبه و با نتایج حاصل از تانسومتر مقایسه شد و منحنی رطوبتی آن رسم شد. در این روش با استفاده از تانسومتر دیجیتال رطوبت خاک در عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری شده و سپس می‌توان با کمک منحنی رطوبتی

مالون دی‌آلدئید (۳۱)، کاهش پروتئین کل (۲۰) و قندهای محلول کل (۳۴) اشاره کرد.

در مورد تنش خشکی با اعمال تیمارهای رطوبتی و بررسی واکنش ارقام در شرایط کم‌آبی در شرایط گلخانه یا مزرعه، ارقام متحمل به خشکی معرفی شده‌اند که از آن جمله می‌توان به ارقام تمپرانیلو (Temperonillo)، آیرن (۳۰)، رقم ساهانی (۱۲ و ۴۰)، رقم‌های ملایی و سیاه انگور (۳۳)، رقم گزنه‌ای (۳۴) و رقم رشه (۱۸) اشاره کرد. همچنین در پژوهشی با بررسی صفات مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های مختلف انگور در ایران، ژنوتیپ‌های کج انگور بجنورد، سرخک قوچان، سیاه معمولی زرقان و قلاتی شیراز به‌عنوان ژنوتیپ‌های مناسب کشت در مناطق با شرایط کم آب معرفی شد (۱۴). طی مطالعات مشابه در ایالت فلوریدا آمریکا از این روش برای تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی برای استفاده به‌عنوان پایه سایر ارقام تجاری استفاده شد (۵ و ۱۹).

با توجه به اینکه بزرگ‌ترین تنش غیرزنده حال حاضر کشاورزی ایران، تنش خشکی است، لازم است که شاخص‌های متأثر از این تنش بیشتر بررسی شود تا ارقام تجاری و پایه‌های مناسب برای کشت در مناطق کم آب معرفی شود. هدف از این پژوهش بررسی اثر سطوح مختلف خشکی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی در سه رقم فخری، ملایی و قلاتی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در یک گلخانه تحقیقاتی با دمای حداقل ۱۹ درجه سانتی‌گراد و حداکثر ۳۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰ تا ۹۰ درصد در ۹۰ کیلومتری همدان واقع در شهرستان ملایر در طی سال ۱۳۹۵ صورت گرفت. آزمایش در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی به‌صورت آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور (فاکتور A سه رقم (فخری، ملایی و قلاتی) و فاکتور B سه پتانسیل آب (۰/۲- به‌عنوان شاهد، ۰/۷- و ۱/۲- مگاپاسکال) با ۹ تیمار و در سه تکرار و با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته (۱۲) و (۴۰) اجرا شد. قلمه‌های ارقام مورد بررسی در اواخر بهمن سال

استخراج شده است (۲۶).

$$\text{chlla} = 11/24(\text{OD } 662) - 2/04(\text{OD } 645) \times \left(\frac{V}{1000 \times W} \right) \quad (2)$$

$$\text{chlla} = 20/13(\text{OD } 645) - 4/19(\text{OD } 662) \times \left(\frac{V}{1000 \times W} \right) \quad (3)$$

محتوای آب نسبی برگ ((Relative Water Content (RWC))

برای اندازه‌گیری محتوای آب نسبی برگ، ۱۰ دیسک به قطر هشت میلی‌متر از قسمت میانی پهنک‌ها تهیه شد. دیسک‌ها وزن شده و داخل پتری دیش‌های درب دار حاوی آب مقطر قرار گرفتند. قطعات برگ به مدت چهار ساعت در یخچال با دمای پنج درجه و در شرایط تاریکی نگهداری شده و پس از آن برای حذف رطوبت اضافی، دیسک‌ها بین دو کاغذ صافی قرار گرفتند سپس وزن آماس آنها اندازه‌گیری شد. سپس دیسک‌های برگ را به آن ۷۰ درجه سانتی‌گراد منتقل کرده و بعد از ۴۸ ساعت وزن خشک آنها تعیین شد. برای تعیین محتوای آب نسبی برگ از معادله (۴) استفاده شد که در آن FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و SW وزن اشباع یا آماس برگ است (۳۷).

$$\text{RWC} = \frac{F_w - D_w}{S_w - D_w} \times 100 \quad (4)$$

مالون دی‌آلدئید و فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز

غلظت مالون دی‌آلدئید که فرآورده پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء است از روش ونگ (۴۲) اندازه‌گیری شد و از تیوباربیتوریک اسید به‌عنوان معرف استفاده شد (۴۲).

در اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز، برای تهیه عصاره، ۰/۱ گرم برگ خرد شد و به داخل ویال‌های دو میلی‌لیتری منتقل و یک میلی‌لیتر بافر فسفات به آنها اضافه شد. سپس ویال‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در سانتی‌فریوژ یخچال‌دار در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه قرار گرفتند. ۵۰ میکرولیتر عصاره به بافر واکنش مخصوص اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز که شامل سه میلی‌لیتر بافر فسفات و ۴/۵ میکرولیتر پراکسید هیدروژن بود، اضافه شد و در طول موج ۲۴۰ نانومتر به مدت سه دقیقه میزان جذب مشاهده و

متوجه شد که میزان پتانسیل آب خاک چه مقدار است. صفات فیزیولوژیکی در زمان رسیدن پتانسیل آب خاک به سطح خشکی مورد انتظار که با دستگاه تانسومتر تعیین می‌شد، اندازه‌گیری شدند.

اندازه‌گیری صفات مورد آزمایش

نسبت وزن خشک برگ به سطح برگ و پایداری غشای

سلولی (Membrane Stability Index (MSI))

برای اندازه‌گیری نسبت وزن خشک برگ به سطح برگ از روش گالمز (۱۰) استفاده شد. از هر تیمار شش برگ بالغ و سالم انتخاب شد. ابتدا توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf area meter, مدل OT)، سطح برگ‌ها اندازه‌گیری و سپس برگ‌ها در ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. برای به دست آوردن این شاخص وزن خشک برگ به سطح برگ تقسیم می‌شود (۱۰). برای اندازه پایداری غشای سلولی از معادله (۱) استفاده شد که در آن C_۱ نشان‌دهنده EC مخلوط حاوی قطعات برگ و آب مقطر که به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم ۴۰ درجه سانتی‌گراد در حرارت داده شده و C_۲ نشان‌دهنده EC مخلوط حاوی برگ و آب مقطر که در حمام آب ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه حرارت داده شده است (۳۸).

$$\text{MSI} = \left[1 - \frac{C_1}{C_2} \right] \times 100 \quad (1)$$

قندهای محلول، پرولین و کلروفیل

اندازه‌گیری میزان قندهای محلول به روش کوچرت صورت گرفت (۲۳). میزان پرولین با روش ایریگوین و همکاران با کمک معرف ناین هیدرین و با مشاهده میزان جذب در طول موج ۵۱۵ نانومتر اندازه‌گیری شد (۱۷). کلروفیل بر اساس روش لیچ‌تندالر و بوچمن (۲۶) استخراج شد. میزان جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر در دو طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر مشاهده و غلظت کلروفیل a و b به ترتیب از طریق معادلات ۲ و ۳ به دست آمد. در این روابط V حجم و W وزن تر نمونه

به ترتیب با ۴/۶۳ و ۴/۲۲ میلی گرم در سانتی متر مربع و کمترین مقدار در رقم فخری با ۳/۹۶ میلی گرم در سانتی متر مربع به دست آمد (جدول ۲). از راه کارهای گیاه در برابر تنش خشکی، کاهش اندازه و تعداد برگ‌ها و رشد رویشی و در نهایت وزن خشک اندام‌هاست. با این کار سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی به بخش زیرزمینی گیاه اختصاص و همچنین سطح تعرق گیاه در بخش رویشی کاهش می‌یابد (۲ و ۳۳). بر اساس پژوهش‌ها صفت نسبت وزن خشک برگ به سطح برگ یکی از مهم‌ترین صفات تعیین‌کننده تحمل گیاه به تنش‌ها است، به طوری که گیاهان با نسبت وزن خشک برگ به سطح برگ بالا دارای تحمل بیشتر به تنش خشکی هستند و ظرفیت بالاتری برای فتوسنتز دارند (۱۷). پس بالاتر بودن این صفت در ارقام قلاتی و ملایی و تغییرات کمتر آن در اثر بروز تنش خشکی می‌تواند نشان‌دهنده تحمل بهتر این ارقام در مقایسه با رقم فخری به تنش خشکی باشد. این امر احتمالاً می‌تواند به دلیل عواملی مانند میزان کلروفیل بالاتر و تغییرات کمتر طی تنش خشکی در این ارقام باشد (۱۳ و ۲۴).

پایداری غشای سلولی

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که صفت پایداری غشای سلولی تحت تأثیر مستقل رقم و تنش خشکی قرار گرفته است و در سطح یک درصد معنی‌دار هستند و اثر متقابل رقم و تنش خشکی نیز در سطح پنج درصد معنی‌دار شده است (جدول ۱). ارقام قلاتی و سپس ملایی به ترتیب با ۷۶/۷۳ و ۷۶/۱۱ درصد بیشترین و رقم فخری با ۷۴/۱۱ درصد کمترین پایداری غشای سلولی را نشان دادند (جدول ۲). نتایج اثرات متقابل رقم و تنش خشکی نشان داد که پایداری غشای سلولی در ارقام قلاتی و ملایی در سطح تنش خشکی ۰/۷- مگاپاسکال تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد نشان نداد و فقط سطح تنش ۱/۲- مگاپاسکال نسبت به شاهد تفاوت معنی‌دار داشت، در حالی که در رقم فخری، پایداری غشای سلولی در سطوح ابتدایی تنش خشکی کاهش معنی‌دار نشان داد و دچار

بر اساس واحد در گرم وزن تر ارائه شد (۳۱). در اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز از روش همدا و کلین (۱۵) استفاده شد و میزان جذب در طی سه دقیقه در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت شد. مقدار تراگویاکول تشکیل شده با کمک ضریب خاموشی محاسبه شد ($\epsilon=26/6 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) (۱۵)

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ انجام و مقایسه میانگین آنها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد نسبت وزن خشک برگ به سطح برگ، قندهای محلول، پرولین، کلروفیل، مالون دی‌آلدئید و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز تحت تأثیر مستقل تنش خشکی و رقم قرار گرفتند و اثر مستقل رقم تنها بر صفت محتوای آب نسبی برگ معنی‌دار نشد (جدول ۱). همچنین بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر متقابل رقم و تنش خشکی در مورد صفات پایداری غشای سلولی، کلروفیل a و کل، محتوای آب نسبی برگ، پرولین، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز معنی‌دار شد (جدول ۱).

نسبت وزن خشک به سطح برگ

بر اساس نتایج حاصل از پژوهش، تنش خشکی و رقم بر صفت نسبت وزن خشک به سطح برگ اثر معنی‌دار داشت. اما اثر متقابل سطوح تنش و رقم بر تغییرات این صفت تأثیر معنی‌دار نداشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که رقم قلاتی با ۴/۷۹ و رقم فخری با ۴/۱۵ میلی گرم بر سانتی متر مربع بیشترین و کمترین مقدار نسبت وزن خشک برگ به سطح برگ را داشتند. با افزایش سطوح تنش میزان این صفت کاهش یافت و بیشترین مقدار آن در رقم قلاتی و سپس ملایی

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس تأثیر نوع رقم و سطوح تنش خشکی بر برخی صفات فیزیولوژیکی سه رقم انگور

میانگین مربعات

پراکسیداز	کاتالاز	کاتالاز	مالون دی آلدئید	پروپین	کربوهیدرات محلول	محتوای آب نسبی برگ	محتوای کل کلروفیل	کلروفیل b	کلروفیل a	کلروفیل سلولی	پایداری غشای سلولی	نسبت وزن خشک برگ به سطح برگ	درجه آزادی	منبع تغییرات
۱۹۳۹/۵*	۵/۱۹۴**	۵/۸۸۴**	۳۳/۸۵**	۷/۵۲۵**	۱/۲۰۸ ^{ns}	۰/۱۲۴**	۰/۱۳۳**	۰/۵۵۹**	۱۶/۸۹۱**	۰/۹۴۶**	۲	رقم		
۲۷۱۴۳/۸**	۲۰/۸۴۱**	۹/۳۸۵**	۹۳/۲۵۶**	۷۳۰/۳۳۳**	۵۹/۷۴**	۰/۱۰۷**	۰/۵۰۳**	۰/۸۱۳**	۲۷/۱۳۳**	۰/۲۵۳**	۲	سطح تنش خشکی		
۱۶۹۳/۶*	۰/۶۸۵**	۰/۲۷۲ ^{ns}	۵/۶۷**	۲/۲۶۷ ^{ns}	۶/۸۱**	۰/۰۵۶*	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۶*	۲/۰۱۳*	۰/۰۰۱ ^{ns}	۴	رقم و سطح تنش خشکی		
۳۵۶/۱	۰/۱۳۱	۰/۳۵۹	۰/۵۳۰	۰/۶۲۴	۰/۹۲۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۶۵۱	۰/۰۲۶	۱۶	خطا		
۸/۲۷	۹/۰۹	۲۱/۶۶	۷/۴۵	۸/۰۴	۱۴/۶۶	۱۱/۹۱	۱۷/۴۱	۷/۳۹	۹/۳۸	۱۲/۲۶	-	ضریب تغییرات (%)		

*، **، به ترتیب نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

جدول ۲. اثر رقم و تنش خشکی بر برخی صفات فیزیولوژیکی ارقام انگور

تیمار	نسبت وزن خشک برگ به سطح	پایداری غشا سلولی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	محتوای آب نسبی برگ	کربوهیدرات محلول	مالون دی‌آلدئید
	(mg/cm ²)	(درصد)	(mg/ g F. W.)	(mg/ g F. W.)	(%)	(mg/ g D.W.)	(μ mol/ g F. W.)	
خشکی								
۰-۲	۴/۶۰ ^a	۷۷/۴۲ ^a	۱/۰۸ ^a	۰/۴۴ ^a	۱/۵۳ ^a	۹۰/۴۳ ^a	۱۰/۵۷ ^c	۲/۰۷ ^b
۰-۷	۴/۴۶ ^{ab}	۷۵/۵۸ ^b	۱/۰۲ ^b	۰/۴۳ ^{ab}	۱/۴۳ ^b	۸۷/۱۳ ^b	۱۷/۶۳ ^b	۲/۵۸ ^b
۱-۲	۴/۲۶ ^b	۷۳/۹۵ ^c	۰/۸۹ ^c	۰/۴۲ ^b	۱/۳۱ ^c	۸۵/۳۵ ^c	۲۳/۲۸ ^a	۳/۶۴ ^a
رقم								
فخری	۴/۱۵ ^c	۷۴/۱۱ ^b	۰/۹۳ ^b	۰/۳۹ ^c	۱/۳۲ ^c	۸۷/۲۳ ^a	۱۶/۱۹ ^b	۱۰/۵۷ ^c
ملایی	۴/۳۷ ^b	۷۶/۱۱ ^a	۰/۹۶ ^b	۰/۴۳ ^b	۱/۳ ^b	۸۷/۹۴ ^a	۱۷/۲۹ ^a	۱۷/۶۳ ^b
قلاتی	۴/۷۹ ^a	۷۶/۷۳ ^a	۱/۰۸ ^a	۰/۴۷ ^a	۱/۵۵ ^a	۸۷/۷۵ ^a	۱۸/۰۰ ^a	۲۳/۲۸ ^a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد با همدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

دیگر بیشتر بود (جدول ۲). تنش خشکی با کاهش میزان فتوسنتز باعث کاهش تولید کربوهیدرات‌های محلول می‌شود (۴۴) ولی افزایش مقدار قندهای محلول در اثر تنش خشکی برای تنظیم اسمزی برای تداوم جذب آب توسط گیاه صورت می‌گیرد. تجمع قندهای محلول مانند ساکارز، فروکتوز و گلوکز با میزان تحمل گیاهان به تنش خشکی رابطه نزدیکی دارد و تا حد زیادی می‌تواند از اختلال در غشای سلولی جلوگیری کند (۶). افزایش شدت تبدیل نشاسته به قند و نیز کاهش مصرف قند در اثر کاهش میزان رشد می‌تواند از دلایل دیگر افزایش قندهای محلول طی تنش خشکی باشد (۲۰).

رنگیزه کلروفیل a و b

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تنش خشکی بر کاهش میزان کلروفیل a (۱۸/۳ درصد)، b (۱۷/۷ درصد) و کل (۱۸/۲ درصد) برگ سه رقم انگور مورد مطالعه اثر معنی‌داری داشتند. همچنین ارقام از نظر میزان کلروفیل برگ تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد نشان دادند به طوری که رقم قلاتی از نظر میزان کلروفیل a (۱/۰۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر)،

نشأت الکترولیت و کاهش پایداری غشا شد. تنش خشکی در سطوح بالا منجر به نشأت الکترولیت و از بین رفتن استحکام غشای سلولی و حتی غشای کلروپلاستی می‌شود (۶ و ۳۹). ارقامی که پایداری غشای بالاتری داشته باشند و با افزایش سطوح تنش آن را حفظ کنند، توانایی تحمل بهتر خشکی را خواهند داشت. با وقوع تنش خشکی سلول‌های گیاهی چروکیده شده و دیواره سلولی پایداری و توسعه خود را از دست می‌دهد و علاوه بر ممانعت از انتقال پروتون از پروتوپلاسم به دیواره سلولی، نشأت یونی نیز اتفاق می‌افتد. در نتیجه این امر، نفوذ پذیری غشای سلولی افزایش می‌یابد و محتویات داخل سلول به بیرون نشأت خواهد کرد (۷ و ۱۲).

قندهای محلول

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد میزان کربوهیدرات محلول تحت تأثیر رقم و تنش خشکی قرار گرفت ولی اثر متقابل در مورد این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). با افزایش تنش خشکی، میزان قندهای محلول افزایش یافت و در رقم قلاتی (۱۸/۰۰ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) نسبت به دو رقم

جدول ۳. اثرات متقابل سه رقم انگور و سطوح مختلف خشکی بر پایداری غشای سلولی، میزان کلروفیل a و کل

کلروفیل کل (mg g ⁻¹ F. W.)			کلروفیل a (mg g ⁻¹ F. W.)			پایداری غشای سلولی (%)		
-۱/۲	-۰/۷	-۰/۲	-۱/۲	-۰/۷	-۰/۲	-۱/۲	-۰/۷	-۰/۲
۱/۲۱ ^d	۱/۳۱ ^{cd}	۱/۴۶ ^b	۰/۸۳ ^e	۰/۹۲ ^{de}	۱/۰۵ ^{bc}	۷۱/۹۷ ^d	۷۳/۹۸ ^{cd}	۷۶/۳۷ ^{ab}
۱/۳۳ ^c	۱/۳۹ ^{bc}	۱/۴۷ ^{ab}	۰/۹۱ ^{de}	۰/۹۵ ^{cd}	۱/۱ ^{bcd}	۷۳/۹۱ ^{cd}	۷۶/۰۸ ^{abc}	۷۸/۳۴ ^a
۱/۴ ^{bc}	۱/۶ ^{o a}	۱/۶۶ ^a	۱/۰۴ ^{cde}	۱/۱۳ ^{ab}	۱/۱۹ ^a	۷۵/۹۶ ^{bc}	۷۶/۶۹ ^{ab}	۷۷/۵۴ ^{fab}

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد با همدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

است. البته اثر مستقل رقم بر این صفت تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). میزان درصد آب نسبی برگ نیز در اثر افزایش سطوح تنش خشکی کاهش معنی‌دار نشان داد (جدول ۲). با اعمال سطوح تنش خشکی، این صفت در برگ‌های رقم فخری به سرعت کاهش یافت و از ۹۱/۹ به ۸۳/۷ درصد رسید. کاهش محتوای آب نسبی برگ در همه ارقام در سطح تنش ۱/۲- مگاپاسکال به صورت معنی‌دار بود ولی در ارقام ملایی و قلاتی در سطح تنش ۰/۷- مگاپاسکال کاهش معنی‌داری در محتوای آب نسبی برگ مشاهده نشد (شکل ۱). شاخص درصد محتوای آب نسبی برگ جزء صفات مناسب برای نشان دادن الگوی پاسخ فتوسنتزی گیاهان به کم‌آبی است. زیرا با بروز تنش خشکی، پتانسیل اسمزی در برگ انگور کاهش می‌یابد و محتوای آب نسبی برگ کم می‌شود (۷)، محتوای آب نسبی برگ رابطه مستقیم با هدایت روزنه‌ای دارد و به سرعت بر هدایت روزنه‌ای و کاهش فتوسنتز اثر می‌گذارد (۱۸ و ۳۴). کاهش پتانسیل آب مانع از تقسیم سلولی، رشد اندام، فتوسنتز خالص و سنتز پروتئین گیاه می‌شود (۲۵).

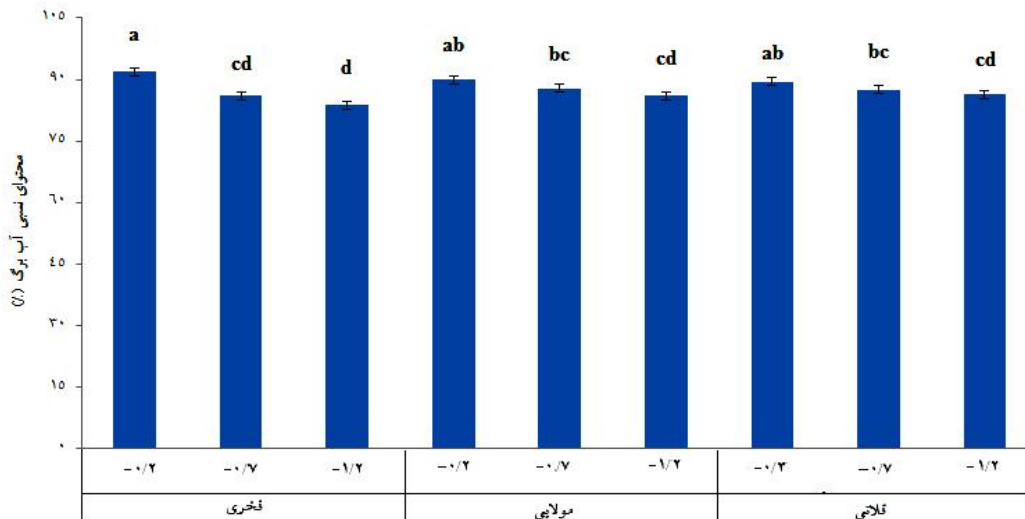
پرویلین

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد سطوح مختلف تنش خشکی تأثیر معنی‌دار در سطح یک درصد بر غلظت پرویلین

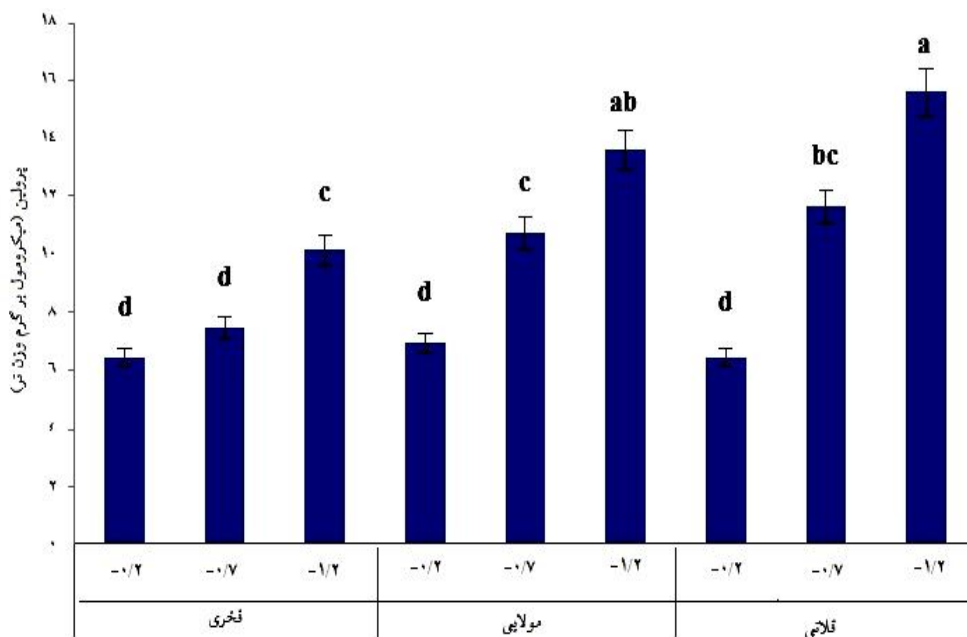
b (۰/۴۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کل (۱/۵۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) نسبت به سایر ارقام سبزینه بیشتری نشان داد. ولی اثر متقابل رقم و سطوح تنش خشکی بر میزان کلروفیل نوع b معنی‌دار نشان نداد ولی بر میزان کلروفیل a و کل معنی‌دار بود (جدول ۱ و ۳). کاهش کلروفیل a و کلروفیل کل در دو سطح ۰/۷- و ۱/۲- مگاپاسکال نسبت به شاهد معنی‌دار بود (جدول ۱). تغییرات کلروفیل در طی تنش خشکی از شاخص‌های میزان تحمل به تنش است (۴۴). تنش خشکی منجر به پیری زودرس گیاه و شکسته شدن مکان اصلی حضور کلروفیل می‌شود یعنی طی تنش خشکی غشای کلروپلاستی از بین رفته و صفحات کلروپلاستی تغییر شکل می‌یابند (۳۹). کاهش کلروفیل می‌تواند ناشی از رقابت در سنتز کلروفیل و پرویلین باشد زیرا این دو ماده دارای پیش‌ماده یکسان یعنی گلوتامین هستند. با تنش‌های خشکی و شوری، فعالیت آنزیم گلوتامات لیگاز برای سنتز کلروفیل کاهش می‌یابد و در عوض آنزیم گلوتامین کیناز برای تبدیل گلوتامین به پرویلین فعال می‌شود، این کاهش کلروفیل در اثر تنش خشکی در انگور گزارش شده است (۱۶ و ۲۷).

محتوای آب نسبی برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده بروز تغییرات معنی‌دار در صفت محتوای آب نسبی برگ در اثر سطوح تنش و اثر متقابل رقم و تنش خشکی در سطح یک درصد



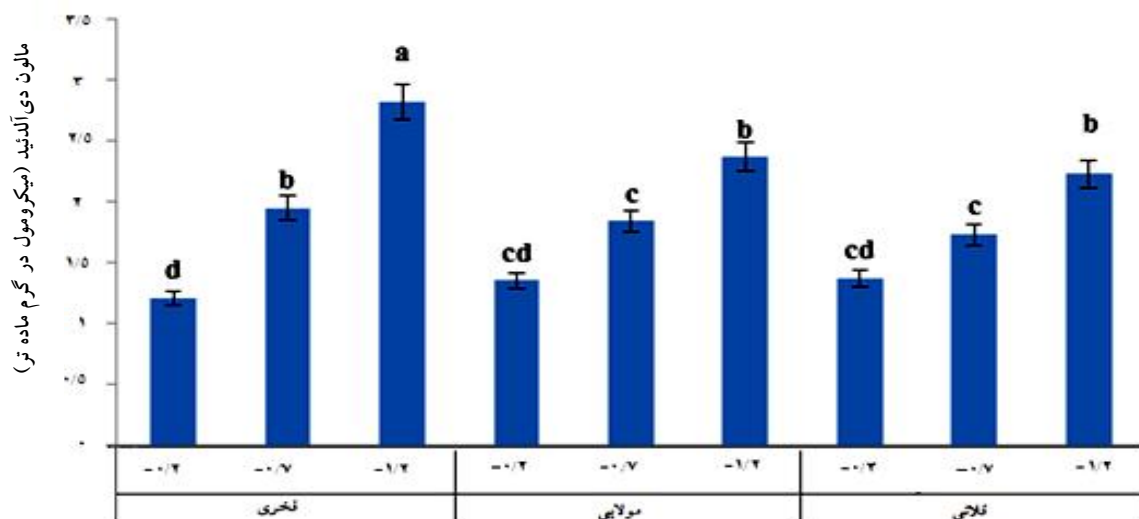
شکل ۱. اثر متقابل رقم و سطوح مختلف خشکی خاک بر محتوای آب نسبی برگ. میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد با همدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۲. اثر متقابل رقم و سطوح مختلف خشکی خاک بر پرولین برگ. میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد با همدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

محیطی تحت تأثیر قرار می‌دهد. پرولین به ثبات ساختاری ریزسلولی، خشی کردن رادیکال‌های آزاد و کاهش پتانسیل ردوکس (اکسیداسیون و احیای سلولی) در شرایط تنش کمک می‌کند (۲۰) و (۲۱). بر اثر تنش خشکی آنزیم گلوتامین کیناز برای تبدیل گلوتامین به پرولین فعال می‌شود تا با این روش علاوه بر محافظت از غشا و

داشتند و اثر متقابل رقم و تنش خشکی نیز معنی‌دار شد (جدول ۱). تنش خشکی موجب افزایش مقدار پرولین در تمامی ارقام شد (جدول ۲). بیشترین افزایش پرولین مربوط به رقم قلاتی با ۱۵/۵ میکرومول در گرم وزن تر در آخرین سطح تنش بود (شکل ۲). پرولین به‌عنوان یک اسمولیت، تنظیم اسمزی را طی تنش‌های



شکل ۳. اثر متقابل رقم و سطوح مختلف خشکی خاک بر مالون دی آلدئید برگ. میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد با همدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

خشکی، اندازه‌گیری میزان این ماده در ریشه و برگ می‌تواند به مقدار زیادی تعیین‌کننده باشد (۲۸ و ۳۱). بر اساس پژوهش‌ها، تجمع زیاد مالون دی آلدئید در یک رقم نشان‌دهنده حساسیت بیشتر آن به تنش‌های اکسایشی است. پایین بودن مالون دی آلدئید در ارقام قلاتی و ملائی می‌تواند به دلیل توانایی آنها در سنتز پرولین و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی طی تنش خشکی باشد که این نتایج در پژوهش‌های صورت گرفته گزارش شده است (۱۳ و ۳۹).

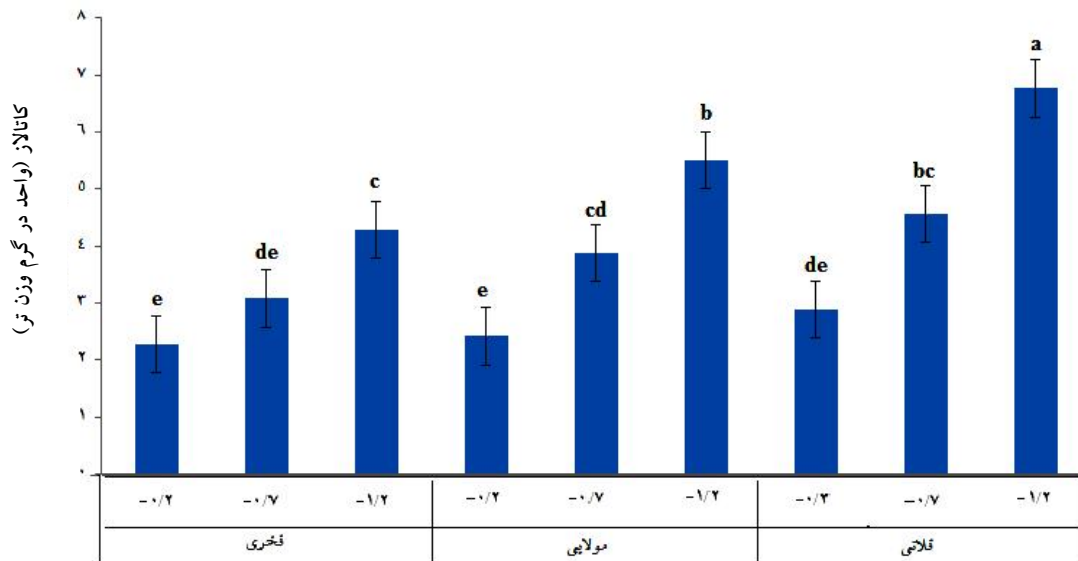
آنزیم کاتالاز

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر مستقل تنش خشکی و رقم و همچنین اثر متقابل این دو فاکتور روی فعالیت آنزیم کاتالاز که از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مهم است در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱) و با بروز تنش خشکی، میزان فعالیت این آنزیم افزایش یافت (شکل ۴). ارقام قلاتی با ۶/۷۶ واحد بر گرم وزن تر و سپس ملائی با ۵/۵ واحد در گرم وزن تر نسبت به فخری با ۴/۲۸ واحد در گرم وزن تر افزایش بیشتری در فعالیت کاتالاز نشان دادند (شکل ۴). زمانی که گیاه تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد، رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن باعث بروز آسیب به گیاه و غشای سلولی

لیپیدها، با ایجاد پیوندهای نوع هیدروژنی با دنباله‌های خطی پروتئین‌ها باعث پایداری پروتئین‌ها می‌شوند (۳ و ۴).

مالون دی آلدئید

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات مستقل رقم و سطوح تنش خشکی بر میزان مالون دی آلدئید در سطح یک درصد معنی‌دار شد، ولی اثر متقابل این دو فاکتور تأثیر معنی‌داری بر میزان آن نداشت (جدول ۱). بالاترین غلظت مالون دی آلدئید با ۲/۷۲ میکرومول بر گرم وزن تر در سطح تنش ۱/۲- مگاپاسکال مشاهده شد که نشان‌دهنده پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی در تنش خشکی است. با بروز تنش خشکی، میزان مالون دی آلدئید افزایش معنی‌دار یافت که در ارقام ملائی و قلاتی افزایش کمتر بود ولی در رقم فخری این افزایش بیشتر بود و به بیش از دو برابر نسبت به شاهد نیز رسید (شکل ۳). ماده جانبی که در اثر پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی تولید می‌شود، مالون دی آلدئید است. غشای سلولی اولین خسارات را طی تنش‌های محیطی و غیرمحیطی دریافت می‌کند. اسیدهای چرب اشباع نشده غشای سلولی به راحتی با گونه‌های فعال اکسیژن آزاد واکنش نشان می‌دهند (۲۰). برای پی بردن به حساسیت یا تحمل ارقام به تنش



شکل ۴. اثر متقابل رقم و سطوح مختلف خشکی خاک بر کاتالاز برگ. میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد با همدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

مگاپاسکال افزایش فعالیت پراکسیداز در رقم فخری با ۵۸۶/۸۵ میکرومول در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین سریع‌تر از دو رقم دیگر شروع شد ولی در سطوح خشکی بالاتر، افزایش فعالیت پراکسیداز در دو رقم ملایی و قلاتی بیشتر بود (شکل ۵). سه آنزیم سوپراکسیداز، کاتالاز و پراکسیداز از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند که در مقابله با اکسیژن فعال تولید می‌شوند و در تنش‌های زنده و غیر زنده بسیار مؤثر هستند (۴۳). گیاهان متحمل‌تر به شرایط تنش، سیستم آنتی‌اکسیدانی کارآمدتری دارند زیرا این ترکیبات با تجزیه پراکسید هیدروژن و سایر مواد مخرب ناشی از تنش در سلول و آپوپلاست باعث بقای سلول می‌شوند (۱۳). افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در ارقام انگور و آلبالو در اثر تنش خشکی گزارش شده است (۴۰ و ۴۱). افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم پراکسیداز در ارقام ملایی و قلاتی، نشان‌دهنده پایداری بیشتر این رقم‌ها در برابر تنش خشکی است.

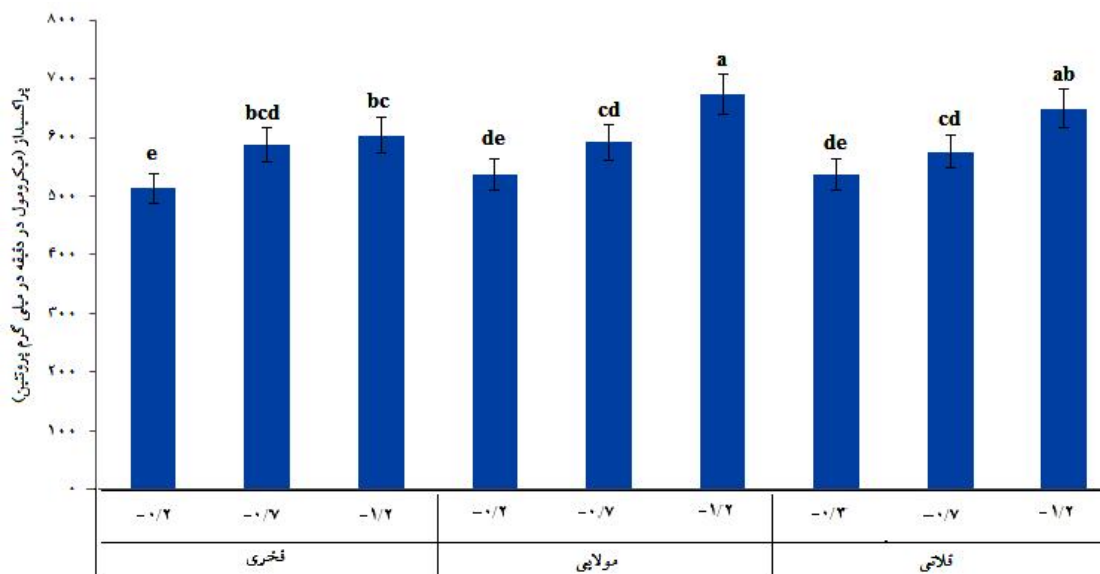
نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش ارقامی که در شرایط تنش خشکی شاخص نسبت وزن خشک برگ به سطح برگ و پایداری غشای بیشتری دارند و کربوهیدرات محلول و پرولین

می‌شوند (۳۲). با ایجاد آسیب در سیکل انجام فرایندهای تنفس و فتوسنتز، میزان رشد و غذاسازی کاهش شدید می‌یابد. در این شرایط گیاه آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز را برای مقابله با مواد درون‌سلولی مخرب تولید می‌کند. فعالیت بیشتر این آنزیم از میزان تنش اکسایشی می‌کاهد و از فرایندهای متابولیسمی محافظت می‌کند (۴۰). در مطالعه‌ای مشابه فعالیت این آنزیم در پایه‌های آلبالو طی تنش تا ۹ درصد افزایش یافت (۳۷). افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در اثر تنش خشکی در ارقام انگور نیز گزارش شده است (۳۱). افزایش فعالیت این آنزیم در ارقام قلاتی و سپس ملایی نشان‌دهنده این امر است که به احتمال زیاد این ارقام تحمل بیشتری به سطوح بالای تنش خشکی نسبت به رقم فخری دارند.

آنزیم پراکسیداز

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد در هر سه رقم با بروز تنش خشکی آنزیم پراکسیداز افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۱). طی تنش خشکی در این پژوهش رقم ملایی با ۶۷۴/۰۶ میکرومول در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین افزایش ۲۰ درصدی فعالیت را نشان داد (شکل ۵). در سطح تنش خشکی ۰/۷-



شکل ۵. اثر متقابل رقم و سطوح مختلف خشکی خاک بر پراکسیداز برگ. میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد با همدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

ارقام قلاتی و سپس ملایی نسبت به رقم فخری تنش خشکی را بهتر تحمل کنند و برای کشت در مناطق کم‌آب‌تر می‌توانند مد نظر قرار گیرند.

بیشتری تجمع می‌دهند، محتوای آب نسبی برگ بالاتر و میزان بالاتری از کلروفیل را حفظ می‌کنند و همچنین فعالیت بالاتری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز و پراکسیداز را دارند، قدرت تحمل تنش بهتری دارند. به نظر می‌رسد بر اساس این پژوهش

منابع مورد استفاده

- Ahmadi, K., H. Ghohizadeh, H. R. Ebadzadeh, F. Hatami, R. Hoseinpour, R. Kazemifard and H. Abdoshah. 2016. Agricultural Statistics since 2015. Third volume, Published by Information and Communication Technology Center of Agriculture Ministry. Tehran.
- Anjum, M. A. 2011. Effect of exogenously applied spermidine on growth and physiology of citrus rootstock Troyer citrange under saline conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 35(1): 43-53.
- Arbona, V., V. Flors, J. Jacas, P. Garcia-Agustin and A. Gomez-Cadenas. 2003. Enzymatic and non-enzymatic antioxidant responses of Carrizo citrange, a salt-sensitive citrus rootstock, to different levels of salinity. *Plant and Cell Physiology* 44(4): 388-394.
- Ashraf, M. and M. Foolad. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany* 59(2): 206-216.
- Bascunan-Godoy, L., N. Franck, D. Zamorano, C. Sanhueza, D. E. Carvajal and A. Ibacache. 2017. Rootstock effect on irrigated grapevine yield under arid climate conditions are explained by changes in traits related to light absorption of the scion. *Scientia Horticulturae* 218: 284-292.
- Bertamini, M., L. Zulini, K. Muthuchelian and N. Nedunchezian. 2006. Effect of water deficit on photosynthetic and other physiological responses in grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) plants. *Photosynthetica* 44: 151-154.
- Bota, J., O. Stasyk, J. Flexas and H. Medrano, 2004. Effect of water stress on partitioning of ¹⁴C-labelled photosynthates in *Vitis vinifera*. *Functional Plant Biology* 31(7): 697-708.
- Ebadi, A. and M. Hadadinejad. 2014. Physiology, Breeding and Production of Grapevine. Tehran University Press. Tehran.
- Ekhvaia, J. and M. Akhalkatsi. 2010. Morphological variation and relationships of Georgian populations of *Vitis vinifera* L. subsp. *sylvestris* (CC Gmel) Hegi. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 205(9): 608-617.
- Galmes, J., J. Flexas, R. Save and H. Medrano. 2007. Water relations and stomatal characteristics of Mediterranean plants

- with different growth forms and leaf habits: responses to water stress and recovery. *Plant and Soil* 290(1-2): 139-155.
11. Gerzon E., I. Biton, Y. Yaniv, H. Zemach, Y. Netzer, A. Schwartz, A. Fait and G. Ben-Ari. 2015. Grapevine anatomy as a possible determinant of isohydric or anisohydric behavior. *American Journal of Enology and Viticulture* 66: 340-347.
 12. Ghaderi, N., A. R. Talaei, A. Ebadi and H. Lesani. 2010. Study of some physiological characteristics in 'Sahani', 'Bidane-sefid' and 'Farkhii' grapes during drought stress and their subsequent recovery. PhD Thesis, Tehran State University, Tehran, Iran.
 13. Gill, S. S. and N. Tuteja. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 48(12): 909-930.
 14. Hadadinejad, M., A. Ebadi, R. Fatahi and M. A. Nejatian. 2013. Primary morphological screening of 698 grapevine genotypes to select drought tolerant rootstocks. *Iranian Journal of Horticultural Science* 44: 193-207. (In Farsi).
 15. Hemeda, H. M. and B. P. Klein. 1990. Effects of naturally occurring antioxidants on peroxidase activity of vegetables extracts. *Journal of Food Science* 55(1): 184-185.
 16. Hura, T., K. Hura, M. Grzesiak and A. Rzepka. 2007. Effect of long-term drought stress on leaf gas exchange and fluorescence parameters in C3 and C4 plants. *Acta Physiologiae Plantarum* 29(2): 103-113.
 17. Irigoyen, J. J., D. W. Einerich and M. Sanchez-Diaz. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants. *Physiologia Plantarum* 84(1): 55-60.
 18. Jalili marandi, R., A. Hassani, H. Dolati baneh, H. Azizi and R. Haji taghiloo. 2011. Effect of different levels of soil moisture on the morphological and physiological characteristics of three grape cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science* 42: 31-40. (In Farsi).
 19. Jacobs, S. D. 2010. Effect of rootstock and water stress on gas exchange, water relations, and water-use efficiency in petite sirah grapevines. PhD. Thesis. California State University, California.
 20. Kantar, M., S. J. Lucas and H. Budak. 2011. Drought Stress: molecular genetics and genomics approaches. *Advances in Botanical Research* 57: 445-493.
 21. Kishor, P., B. Kavi., S. Sangam, R. N. Amrutha, P. S. Laxmi, K. R. Naidu, K. R. Rao, S. Rao, K. J. Reddy, P. Theriappan and N. Sreenivasulu. 2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. *Current Science* 88(3): 424-438.
 22. Kennedy, J. A. 2008. Grape and wine phenolics: Observations and recent findings. *Ciencia e Investigacion Agraria* 35(2): 107-120.
 23. Khochert, G. 1987. Carbohydrate determination by phenol- sulphoric acid methods. In: Hellebust J. A. and Garigie J. S. (Eds.) pp. 95-97. Handbook of Physiological Methods, Cambridge University Press. UK.
 24. Koundouras, S., I. T. Tsiatas, E. Zioziou and N. Nikolaou. 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(1): 86-96.
 25. Lawlor, D. W. 2002. Limitation to photosynthesis in water stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. *Annals of Botany* 89(7): 871-885.
 26. Lichtenthaler, H. K. and C. Buschmann. 2001. Extraction of photosynthetic tissues: chlorophylls and carotenoids. *Food Analytical Chemistry Protocols* F4.3.1-F4.3.8.
 27. Lovisolo, C., S. Tramontini, J. Flexas and A. Schubert. 2008. Mercurial inhibition of root hydraulic conductance in *Vitis* spp. rootstocks under water stress. *Environmental and Experimental Botany* 63(1): 178-182.
 28. Mahmood, M., S. Shirani-Bidabadi, C. Ghobadi and D. J. Gray. 2012. Effect of methyl jasmonate treatments on alleviation of polyethylene glycol - mediated water stress in banana (*Musa acuminata* cv. 'Berangan', AAA) shoot tip cultures. *Plant Growth Regulation* 68(2): 161-169.
 29. Manivannan, P., C. Abdul Jaleel, B. Sankar, A. Kishorekumar, R. Somasundaram, G. A. Lakshmanan and R. Panneerselvam. 2007. Growth, biochemical modifications and proline metabolism in *Helianthus annuus* L. as induced by drought stress. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 59(2): 141-149.
 30. Medrano, H., J. M. Escalona, J. Cifre, J. Bota and J. Flexas. 2003. A ten-year study on the physiology of two Spanish grapevine cultivars under field conditions: effects of water availability from leaf photosynthesis to grape yield and quality. *Functional Plant Biology* 30(6): 607-619.
 31. Mehri, H. R., S. Ghobadi, B. Baninasab, P. Ehsanzadeh and M. Gholami. 2014. Study of some physiological and morphological responses of four Iranian grape cultivars to drought stress in vitro. *Journal of Plant Process and Function* 10(3): 115-125.
 32. Mhamdi, A., G. Queval, S. Chaouch, S. Vanderauwera, F. Breusegem and G. Noctor. 2010. Catalase function in plants: a focus on Arabidopsis mutants as stress-mimic models. *Journal of Experimental Botany* 61(15): 4179-4220.
 33. Rasuli, V. and M. Golmohamadi. 2009. Evaluation of drought stress tolerance in grapevine cultivars of Qazvin province. *Seed and Seedling Breeding* 25(2): 349-359. (In Farsi).
 34. Rezaee, T., M. Gholami, A. Ershadi and M. R. Mosaddeghi. 2007. The effect of water deficit stress on some

- growth and physiological characteristics of five grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Water, Soil and Plants in Agriculture* 7(4): 199-210. (In Farsi).
35. Sairam, R. K., V. Chandrasekhar and G. C. Srivastava. 2001. Comparison of hexaploid and tetraploid wheat cultivars in their responses to water stress. *Biologia Plantarum* 44(1): 89-94.
 36. Scharwies, J. D. and S. D. Yerman. 2016. Comparison of isohydric and anisohydric *Vitis vinifera* L. cultivars reveals a fine balance between hydraulic resistances, driving forces and transpiration in ripening berries. *Functional Plant Biology* 44(3): 324-338.
 37. Sheng, C. X., P. L. Yong, H. Jin, J. G. Ya, G. M. Wen, Y. Z. Yun and J. Z. Shui. 2010. Responses of antioxidant enzymes to chilling stress in tobacco seedlings. *Agricultural Sciences in China* 9(11): 1594-1601.
 38. Sivritepe, N., U. Erturk, C. Yerlikaya, I. Turkan, M. Bor and F. Ozdemir. 2008. Response of the cherry rootstock to water stress induced in vitro. *Biologia Plantarum* 52(3): 573-576.
 39. Sofo, A., B. Dichio, C. Xiloyannis and A. Masia. 2005. Antioxidant defenses in olive trees during drought stress: changes in activity of some antioxidant enzymes. *Functional Plant Biology* 32(1): 45-53.
 40. Talaei, A. R., N. Ghaderi, A. Ebadi and H. Lesani. 2012. Biochemical responses of grape cvs Sahani and Bidane-Sefid, subjected to progressive drought. *Iranian Journal of Horticultural Science* 42: 301-308. (In Farsi).
 41. Teixeira, A. H. C., W. G. M. Bastiaanssen and L. H. Bassoi. 2007. Crop water parameters of irrigated wine and table grapes to support water productivity analysis in the Sao Francisco river basin. *Agricultural Water Management* 94(1): 31-42.
 42. Wang, F., B. Zeng, Z. Sun and C. Zhu. 2009. Relationship between proline and Hg²⁺ induced oxidative stress in a tolerant rice mutant. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 56(4): 723.
 43. Yong, Z., T. Hao-Ru, and L. Ya. 2008. Variation in antioxidant enzyme activities of two straw berry cultivars with short-term low temperature stress. *Agricultural Sciences* 4(4): 456-462.
 44. Yanbao, L., Y. Chunying and L. Chunyang. 2006. Differences in some morphological, physiological and biochemical responses to drought stress in two contrasting populations of *Populus przewalskii*. *Physiologia Plantarum* 127(2): 182-191.

Effect of Drought Stress on Some Physiological Traits in Three Varieties of Grapes (*Vitis vinifera* L.)

W. Asadi¹, M. Gholami², M. Rasouli^{3*} and M. Maleki⁴

(Received: September 24-2018; Accepted: December 19-2018)

Abstract

Drought stress is one of the most important limiting factors for cultivation and production of grapes in the world and Iran. To study the effect of drought stress on some physiological traits of three cultivars, i.e. 'Fakhri', 'Molaei' and 'Ghalati', a factorial experiment in completely randomized design with three soil water potential treatments, i.e. -0.2 (control), -0.7 and -1.2 MPa was implemented in greenhouse conditions in 2016. In this study, non-grafted grape vines were placed in large 26-liter pots filled with a clay loam textured soil. According to the results of this study, both levels of stress had a significant effect on dry matter to leaf area ratio, cell membrane stability, chlorophyll, proline, and soluble carbohydrates concentration, leaf relative water content, catalase and peroxidase activities. Soluble carbohydrates concentration showed a significant increase of 47 percent compared to control (10.57 mg g⁻¹ DM) in -1.2 MPa stress level. Drought stress decreased the RWC (2 Percent) and increased proline (9 Percent) and malondialdehyde (55 percent) concentration, the peroxidase (15 to 20 percent) and catalase activity (9 Percent). The highest and the lowest chlorophyll concentrations were observed in 'Ghalati' (1.63 mg g⁻¹ FM) and 'Fakhri' (1.31 mg g⁻¹ FM), respectively. In conclusion, 'Ghalati' cultivar had higher potential to withstand drought stress conditions than 'Molaei' and 'Fakhri' cultivars.

Keywords: Catalase, Drought stress, Grape, Malondialdehyde, Proline, Peroxidase

-
1. PhD. Student, Iranian Research Institute in Grape and Raisin, Malayer University, Malayer, Iran.
 2. Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
 3. Associate Professor, Department of Horticultural Science and Landscape Engineering, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran.
 4. Assistant Professor, Department of Biology Science, Faculty of Science, Malayer University, Malayer, Iran.
- *: Corresponding Author, Email: Mousarasouli@gmail.com