

## مقایسه اثر تنش کم آبی بر تغییرات میزان پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در سه رقم زیتون (*Olea europaea* L.)

زهره امینی\*، نوراله معلمی و صفورا سعادت

اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده کشاورزی، گروه باغبانی

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۴ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۱۴

### چکیده

زیتون (*Olea europaea* L.) یکی از گونه‌های متحمل به خشکی می‌باشد. اما پژوهش‌ها نشان داده که ارقام مختلف زیتون نیز تحمل متفاوتی را به کمبود آب نشان می‌دهند، از این رو انتخاب رقم مناسب برای کشت در نواحی خشک و نیمه خشک امری ضروری می‌باشد. برای این منظور اثر تنش کم آبی بر تغییرات پتانسیل آب گیاه، رطوبت نسبی برگ، پروتئین محلول کل، پرولین، مالون دی‌آلدهید و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز در سه رقم دزفولی، T2 و کرونیکی به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در شرایط آب و هوایی شهر اهواز مطالعه شدند. نتایج نشان داد که میزان پتانسیل آب گیاه، رطوبت نسبی برگ و پروتئین محلول کل سه رقم با پیشرفت تنش خشکی کاهش می‌یابد. به طوری که بین سه رقم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در صورتی که میزان مالون دی‌آلدهید و پرولین با پیشرفت کمبود آب افزایش نشان داد. میزان افزایش مالون دی‌آلدهید در رقم دزفولی کمتر بود. فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز نیز در هر سه رقم افزایش نشان داد. البته افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در رقم دزفولی بیش از رقم‌های T2 و کرونیکی بود. اما بین سه رقم از نظر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین به نظر می‌رسد بیشتر بودن فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز و در نتیجه کمتر بودن میزان مالون دی‌آلدهید در رقم دزفولی باعث کاهش اثرات منفی تنش می‌گردد، در نتیجه این رقم نسبت به دو رقم دیگر تحمل بیشتری به تنش خشکی نشان می‌دهد.

**واژه‌های کلیدی:** پراکسیداز، پرولین، تنش خشکی، زیتون، سوپر اکسید دیسموتاز، مالون دی‌آلدهید

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۶۳۰۰۴۶۶۹، پست الکترونیکی: zohamini@gmail.com

### مقدمه

فتوستزی و نشت الکترون به مولکول اکسیژن می‌گردد. در نتیجه انواع اکسیژن فعال (Reactive oxygen species) تشکیل می‌شود (۱۰). در غلظت‌های زیاد، اکسیژن‌های فعال از طریق تخریب اکسیداتیو لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک به سازوکارهای طبیعی سلول آسیب می‌رسانند. در بافت‌های گیاهی این تخریب اکسیداتیو معمولا بوسیله سازوکارهای آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی خنثی می‌گردد. آنتی‌اکسیدانهای غیر آنزیمی شامل بتاکاروتن‌ها، آلفا توکوفرول، آسکوربات و گلوکاتیون و آنتی‌اکسیدانهای

کمبود آب یک مسئله جدی جهانی است که بر روی تولید و کیفیت فرآورده‌های کشاورزی اثر مستقیم دارد و این موضوع با افزایش تغییرات شرایط آب و هوایی جهان روز به روز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (۶). در شرایط تنش خشکی، میزان فتوستزی به دلیل بسته شدن روزنه‌ها کاهش می‌یابد. با پیشرفت خشکی، بدلیل تغییرات بیوشیمیایی در کلروپلاست تثبیت گاز دی‌اکسید کربن کاهش بیشتری پیدا می‌کند (۳۴). در چنین شرایطی کاهش تثبیت گاز دی‌اکسید کربن باعث احیای شدید زنجیره انتقال الکترون

لیپیدی ناشی از تنش اکسنده در سلول به کار برده می‌شود (۲ و ۴۲).

زیتون (*Olea europaea* L.) یکی از مهمترین درختان اقتصادی در سراسر جهان و متعلق به نواحی مدیترانه‌ای می‌باشد (۴۰). گونه زیتون بیشتر ویژگی‌های گیاهان متحمل به خشکی را دارا می‌باشد. بدین ترتیب که درخت زیتون می‌تواند مقدار کم آب خاک را بوسیله ویژگی‌های مرفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی که دارد تحمل کند (۱۴). در مناطق خشک و نیمه خشک کمبود آب در خاک معمولاً با دمای بالا و شدت نور زیاد همراه می‌باشد. در این مناطق آب مهمترین فاکتور محیطی است که ماندگاری و تولید گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۳). از این‌رو برای نگهداری ذخایر آب در نواحی خشک و نیمه‌خشک باید اقدام به کشت ارقام متحمل به کمبود آب در این مناطق نمود (۲۰). اگرچه درخت زیتون گونه‌ای متحمل به خشکی می‌باشد (۱۲ و ۴۰). اما دیده شده که عملکرد ارقام مختلف زیتون در منطقه خشک و نیمه خشک مانند اهواز متفاوت است (۳). هدف این پژوهش بررسی اثر کم آبی کوتاه مدت بر فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و تغییرات میزان مالون دی‌آلدئید و پرولین در سه رقم زیتون می‌باشد.

### مواد و روشها

مواد گیاهی و شرایط اجرای پروژه: این تحقیق بر روی ارقام دزفولی (بومی استان خوزستان)، کرونیکی (بومی یونان) و T2 (معرفی شده توسط موسسه تحقیقات زیتون طارم زنجان) در شرایط اقلیمی اهواز سال ۱۳۸۸ در باغ زیتون گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز (در حاشیه غربی رودخانه کارون در محدوده جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ با ارتفاع حدود ۲۲ متر از سطح دریا) و بر روی درختان زیتون ۷ ساله اجرا گردید. آبیاری درختان زیتون از طریق نهرهایی

آنزیمی شامل سوپراکسید دیسموتاز (SOD, EC 1.15.1.1)، کاتالاز (CAT, EC 1.11.1.6)، آسکوربیت پراکسیداز (APX, EC 1.11.1.11)، پراکسیداز (POX, EC 1.11.1.7) و گلوکاتایون ردوکتاز (GR, EC 1.6.4.2) می‌باشند (۳۹). تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که تنش‌های محیطی مانند خشکی و سرما باعث افزایش تشکیل انواع اکسیژن فعال و بدنال آن افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌شود (۲ و ۲۱). مشاهده شده است که در شرایط تنش خشکی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاهان متحمل بیش از گیاهان حساس است، از این‌رو به نظر می‌رسد آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در افزایش تحمل گیاهان به تنش خشکی دارای نقش مهمی می‌باشند (۱۹ و ۲۳).

در زمان کمبود آب نگهداری پتانسیل آب برای رشد پیوسته و یکنواخت گیاه ضروریست و این امر از طریق سازوکارهای تنظیم اسمزی ناشی از تجمع مواد محلول سازگار (مانند پرولین، بتائین، گلیسین، اسیدهای آلی و قندها مانند ساکاروز و مانیتول) در سیتوپلاسم امکانپذیر می‌باشد (۴۱). پرولین به‌عنوان یک اسمولیت سازگار عمل می‌کند. زیرا می‌تواند بدون اینکه مولکولهای بزرگ سلول را خراب کند، در غلظت‌های زیاد در سلول تجمع یابد (۲۲). پرولین دارای نقش محافظتی نیز می‌باشد بدین صورت که در زمان تنش خشکی شدید از آسیب غشاء و واسرشتگی پروتئین‌ها جلوگیری می‌کند و در زمان تغییر پتانسیل‌های اکسیداسیون - احیاء مخزن  $NADP^+$  را بازسازی می‌کند (۲۱). به علاوه اینکه پرولین می‌تواند به‌عنوان پذیرنده الکترون عمل کند و در زمان بازدارندگی نوری ناشی از اکسیژن‌های فعال از آسیب سیستم نوری جلوگیری کند (۲۲).

مالون دی‌آلدئید (MDA) محصول نهایی پراکسیداسیون لیپیدهای غیر اشباع سلول می‌باشد. از این‌رو به‌عنوان یک نشانگر زیستی مناسب، جهت تعیین میزان پراکسیداسیون

آنزیمی برداشته شد. میزان پروتئین محلول کل به روش بردفورد (۱۱) تعیین گردید.

**سنجش میزان پرولین:** میزان پرولین بافت گیاهی از طریق سنجش مقدار محصول رنگی واکنش پرولین با اسید ناین هیدرین به دست آمد (۹). میزان جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد و مقدار پرولین به کمک منحنی استاندارد از پیش آماده شده محاسبه و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیان گردید.

**سنجش میزان مالون دی‌آلدئید:** برای سنجش میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء، غلظت مالون دی‌آلدئید و سایر آلدئیدهای تولید شده توسط واکنش با تیوباربتوریک اسید (TBA) که سبب تشکیل کمپلکس قرمز (-MDA TBA) در طول موج ۵۳۲ نانومتر می‌شود به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد، سپس جذب بقیه رنگریزه‌های غیر اختصاصی در ۶۰۰ نانومتر تعیین شد و از میزان جذب در ۵۳۲ نانومتر کسر گردید. برای محاسبه مقدار مالون دی‌آلدئید ضریب خاموشی  $\text{mmol}^{-1}\text{cm}^{-1}$  ۱۵۵ استفاده شد و در نهایت مقدار مالون دی‌آلدئید که محصول پراکسیداسیون لیپیدها است بر اساس میکرومول در گرم وزن خشک محاسبه گردید (۴۳).

**سنجش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان:** فعالیت آنزیم‌ها به روش اسپکتروفتومتری (اسپکتروفتومتر Shimadzu مدل UV-1200) در دمای آزمایشگاه ( $25 \pm 2$ ) اندازه‌گیری شد. فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (۱). ۱. ۱۵. ۱. EC, SOD) از طریق اندازه‌گیری توانایی آن در جلوگیری از احیای نوری نیترو بلو تترازولیوم کلراید (NBT) با تغییرات جزئی در روش دهنده‌سا و همکاران (۱۵) سنجش شد. ۳ میلی‌لیتر مخلوط واکنش شامل بافر سدیم - پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷/۸)، متیونین ۱۳ میلی‌مولار، نیترو بلو تترازولیوم کلراید ۷۵ میکرومولار، اتیلن دی‌آمین تترا استیک اسید ۰/۱ میلی‌مولار، ریوفلاوین ۳۶۰ میکرومولار و ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میکرولیتر عصاره

که در کنار درختان زیتون احداث شده بود انجام شد. فاصله درختان روی ردیف‌ها پنج متر و فواصل بین ردیف‌ها شش متر بود. دوره آبیاری هر ۱۴ روز یک بار انجام گردید. این تحقیق در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) انجام شده است. نمونه‌برداری‌ها در فاصله بین دو آبیاری و در روزهای اول، چهارم، هشتم و سیزدهم دوره آبیاری از برگ‌های شاخه‌های فصل جاری درختان زیتون انجام شد.

اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک، پتانسیل آب گیاه و محتوای نسبی آب برگ (RWC): به منظور اندازه‌گیری درصد رطوبت خاک در هر مرحله نمونه‌برداری در هر بلوک یک درخت بطور تصادفی انتخاب شده و بوسیله آگر از اعماق ۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتیمتری سطح زمین نمونه‌برداری گردید. سپس درصد رطوبت خاک به روش استفاده از آن تعیین شد (۸). برای اندازه‌گیری پتانسیل آب گیاه به روش شولندر و همکاران (۳۷) و برای تعیین محتوای نسبی آب برگ از روش ایزانول و همکاران (۲۵) استفاده گردید.

**استخراج عصاره خام:** برای استخراج عصاره خام، از روش سوفو و همکاران (۴۲) استفاده گردید. به یک گرم برگ منجمد شده بوسیله ازت مایع، ۱۰ میلی‌لیتر اتانول مطلق سرد اضافه گردید. پس از ۳۰ دقیقه، سوسپانسیون بدست آمده در دمای صفر درجه سانتی‌گراد و سرعت ۱۰۰۰۰g به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. فاز بالایی دور ریخته شد. در مرحله بعد به فاز پایینی مجدداً ۱۰ میلی‌لیتر اتانول مطلق سرد برای بار دوم اضافه گردید و پس از ۳۰ دقیقه مجدداً سانتریفیوژ گردید. فاز پایینی (پلیت) بدست آمده در ۵۰ میلی‌لیتر بافر استخراج سرد (شامل بافر سدیم - پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار با pH=۷ حاوی پلی وینیل پلی پیرولیدون (PVPP) ۱٪، (وزنی در حجمی)) به حالت سوسپانسیون در آورده شده و بعد از ۳۰ دقیقه در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  و سرعت ۱۰۰۰۰g به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. در پایان فاز بالایی برای اندازه‌گیری

گردید و میانگین‌ها به وسیله آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ با یکدیگر مقایسه شدند.

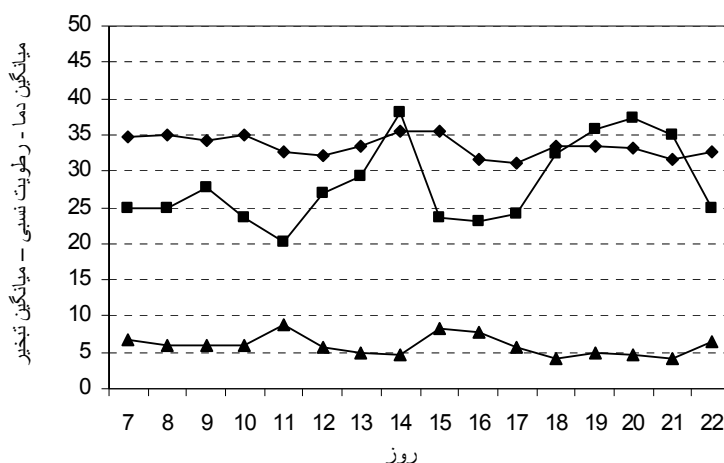
### نتایج

**شرایط محیطی:** براساس آمار ایستگاه هواشناسی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز در طول دوره آزمایش از شانزدهم تا سی و یکم شهریور ۱۳۸۸ (هفتم تا بیست و دوم سپتامبر ۲۰۰۹) بالاترین میزان دمای هوا  $43/5^{\circ}\text{C}$  در تاریخ‌های پانزدهم و شانزدهم شهریور و حداقل دما  $24^{\circ}\text{C}$  در تاریخ بیست و دوم شهریور مشاهده گردید. متوسط دمای روزانه  $33/4^{\circ}\text{C}$  بود. الگوی رطوبت نسبی نشان می‌دهد که بیشترین مقدار رطوبت نسبی ۷۵٪ در تاریخ بیست و سوم شهریور و متوسط رطوبت نسبی ۲۸/۲۵٪ ثبت است. حداکثر تبخیر در عصر روز بیست و چهارم ۱۱/۸ میلی‌متر و حداقل تبخیر در صبح روز بیست و پنجم ۲/۷ میلی‌متر و میانگین تبخیر روزانه ۵/۹ میلی‌متر دیده شد. نمودار میانگین دما، رطوبت نسبی و تبخیر روزانه در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در جدول یک منعکس می‌باشد.

خام بود. جذب مخلوط واکنش در ۵۶۰ نانومتر خوانده شد. یک واحد فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز، مقدار آنزیمی است که در نظر گرفته می‌شود و می‌تواند تا ۵۰٪ مانع از احیای نوری نیترو بلو تترازولیوم کلراید گردد. فعالیت ویژه آنزیم بصورت تعداد واحدهای آنزیم در میلی‌گرم پروتئین گزارش گردید.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز (۷، ۱۱، ۱، POX، EC) به روش همدا و کلین (۲۴) انجام شد. سه میلی‌لیتر مخلوط واکنش شامل بافر سدیم-پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۶/۶)، گایاکول ۱٪ و پراکسید هیدروژن ۰/۳٪ و ۶۰۰ میکرولیتر عصاره خام بود. فعالیت آنزیم پراکسیداز براساس میزان اکسید شدن گایاکول در طول موج ۴۷۰ نانومتر و با استفاده از ضریب خاموشی  $\text{mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$  ۲۶/۶ تعیین گردید.

**تحلیل آماری:** این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عوامل پراکندگی مورد مطالعه در این تحقیق عبارت از الف: چهار مرحله نمونه‌برداری (S) و ب: سه رقم (CV) بودند. این آزمایش با سه تکرار زیستی انجام شد. بررسی داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS 11.5 (Chicago, IL, USA) انجام



شکل ۱- پارامترهای هواشناسی شامل دمای متوسط (◆) بر حسب درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی (■) بر حسب درصد و میانگین تبخیر (▲) بر حسب میلیمتر در طول دوره آزمایش (شانزدهم تا سی و یکم شهریور ۱۳۸۸).

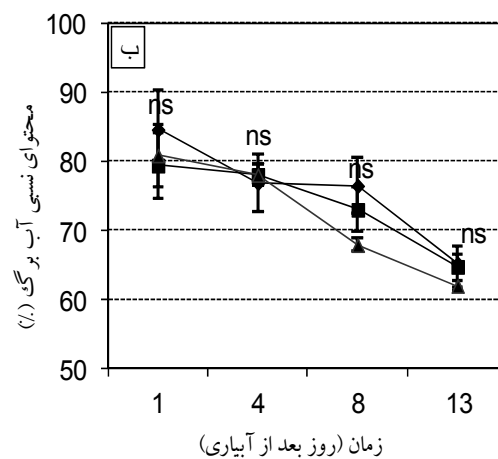
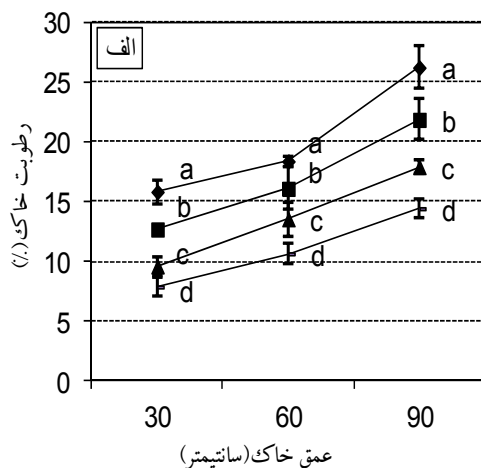
جدول ۱- خلاصه تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش، شامل محتوای نسبی آب برگ (RWC)، پتانسیل آب گیاه ( $\psi_w$ )، پروتئین محلول کل (TSP)، پرولین (PRO)، مالون دی‌آلدهید (MDA)، آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و پراکسیداز (POX).

		Mean Square						
Source	df	RWC	$\psi_w$	TSP	PRO	MDA	SOD	POX
Cultivar (CV)	2	51.849 <sup>ns</sup>	0.0436 <sup>ns</sup>	0.359 <sup>*</sup>	24.621 <sup>ns</sup>	0.448 <sup>**</sup>	18504 <sup>**</sup>	5.661 <sup>ns</sup>
Sampling(S)	3	696.46 <sup>**</sup>	9.666 <sup>**</sup>	3.720 <sup>**</sup>	640.425 <sup>**</sup>	0.464 <sup>**</sup>	75615 <sup>**</sup>	107.688 <sup>**</sup>
CV*S	6	21.776 <sup>ns</sup>	0.246 <sup>ns</sup>	0.0237 <sup>ns</sup>	17.535 <sup>ns</sup>	0.0055 <sup>ns</sup>	5756.14 <sup>ns</sup>	7.856 <sup>ns</sup>
Error	36	33.952	0.4	0.0956	3.545	0.0878	2846.7	9.204
C.V. (%)		7.88	24.16	15.33	12.94	19.44	15.76	18.44

ns: در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد. \*\* و \*: به ترتیب در سطح ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار می‌باشند.

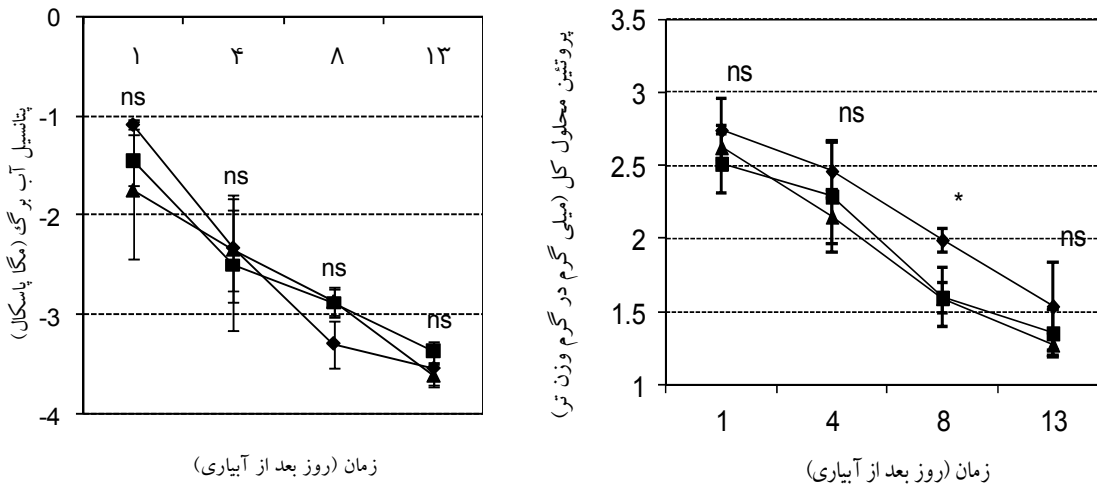
از روز اول نمونه‌برداری تا روز هشتم تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. اما با افزایش شدت تنش خشکی در روز سیزدهم مقدار پرولین افزایش نشان داد. اثر متقابل زمان نمونه‌برداری و رقم معنی‌دار شد، بنحوی که میزان پرولین در چهارمین نمونه‌برداری در رقم دزفولی بیشتر از دو رقم دیگر بود. در این آزمایش میزان مالون دی‌آلدهید نیز در هر سه رقم بتدریج افزایش پیدا کرد (شکل ۴). بین سه رقم تفاوت معنی‌داری از نظر میزان مالون دی‌آلدهید مشاهده گردید، به نحوی که میزان افزایش مالون دی‌آلدهید در رقم دزفولی از رقم‌های کرونیک و T2 دیگر کمتر بود.

رطوبت خاک، محتوای نسبی آب برگ، میزان پتانسیل آب گیاه، پروتئین محلول کل، پرولین و مالون دی‌آلدهید: با پیشرفت خشکی، رطوبت خاک در هر سه عمق ۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتیمتری سطح زمین کاهش پیدا کرد (شکل ۲ - الف). محتوای نسبی آب برگ (شکل ۲ - ب) و میزان پتانسیل آب گیاه و پروتئین محلول کل (شکل ۳) در هر سه رقم با پیشرفت تنش خشکی کاهش یافتند. بین سه رقم از نظر محتوای نسبی آب برگ، میزان پتانسیل آب گیاه و پروتئین محلول کل اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. اما میزان پرولین در هر سه رقم در اثر اعمال تنش کم آبی بتدریج افزایش پیدا کرد (شکل ۴). بدین ترتیب که

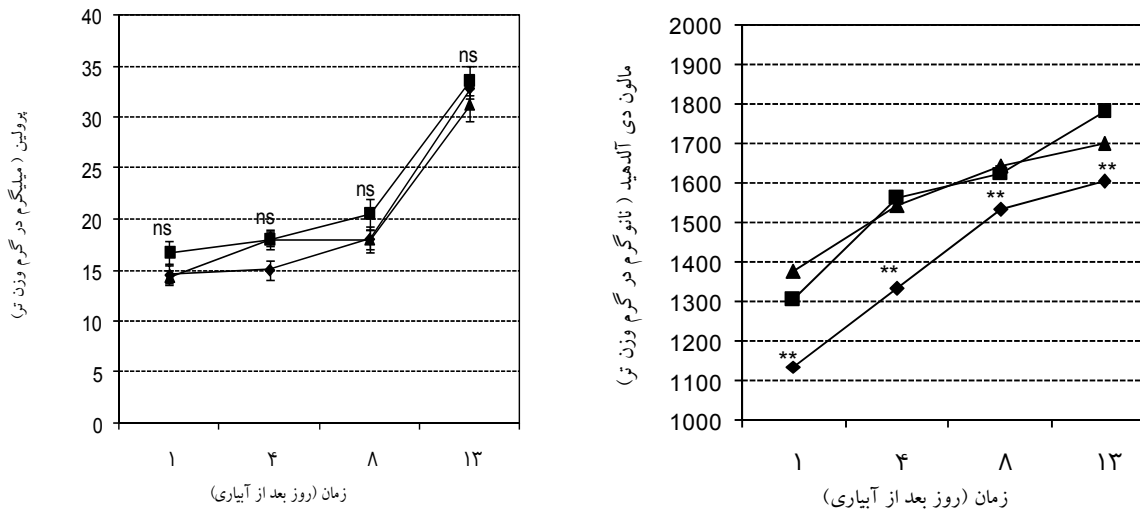


شکل ۲- الف: اثر تنش خشکی بر میزان رطوبت خاک عمق‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتیمتری از سطح خاک در زمان‌های یک (◆)، چهار (■)، هشت (▲) و سیزده (-) روز بعد از آبیاری. حروف a, b, c و d نشان می‌دهند در طول دوره آزمایش میزان رطوبت خاک در عمق‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰

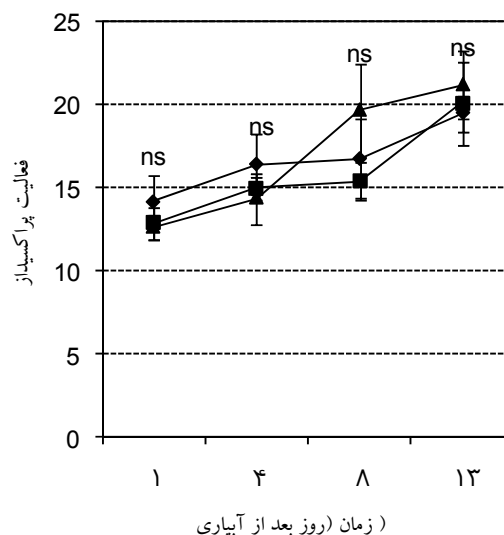
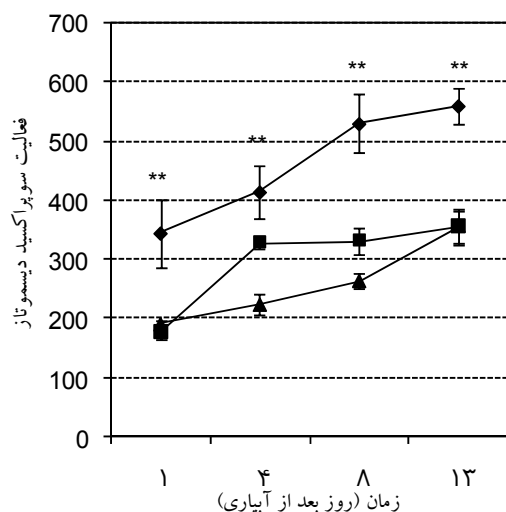
سانیمتری از سطح خاک بتدریج کاهش پیدا کرد. ب: اثر تنش خشکی بر میزان محتوای نسبی آب برگ (RWC) ارقام دزفولی (◆)، T2 (■) و کرونیکی (▲) در طول دوره آزمایش. هر عدد میانگین چهار تکرار می‌باشد. میله‌های عمودی  $\pm$  S. E. را نشان می‌دهند. \* و \*\* به ترتیب نشان می‌دهد که تفاوت بین ارقام در سطح ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار نمی‌باشد. ns نشان می‌دهد که تفاوت بین ارقام در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار نمی‌باشد.



شکل ۳- اثر تنش خشکی بر میزان پتانسیل آب گیاه و میزان پروتئین محلول کل ارقام دزفولی (◆)، T2 (■) و کرونیکی (▲) در طول دوره آزمایش. هر عدد میانگین چهار تکرار می‌باشد. میله‌های عمودی  $\pm$  S. E. را نشان می‌دهند. \* و \*\* به ترتیب نشان می‌دهد که تفاوت بین ارقام در سطح ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار نمی‌باشد. ns نشان می‌دهد که تفاوت بین ارقام در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار نمی‌باشد.



شکل ۴- اثر تنش خشکی بر میزان پروتئین و مالون دی آلدئید ارقام دزفولی (◆)، T2 (■) و کرونیکی (▲) در طول دوره آزمایش. هر عدد میانگین چهار تکرار می‌باشد. میله‌های عمودی  $\pm$  S. E. را نشان می‌دهند. \* و \*\* به ترتیب نشان می‌دهد که تفاوت بین ارقام در سطح ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. ns نشان می‌دهد که تفاوت بین ارقام در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار نمی‌باشد.



شکل ۵- اثر تنش خشکی بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (واحد آنزیمی در میلی گرم پروتئین محلول) و پراکسیداز (میکرومول پراکسید هیدروژن تجزیه شده در دقیقه در میلی گرم پروتئین) در ارقام دزفولی (◆)، T2 (■) و کرونیکی (▲) در طول دوره آزمایش. هر عدد میانگین چهار تکرار می‌باشد. میله‌های عمودی  $\pm$  S. E را نشان می‌دهند. \* و \*\* به ترتیب نشان می‌دهد که تفاوت بین ارقام در سطح ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. ns نشان می‌دهد که تفاوت بین ارقام در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار نمی‌باشد.

گیاهان استفاده می‌شود. مشخص شده که درختان زیتون در شرایط تنش خشکی میزان آب و پتانسیل آب بافت‌ها را کم می‌کنند و بدین صورت بین ریشه و برگ‌ها اختلاف پتانسیل زیادی برقرار می‌سازند. در چنین شرایطی رشد تاج متوقف می‌شود. اما فعالیت فتوسنتزی و تنفس متوقف نمی‌گردد. در نتیجه تولید آسمیلات و تجمع آنها در بخش‌های مختلف گیاه ادامه می‌یابد. از این‌رو در زیتون گیاهان تحت تنش خشکی نسبت به گیاهان خوب آبیاری شده، نسبت ریشه به برگ بالاتری دارند (۴۰). همچنین گزارش شده است که گیاه زیتون می‌تواند پتانسیل منفی آب را به خوبی تحمل کند (۴۹). در این آزمایش بین سه رقم از نظر مقدار پتانسیل آب گیاه و محتوای نسبی آب برگ تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۲ و ۳). این امر شاید ناشی از این است که درخت زیتون در کل صرف‌نظر از تفاوت بین ارقام، به خشکی مقاوم می‌باشد و دوره‌های کوتاه کم آبی باعث کاهش شدید مقدار آب در گیاه و ایجاد تفاوت بین ارقام نمی‌شود.

**آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان:** فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز با پیشرفت تنش خشکی در هر سه رقم افزایش پیدا کرد (شکل ۵). الگوی افزایش در سه رقم کمی متفاوت بود، اما در رقم دزفولی فعالیت آنزیم در ابتدای آزمایش بیش از دو رقم دیگر بود. با پیشرفت تنش خشکی نیز فعالیت آنزیم در رقم دزفولی نسبت به دو رقم T2 و کرونیکی با شدت بیشتری افزایش پیدا کرد. فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز در هر سه رقم با پیشرفت تنش بتدریج افزایش پیدا کرد اما اختلاف معنی‌داری بین سه رقم مشاهده نشد (شکل ۵).

## بحث

کاهش پتانسیل آب گیاه و محتوای نسبی آب برگ در اثر تنش خشکی در زیتون (۱۲)، آفتابگردان (۳۰)، نارگیل (۱۸)، دم روباهی (*Setaria viridis*) و دیجیتاریا (*Digitaria ciliaris*) (۲۹) گزارش شده است. RWC یک شاخص معتبر برای نشان دادن موازنه آب در گیاهان می‌باشد. از این‌رو برای نشان دادن شدت تنش خشکی در

خشکی باعث می‌گردد فعالیت آنزیم تجزیه‌کننده پرولین (پرولین اکسیداز) در آفتابگردان (۳۰) و گوجه‌فرنگی (۱۶) کاهش پیدا کند. از این‌رو کاهش فعالیت آنزیم پرولین اکسیداز و افزایش فعالیت  $\gamma$ -گلوتامیل کیناز می‌تواند دلیل تجمع پرولین در گیاهان تحت تنش خشکی باشد (۳۰). در این آزمایش بین سه رقم از نظر تغییرات میزان پرولین تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. نکته‌ای که باید به آن توجه شود این است که اگرچه در گیاهان مقاوم به خشکی تجمع پرولین را در ارتباط با تنظیم اسمزی نشان می‌دهند. اما دیده شده که در ارقام حساس به خشکی مانند کاساوا (۴۴) و لوبیا (۷) تجمع پرولین نشانه‌ای از اعمال تنش می‌باشد (۱۸). گومز و همکاران (۱۸) نیز گزارش کردند که تجمع پرولین در اثر تنش خشکی در نارگیل فقط می‌تواند نشان‌دهنده اعمال تنش در گیاه باشد. با توجه به اینکه در این آزمایش بین سه رقم زیتون از نظر تغییرات میزان پرولین تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۴)، بنابراین به نظر می‌رسد در زیتون نیز تجمع پرولین فقط نشانه‌ای از اعمال تنش می‌باشد.

تخریب غشاهای سلول یکی از پیامدهای مستقیم کمبود آب می‌باشد. به عبارت دیگر بین میزان مالون دی‌آلدئید و شدت تنش خشکی رابطه مستقیمی وجود دارد (۴۱). افزایش مالون دی‌آلدئید در بافت برگ زیتون در شرایط تنش خشکی نشان می‌دهد که سازوکارهای ترمیم سلولی با سازوکارهای تخریب حاصل از کمبود آب که می‌توانند بر تجزیه و بازیابی لیپیدهای غشاء تأثیر بگذارند، همگام نمی‌شوند؛ به‌ویژه در اثر تنش خشکی، پراکسیداسیون گلیکولپیدهای تیلاکوئید کلروپلاستی و بدنبال آن تولید دی‌آسیل گلیسرول، تری‌آسیل گلیسرول و اسیدهای چرب آزاد اتفاق می‌افتد و در نتیجه میزان مالون دی‌آلدئید در بافت گیاهی افزایش می‌یابد (۳۹). در این آزمایش میزان مالون دی‌آلدئید در رقم دزفولی کمتر از دو رقم T2 و کرونیکی افزایش پیدا کرد (شکل ۴). این نتیجه نشان می‌دهد که میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء در اثر

کاهش پروتئین محلول کل در اثر تنش خشکی در سایر گیاهان مانند گندم، توتون (*Nicotiana tabacum*) (۳۳) و برنج (۳۸) گزارش شده است. پری و همکاران (۳۳) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی پروتئین‌های استرومای کلروپلاست به‌ویژه آنزیم رابیسکو بوسیله رادیکالهای فعال اکسیژن بصورت غیر آنزیمی تخریب می‌شوند. همچنین روی مکالی و همکاران (۳۶) و هینگ و همکاران (۲۳) نشان دادند در برگ‌های گونه لوبیا بین میزان کاهش پروتئین محلول کل، فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین‌ها و حساسیت گیاهان به تنش خشکی رابطه مستقیمی وجود دارد. آنها گزارش کردند که در رقم حساس لوبیا کاهش میزان پروتئین محلول کل در اثر تنش خشکی بیش از ارقام مقاوم به تنش خشکی است. در صورتی که فعالیت آنزیم‌های تخریب‌کننده پروتئین‌ها در رقم حساس بیش از ارقام مقاوم می‌باشد. همچنین گزارش شده در یونجه تحت تنش کم آبی کاهش پروتئین محلول کل همراه با افزایش فعالیت آنزیم‌های پروتئاز بود (۵۲). اما افزایش میزان پروتئین محلول کل در اثر تنش خشکی نیز توسط برخی از پژوهشگران گزارش شده است. لو و همکاران (۲۹) گزارش کردند در اثر تنش خشکی بر دم روپاهی (*Setaria viridis*) و دیجیتاریا (*Digitaria ciliaris*) سنتز پروتئین‌های دهیدرین (Dehydration) القا می‌شود. این پروتئین‌ها مانع می‌شوند که گیاه آب بیشتری از دست بدهد (۲۶). از این‌رو به نظر می‌رسد در گیاه زیتون تخریب پروتئین‌ها بیش از سنتز پروتئین‌های دهیدرین صورت گرفته است.

تجمع پرولین به دلیل تنش خشکی می‌تواند ناشی از تحریک سنتز آن یا جلوگیری از تجزیه آن و یا تجزیه پروتئین‌ها باشد (۱۸). مشخص شده که تجمع پرولین به موازات افزایش فعالیت آنزیم‌های شرکت‌کننده در سنتز پرولین از طریق مسیر گلوتامیت شامل  $\gamma$ -گلوتامین کیناز، گلوتامیل فسفات ردوکتاز و  $\Delta^1$ -پیرولین -۵- کربوکسیلات ردوکتاز می‌باشد (۱۶ و ۱۷). همچنین تنش



تشکیل انواع اکسیژن فعال در این رقم که بومی خوزستان و مقاوم به خشکی می‌باشد کمتر رخ داده است.

آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز اولین خط دفاعی را بر علیه رادیکالهای فعال اکسیژن در سلول تشکیل می‌دهند (۵) و احیای رادیکال سوپر اکسید را به پراکسید هیدروژن و اکسیژن مولکولی کاتالیز می‌کنند. پراکسید هیدروژن حاصل در مرحله بعدی بوسیله آنزیم‌های آسکوربیت پراکسیداز، کاتالاز و پراکسیداز پاکسازی می‌شود (۵۱). در این آزمایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در اثر تنش خشکی افزایش پیدا کرد (شکل ۵). چنین نتیجه‌ای بوسیله دیگر محققان نیز گزارش شده است (۳۲، ۵۰ و ۵۱). همچنین نتایج این آزمایش نشان داد که میزان افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در رقم دزفولی بیش از دو رقم دیگر بود. گزارش شده در شرایط تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در ارقام مقاوم به کم آبی بیش از ارقام حساس است (۴۶). دزفولی رقم بومی ایران است و منشأ آن خوزستان می‌باشد (۱). این رقم از ارقام محلی دزفول در شمال استان خوزستان است که با توجه به سابقه کشت و کار آن در باغ‌های قدیمی منطقه شمال خوزستان با شرایط گرم این منطقه سازگار شده و برای توسعه در خوزستان پیشنهاد شده است. مشخص شده که کشت گیاهان در مناطق خشک باعث می‌گردد پدیده انتخاب طبیعی در گیاهان صورت بگیرد و با تغییراتی در آلل‌های مسئول، منجر به سازگاری بیشتر این گیاهان با شرایط کم آبی شود (۲۷).

در این آزمایش در اثر تنش خشکی فعالیت آنزیم پراکسیداز در هر سه رقم با پیشرفت تنش خشکی افزایش

## منابع

۱. بی‌نام، ۱۳۸۲. برنامه توسعه کشاورزی استان خوزستان. مدیریت باغبانی سازمان جهاد کشاورزی استان.
۲. زینالی یادگاری، ل. حیدری، ر. کاراپتیان، ژ. ۱۳۸۸. تغییر نفوذ پذیری غشاهای زیستی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه
۳. شریف پور لائونی، م.، ۱۳۸۹. بررسی فرایند رشد میوه ارقام دزفولی، کرونیک، T2، T7 زیتون در شرایط اقلیمی اهواز. پایان
۴. سویا در پاسخ به دمای پایین. مجله زیست‌شناسی ایران. جلد ۲۲، شماره ۲. ص ۲۳۶-۲۲۹.

پیدا کرد (شکل ۵). چنین نتیجه‌ای بوسیله دیگر محققان نیز گزارش شده است (۳۵، ۳۸ و ۵۰). پراکسیداز به‌عنوان آنزیم تنش شناخته شده است. در گیاهان عالی آنزیم پراکسیداز در تعدادی از فرایندهای سلولی مانند سازوکار دفاعی میزبان، اتصال عرضی مونومرهای گلیکوپروتئین‌های غنی از هیدروکسی پرولین موجود در دیواره سلولی، اتصال عرضی پلی‌ساکاریدهای پکتیکی به وسیله اسیدهای فنولیک در دیواره سلولی و عمل چوبی شدن و چوب پنبه‌ای شدن شرکت می‌کند (۳۵). در بررسی‌هایی که بر روی برنج در مرحله نشائی انجام شد، مشخص گردید که افزایش فعالیت پراکسیداز در گیاهان تحت تنش خشکی با واکنش‌های اکسنده بوجود آورنده رادیکال‌های آزاد و پراکسیدهای آلی همبستگی دارد و پراکسیداز نقش مؤثری در پاکسازی پراکسید هیدروژن دارد (۳۸).

با توجه به اهمیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز در پاکسازی رادیکال سوپر اکسید و پراکسید هیدروژن و جلوگیری از تنش اکسیداتیو ناشی از کمبود آب، به نظر می‌رسد افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز همزمان با افزایش بیشتر فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در رقم دزفولی باعث می‌گردد که اثرات منفی تنش اکسنده ناشی از رادیکالهای فعال اکسیژن کمتر صورت بگیرد و در نتیجه این رقم مقاومت بیشتری به تنش خشکی نشان دهد. افزایش کمتر میزان مالون دی‌آلدهید در رقم دزفولی در طول دوره آزمایش نیز تأییدکننده این مطلب می‌باشد. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود میزان افزایش مالون دی‌آلدهید که محصول نهایی پراکسیداسیون لیپیدی می‌باشد در رقم دزفولی کمتر از دو رقم دیگر است.

- فلفل (*Capiscum annum* L.). مجله زیست‌شناسی ایران. جلد ۱۸، شماره ۲، ص ۱۱۰-۱۱۹.
- نامہ کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز.
۴. ملک احمدی، ف. کلاتری، خ. موو ترکزاده، م. ۱۳۸۴. اثر تنش غرقابی بر القاء تنش اکسیداتیو و غلظت عناصر در گیاه
5. Alscher, R.G., A.N.D. Erturk and L. S. Heath. 2002. Role of superoxide (SODs) in controlling oxidative stress in plants. *J. Exp. Bot.* 372:1331-1341.
  6. Anand, A., H.N. Gill and B.S. Trick. 2003. Stable transgene expression and random gene silencing in wheat. *Plant Biotechnol. J.* 1 (4): 241-251.
  7. Andrade, J.,L., A. Larqueé-Saavedra and C.L. Trejo. 1995. Proline accumulation in leaves of four cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. with different drought resistance. *Phyton.* 57: 149-157.
  8. Anonymous, Standards Association of Australia. AS 1289 B1.1-1977. Determination of the Moisture Content of a Soil: Oven Drying Method (standard method).
  9. Bates, L.S., R.P. Weldren, and I.D. Tear. 1973. Rapid determination of free praline for water stress studies. *Plant Soil.* 39: 205-207.
  10. Bhattacharjee, S. 2005. Reactive oxygen species and oxidative burst: Roles in stress, senescence and signal transduction in plants. *Current Sci.* 98(7): 1113-1121.
  11. Bradford, M.M. 1979. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72: 248-254.
  12. Boussadia, O., F.B. Mariem, B. Mechri and W. Bousseta. 2008. Response to drought of two olive tree cultivars (cv Koroneki and Meski). *Scientia Horticulturae.* 116: 388-393.
  13. Chaves, M.M., J.P. Maroco, J.S. Pereira. 2003. Understanding plant responses to drought-from genes to the whole plant. *Funct. Plant Biol.* 30: 239-264.
  14. Connor, D.J. and E. Fereres:2005. The physiology of adaptation and yield expression in olive. *Hortic. Rev.*, 31: 155-229.
  15. Dhindsa R.A., P. Plumb-Dhindsa and T.A. Thorpe. 1981. Leaf Senescence: Correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *J. Exp. Bot.* 126: 93-101.
  16. Fujita, T., A. Maggio, M.G. Rios, C. Stauffacher, R.A. Bressan and L.N. Csonka. 2003. Identification of regions of the tomato - glutamyl kinase that are involved in allosteric regulation by proline. *J. Biol. Chem.* 278.
  17. Girija C, B.N. Smith and P.M. Swamy. 2002. Interactive effects of sodium chloride and calcium chloride on the accumulation of proline and glycinebetaine in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Environ. Exp. Bot.* 43: 1-10.
  18. Gomes F.P., M.A. Oliva, M.S. Mielke, A.A.F. Almeida and L.A. Aquino. 2010. Osmotic adjustment, proline accumulation and membrane stability in leaves of *Cocos nucifera* submitted to drought stress. *Scientia Horticulturae.* 126: 379-384.
  19. Guo, Z., W. Ou, S. Lu and Q. Zhong. 2006. Differential responses of antioxidative system to chilling and drought in four rice cultivars differing in sensitivity. *Plant Physiol. Biochem.* 44: 828-836.
  20. HangBo, S., L. ZongSuo and S. MingAn. 2005. Changes of anti-oxidative enzymes and MDA content under soil water deficits among 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at maturation stage. *Colloid. Surf. B: Biointerf.* 45: 7-13.
  21. Hare, P.D., W.A. Cress and J. Van Staden. 1999. Proline synthesis and degradation: a model system for elucidating stress-related signal transduction. *J. Exp. Bot.* 50: 413-434.
  22. Hare, P.D., W.A. Cress and J. Van Staden. 1998. Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. *Plant Cell Environ.* 21: 535-553.
  23. Heing, B., K. Ugrinovic, J. Sustar-Vozlic and M. Kidric. 2004. Different classes of proteases are involved in the response to drought of *Phaseolus vulgaris* L. cultivars differing in sensitivity. *J. Plant Physiol.* 161 (5): 519-530.
  24. Hemeda, H.M. and Kelin B.P. 1990. Effects of naturally occurring antioxidants on peroxidase activity of vegetables extracts. *J. Food Sci.* 55: 184-185,192.
  25. Izanolo, A., A.G. Condon, P. Langridge, M. Tester, and T. Schnurbusch. 2008. Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two South Australian bread wheat cultivars. *J. Exp. Bot.* 59:3327-3346.

26. Jiang, Y and B. Huang. 2002. Protein alterations in tall fescue in response to drought stress and abscisic acid. *Crop Sci.* 42:202.
27. Jing, R.L and X.P. Chang. 2003. Genetic diversity in wheat (*T. aestivum*) germplasm resources with drought resistance, *Acta Bot. Boreal-Occident Sin.* 23 (3): 410–416.
28. Khanna - Chopra, R. and D.S. Selote. 2007. Acclimation to drought stress generates oxidative stress tolerance in drought-resistant than -susceptible wheat cultivar under field conditions. *Envir. Exp. Bot.* 60: 276-283
29. Luo Y., X. Zhao, R. Zhou, X Zuo, J. Zhang and Y. Li. 2010. Physiological acclimation of two psammophytes to repeated soil drought and rewatering. *Acta Physiol. Plant.* 33:79-91
30. Manivannan, P., C.A. Jaleel, B. Sankar, A. Kishorekumar, R. Somasundaram, G.M.A. Lakshmanan and R. Panneerselvam. Growth, biochemical modifications and proline metabolism in *Helianthus annuus* L. as induced by drought stress. *Colloid. Surf. B: Biointerf.* 59:141-149.
31. Marnett, L.J. 1999. Lipid peroxidation – DNA damage by malondialdehyde. *Mutat. Res.* 424: 83–95.
32. Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sci.* 7: 405-410.
33. Parry, M.A.J., P.J. Andralojc, S. Khan, P.J. Lea and A.J. Keys. 2002. Rubisco activity: effects of drought stress. *Annal. Bot.* 89: 833-839.
34. Pinheiro, H.A., F.M. DaMatta, A.R.M. Chaves, E.P.B. Fontes and M.E. Loureiro. 2004. Drought tolerance in relation to protection against oxidative stress in clones of *Coffea canephora* subjected to long-term drought. *Plant Sci.* 167: 1307-1314.
35. Reddy, A.R., K.V. Chaitanya and M. Vivekanandan. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *J. Plant Physiol.* 161: 1189–1202.
36. Roy-Macauley, H., Y. Zuily-Fodil, M. Kidric, A.T.P. Thi and J.V. de Silva. 1992. Effect of drought stress on proteolytic activities in *Phaseolus* and *Vigna* leaves from sensitive and resistant plants. *Physiol. Plantarum.* 85:90–96
37. Scholander, P.F., E.D. Bradstreet, E.A. Hemmingsen and H.T. Hammel. 1965. Sap Pressure in Vascular Plants: Negative hydrostatic pressure can be measured in plants. *Science.* 148(3668):339–346.
38. Sharma, P. and R.S. Dubey. 2005. Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. *Plant Growth Regul.* 46: 209-221.
39. Smirnoff, N., 1993. The role of active oxygen in response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytol.* 125: 27–58.
40. Sofo, A., S. Manfreda, B. Dichio, M. Florentino and C. Xiloyannis. 2007. The olive tree: a paradigm for drought tolerance in Mediterranean climates. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Disc.* 4: 2811–2835.
41. Sofo, A., B. Dichio, C. Xiloyannis and A. Masia. 2004. Lipoxygenase activity and praline accumulation in leaves and roots of olive tree in response to drought stress. *Physiol. Plant.* 121, 56–58.
42. Sofo, A., B. Dichio, C. Xiloyannis and A. Masia. 2004. Effects of different irradiance levels on some antioxidant enzymes and on malondialdehyde content during rewatering in olive tree. *Plant Sci.* 166, 293–302.
43. Stewart, C.R. 1980. The Mechanism of Abscisic Acid-induced Proline Accumulation in Barley Leaves. *Plant Physiol.* 66(2):230–233.
44. Sundaresan, S. and P.R. Sudhakaran. 2006. Water stress-induced alterations in the proline metabolism of drought-susceptible and -tolerant cassava (*Manihot esculenta*) cultivars. *Physiol. Plantarum* 94, 635–642.
45. Szabados, L., and A. Savoure. 2009. Proline: a multifunctional amino acid. *Trends Plant Sci.* 2, 89–97.
46. Türkan, I, M. Bor, F. Özdemir and H. Koca. 2005. Differential response of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol-mediated water stress. *Plant Sci.* 168: 223–231.
47. Verbruggen, N., X. J. Hua, M. May and M. Van Montagu. 1996. Environmental and developmental signals modulate praline homeostasis: evidence for a negative transcriptional regulator. *Proc Nat Acad Sci USA* 93: 8787–8791
48. Wang, Q.F., Y.H. Hou, J.L. Miao and G.Y. Li. 2009. Effect of UV-B radiation on the growth and antioxidant enzymes of Antarctic sea ice microalgae *Chlamydomonas*. *ICE-L. Acta. Physiol. Plant* 31:1097–1102.
49. Xiloyannis, C., B. Pezzarossa, J. Jorba and P. Angelici. 1988. Effects on soil water content on

- gas exchange in olive trees. *Adv. Hortic. Sci.*, 2, 58–63.
50. Yong, T., L. Zongsuo, S. Hongbo and D. Feng. 2006. Effect of water deficits on the activity of anti-oxidative enzymes and osmoregulation among three different genotypes of *Radix astragali* at seeding stage. *Colloid. Surf. B: Biointerf.* 49: 60-65.
51. Zeid, I.M. and Z.A. Shedeed. 2006. Response of alfalfa to putrescine treatment under drought stress. *Biol. Plantarum* 50 (4): 635-640.

## Effects of water deficit on proline content and activity of antioxidant enzymes among three olive (*Olea europaea* L.) cultivars

Amini Z., Moalemi N.A. and saadati S.

Horticulture Dept., Faculty of Agriculture, Shaid Chamran University, Ahvaz, I.R. of Iran

### Abstract

The olive tree (*Olea europaea* L.), a representative drought – stress – tolerant plant, is one of the most typical and economically important plant species. As olive cultivars may exhibit different level of drought tolerance, the selection of the most drought – tolerant for cultivation in this area is important. For this purpose, the effect of water deprivation on plant water potential ( $\psi_w$ ), relative water content (RWC), total soluble protein, proline, malonedialdehyde (MDA), superoxide dismutase (SOD) and peroxidase enzyme activity in three olive cultivars (*Olea europaea* L. var ‘Dezfoli’, ‘T2’, ‘Koroneiki’) was studied. Olive trees, grown under field condition in Ahvaz were kept without irrigation for 14 days periods. Changes Of these parameters were measured on 1<sup>st</sup>, 4<sup>th</sup>, 8<sup>th</sup>, 13<sup>th</sup> of the period. Plant water status ( $\psi_w$ ), relative water content (RWC) and total soluble protein of three cultivars decreased with increasing level of drought stress. Proline and MDA content increased with increasing level of drought stress. There was not any significant difference among three cultivars except MDA. Dezfoli showed lower value of MDA content. Significant increasing of SOD and POX activity was observed during the progressive increment of drought stress in all three cultivars. Dezfoli showed higher levels of SOD activity. We concluded higher levels of SOD activity and lower level of MDA in Dezfoli during the development of drought stress indicate this cultivar has more tolerance to oxidative stress due to drought stress than the other cultivars.

**Key words:** Drought stress, Malonedialdehyde (MDA), Olive, Peroxidase (POX), Proline, Superoxide dismutase (SOD)