

## تغییرات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در گیاهان جوان سه رقم زیتون (*Olea europaea* L.) در شرایط تنش خشکی

صمیرا احمدی پور<sup>۱</sup>، عیسی ارچی<sup>۲\*</sup>، علی عبادی<sup>۳</sup> و وحید عبدوسی<sup>۴</sup>

۱ و ۴. دانشجوی دکتری و استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران  
۲. دانشیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران  
۳. استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران  
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۷/۱۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۲۵)

### چکیده

به منظور بررسی عکس العمل به خشکی برخی از ارقام تجاری زیتون، آزمایش گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در شهرستان گیلانغرب واقع در استان کرمانشاه در سال ۱۳۹۴ در هوای آزاد به اجرا درآمد. تیمارها شامل سه سطح آبیاری به میزان ۱۰۰ (شاهد)، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه و سه رقم زیتون (زرد، آمیگدالولیا و کنسروالیا) بودند. نتایج نشان داد که رشد رویشی از قبیل ارتفاع نهال، تعداد و سطح برگ و طول ریشه به طور معنی داری تحت تأثیر تنش آب، بسته به رقم قرار داشت. ارقام تحت تنش کم آبی، دارای تفاوت معنی داری در میزان فعالیت آنزیم های پراکسیداز و کاتالاز بودند. بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز در رقم کنسروالیا و تیمار ۵۰٪ آبیاری مشاهده شد. مقدار فنل، تحت تنش کم آبی افزایش نشان داد. ارقام زرد، آمیگدالولیا و کنسروالیا به ترتیب بیشترین تا کمترین میزان فنل را تحت تیمارهای تنش خشکی در مقایسه با گیاهان شاهد داشتند. میزان مالوندی آلدهید در تیمارهای مختلف تحت تأثیر تنش خشکی دارای تفاوت معنی دار بود. بیشترین افزایش میزان مالوندی آلدهید در تیمار ۵۰٪ آبیاری در رقم زرد با حدود ۵۷ درصد افزایش در مقایسه با گیاهان شاهد مشاهده شد. به طور کلی، پاسخ ارقام به تنش خشکی متفاوت بود و هر کدام پاسخی خاص نشان دادند. رشد رویشی شاخساره تحت شرایط تنش خشکی در رقم زرد بیشتر از کنسروالیا و آمیگدالولیا بود و رقم زرد از لحاظ افزایش مقدار فنل و فعالیت پراکسیداز و کاتالاز در شرایط تنش خشکی برتر بود در حالی که کنسروالیا بیشترین افزایش مقدار فنل را داشت.

واژه های کلیدی: پراکسیداز، پرولین، رقم آمیگدالولیا، رقم زرد، رقم کنسروالیا، کاتالاز، مالوندی آلدهید.

## Morphological, physiological and biochemical changes of young plants of some olive cultivars (*Olea europaea* L.) under drought stress conditions

Samira Ahmadipour<sup>1</sup>, Isa Arji<sup>2\*</sup>, Ali Ebadi<sup>3</sup> and Vahid Abdosi<sup>4</sup>

1, 4. Ph. D. Candidate and Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran  
2. Associate Professor, Horticulture and Crops Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education center, AREEO, Kermanshah, Iran  
3. Professor, Department of Horticultural Sciences, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehan, Karaj, Iran  
(Received: Oct. 3, 2017- Accepted: Dec. 16, 2017)

### ABSTRACT

In order to investigate the effect of drought on some of the olive cultivars, a factorial pot experiment was conducted in a completely randomized design in Gilan-Gharb city of Kermanshah Province in open condition during 2015. The treatments consisted of three irrigation levels of 100% (control), 75% and 50% field capacity, and three olive cultivars (Zard, Amigdalolia and Conservolia). The results showed that vegetative growth such as plant height, Leaf number, leaf area and root length were significantly affected by water stress depending on the cultivar. Peroxidase and catalase enzymes activity were significantly different between cultivars under water stress. The highest levels of peroxidase and catalase activity were observed in Conservolia cultivar at 50% irrigation treatment. The amount of phenol increased under water stress. 'Zard', 'Amigdalolia' and 'Conservolia' had the highest to lowest levels of phenol under stress treatments in compare to the control plants, respectively. The amount of malondialdehyde in different treatments was significantly affected by drought stress. The highest increase of malondialdehyde was observed in irrigation treatment of 50% in Zard cultivar with about 57% increment compared to control plants. Generally, according to the response of cultivars, they differed in drought tolerance, and each showed a specific response. Vegetative shoot growth under conditions of drought stress was higher in 'Zard' compared to Conservolia and Amigdalolia cultivars. Zard cultivar was superior in terms of increase in phenol content and peroxidase and catalase activity, while 'Conservolia' had the highest increase in sugar content.

**Keywords:** 'Amigdalolia', catalase, 'Conservolia', Malondialdehyde, proline, peroxidase, 'Zard'.

\* Corresponding author E-mail: issaarji@gmail.com

### مقدمه

وجود آب کافی یکی از مهمترین موارد در خصوص توسعه کشت زیتون محسوب می‌گردد. با توجه به خطر جدی خشکی و کمبود آب، به‌ویژه طی چند سال اخیر، اتخاذ روش‌های مناسب در بهره‌برداری بهینه از منابع آبی مورد نیاز می‌باشد که استفاده از ارقام مقاوم (Arzani & Arji, 2000)، تعیین زمان‌های بحرانی آبیاری (Gholami *et al.*, 2016)، استفاده از مالچ (Gholami *et al.*, 2013a) و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی (Gholami *et al.*, 2013b; Memari *et al.*, 2011) از روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب می‌باشد. آب یکی از عوامل محدودکننده مهم برای تولیدکنندگان محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد. این ماده از لحاظ اقتصادی در بسیاری از مناطق جهان به‌خصوص مناطق خشک و نیمه‌خشک، به یکی از منابع بسیار مهم تبدیل شده و همواره خطرات کمبود آب در جهان وجود دارد. در حال حاضر، در همه بخش‌های صنعتی به‌خصوص صنعت باغبانی، نیاز به آب در حال افزایش است (Snyder, 2017). اولین واکنش گیاهان در برابر تنش خشکی، کاهش رشد رویشی آنها است. تنش خشکی خصوصیات رویشی درختان زیتون از جمله ارتفاع، وزن تر و خشک اندام‌ها، تعداد و سطح برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد. سطح برگ نیز با خشک شدن خاک کاهش می‌یابد، از طرف دیگر، تغییرات سازگاری در توزیع ماده خشک ممکن است با افزایش در نسبت ریشه به شاخساره روی دهد (Higgs & Kelin, 1990). یکی از مهمترین مکانیسم‌های سازگاری گیاهان به شرایط کم‌آبی، پدیده تنظیم اسمزی است که در درختان مختلف از جمله زیتون گزارش شده است (Chartzoulakis *et al.*, 2000). تحمل به تنش خشکی می‌تواند نتیجه تولید و یا تجمع محلول‌های اسمزی سازگار باشد. تجمع اسمولیت‌های سازگار مؤثر در امر تنظیم اسمزی، با پایین‌رفتن پتانسیل اسمزی به سلول اجازه می‌دهد که آب بیشتری را از محیط جذب کند. بنابراین اثر جبران‌کننده سریع بر کمبود آب در گیاه را دارد (Rieger, 1995). مقاومت گیاهان همراه با بیان ژن‌ها

و سنتز پروتئین‌ها می‌باشد. درخت زیتون از جمله گیاهانی است که در هنگام خشکی با پائین نگه‌داشتن پتانسیل آب برگ می‌تواند در برابر خشکی مقاومت نماید (Xiloyannis *et al.*, 1999).

زیتون با نام علمی (*Olea europaea* L.) معروف‌ترین و تنها گونه از تیره زیتون<sup>۱</sup> می‌باشد که دارای میوه خوراکی بوده (Loumou & Giourga, 2003) و یکی از مهم‌ترین میوه‌های منطقه مدیترانه است که از لحاظ تهیه کنسرو و روغن مورد توجه اکثر کشورها می‌باشد (Bacelar *et al.*, 2006). به‌دلیل وجود شرایط مستعد برای پرورش زیتون و نیاز کشور به تولید روغن و کنسرو، این محصول از نظر اقتصادی اهمیت زیادی دارد. از دو دهه گذشته توسعه کشت زیتون در منطقه‌های مختلف ایران آغاز شده و با روند شدیدی روبه افزایش است (Arzani & Arji, 2000).

تاکنون پژوهش‌های بسیاری در مورد بررسی تأثیر تیمارهای آبیاری بر رشد رویشی گیاهان زیتون به‌صورت گلدانی در مورد گیاهان یک تا چندساله صورت گرفته است که از جمله آنها می‌توان به بررسی واکنش ارقام مختلف زیتون تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبی در اسپانیا در زیتون رقم پیکوال<sup>۲</sup> (Rapoport *et al.*, 2012)، مانزانیلا<sup>۳</sup> (Gholami *et al.*, 2004)، ارقام دو ساله زرد، ماری، روغنی، بلیدی<sup>۴</sup> و میشن<sup>۵</sup> (Arji, 2003)، ارقام زیتون لچینو<sup>۶</sup> و راسیوپلا<sup>۷</sup> (Di Vaio *et al.*, 2013)، ارقام زیتون زرد، روغنی، فیشمی، نبالی<sup>۸</sup>، آرکین<sup>۹</sup> و گوردال<sup>۱۰</sup> در گیاهان دو ساله (Zarabi *et al.*, 2010) و در ارقام زرد، ماری، فیشمی، دزفول و شنگه (Talaie & Shirzad, 2003) اشاره نمود. پاسخ فیزیولوژیک ارقام زیتون به کم‌آبیاری بر حسب مرحله رشدی، شدت تنش، نوع رقم و سایر عوامل محیطی متغیر می‌باشد (Pierantozzi *et al.*, 2003).

1. Oleaceae
2. Picual
3. Manzanillo
4. Baladi
5. Mission
6. Leccino
7. Racioppella
8. Nabali
9. Arbequina
10. Gordal

بارندگی (۲۰ اردیبهشت لغایت ۳۰ شهریور) به مدت ۱۲۰ روز در اقلیمی با متوسط حداقل دما ۹/۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط حداکثر دمای سالانه ۴۰/۳ درجه سانتی‌گراد و متوسط دمای سالیانه ۲۱/۵ درجه سانتی‌گراد، به اجرا در آمد. ارتفاع محل از سطح دریا ۸۹۰ متر بود. مواد آزمایشی این تحقیق شامل نهال‌های یک‌ساله ارقام زیتون زرد، کنسروالیا و آمیگدالولیا بود. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار و دو فاکتور (رژیم‌های آبیاری و ارقام زیتون) به انجام رسید. هر واحد آزمایشی شامل سه نهال بود. ابتدا نهال‌های سه رقم که از لحاظ خصوصیات رویشی (ارتفاع نهال و تعداد برگ) یکسان بودند، در گلدان‌های ۱۲ لیتری در مخلوطی از خاک زراعی، ماسه و کود حیوانی به نسبت ۱:۱:۱ کشت شدند. تیمارهای آبیاری شامل آبیاری ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی (شاهد)، ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی بودند. به منظور آبیاری تیمارها بسته به دور آبیاری آنها، پس از توزین گلدان‌ها و همچنین نمونه‌گیری دوره‌ای از خاک، میزان رطوبت خاک گلدان‌ها تعیین گردید (Ogbaga et al., 2014). برای هر رقم تعداد چهار گلدان شاهد مورد استفاده قرار گرفت که با روش وزنی نسبت به تعیین میزان تبخیر و تعرق آنها اقدام شد. هر سه روز یکبار گلدان‌های شاهد قبل از آبیاری و چهار ساعت بعد از آبیاری به منظور تعیین میزان آب ازدست‌رفته و همچنین میزان آب نگهداری‌شده توزین شدند و بر اساس تفاوت وزن نسبت به اعمال تیمارهای آبی اقدام گردید. قبل از شروع اعمال تیمارها، صفات رویشی از قبیل طول نهال، قطر نهال، تعداد برگ و در زمان پایان اعمال تیمارها (مهر ماه) مجدداً صفات رویشی و ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی اندازه‌گیری شدند. به منظور اندازه‌گیری مقدار نسبی آب برگ، نشت یونی و عناصر معدنی در پایان دوره تنش نمونه‌های برگ تیمارهای مختلف جمع‌آوری و هم‌زمان نمونه‌های برگ جهت اندازه‌گیری کلروفیل و صفات بیوشیمیایی، به فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شدند.

طول نهال و ریشه با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری شدند که برای این منظور قبل از اعمال تیمارهای آبیاری طول نهال تا انتهای‌ترین جوانه

در تحقیقی در مراکش تأثیر تیمارهای آبیاری (شاهد = ۱۰۰٪، کم‌آبیاری تنظیم‌شده = ۷۰٪ و آبیاری غرقابی) در سه مرحله گلدهی، نشست میوه و رسیدن میوه بر برخی صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی نشان داد که تغییر در این صفات به نوع رژیم آبیاری وابسته است. در تیمار آبیاری غرقابی، میزان درصد قند، پروتئین و پرولین در مرحله رسیدن میوه بیشترین میزان را داشت؛ میزان کلروفیل، با اعمال تنش آبیاری کاهش معنی‌داری نشان داد که به نوع رژیم آبیاری وابسته بود که در نهایت باعث شد میزان رنگدانه‌های برگ کاهش یابد که هم‌زمان با هیدرولیز شدن آنزیم‌ها یا غیرفعال شدن سیستم بیوسنتز در رنگدانه‌ها بود (Sikaoui et al., 2014). بین میزان مالون‌دی‌آلدئید و شدت تنش خشکی رابطه مستقیمی وجود دارد (Petridis et al., 2012). نتایج پژوهش Petridis et al. (2012) روی چهار رقم زیتون گیادولریا، کالامون، کرونائیکی و مگاریتیک تحت سه رژیم آبیاری ۱۰۰ درصد، ۶۶ و ۳۳ درصد ظرفیت مزرعه نشان داد که در اثر تنش خشکی میزان مالون‌دی‌آلدئید و مقدار فنل کل برگ افزایش یافت. مقدار افزایش بسته به رقم و مدت زمان تنش خشکی متغیر بود. افزایش میزان مالون‌دی‌آلدئید در اثر تنش خشکی در ارقام زیتون دو ساله شتویی، شمالی و زلماتو نیز گزارش شده است (Boughalleb & Mhamdi, 2011). با توجه به این‌که ارقام زرد، کنسروالیا و آمیگدالولیا از ارقام تجاری مناسب کشت در ایران هستند (Arji et al., 2012) و تاکنون تحقیقات کمی در مورد مقاومت به خشکی در آنها صورت گرفته است؛ از این‌رو هدف این تحقیق، بررسی میزان تحمل گیاهان جوان ارقام زرد، آمیگدالولیا و کنسروالیا در برابر کم‌آبیاری و شناخت دقیق‌تر مکانیزم‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی دخیل در مقاومت به خشکی در آنها بود.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۴ در شرایط فضای آزاد در شهرستان گیلان‌غرب (۴۵ درجه و ۵۶ دقیقه طول جغرافیایی، ۳۴ درجه و ۸ دقیقه عرض جغرافیایی) از استان کرمانشاه در طی فصل رشد بعد از آخرین

فیل کل طبق روش Singleton & Rossi (1965) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری و تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱، کارولینای شمالی) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

## نتایج و بحث

### خصوصیات رویشی

طول نهال در هر سه رقم تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت، به طوری که در هر رقم در تیمار شاهد طول نهال در مقایسه با تیمارهای تنش خشکی بالاتر بود. افزایش رشد طولی در ارقام تحت تیمارهای مختلف دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بود. بیشترین رشد طولی تحت تیمارهای تنش در نهال‌های رقم زرد در مقایسه با دیگر ارقام مشاهده گردید (جدول ۱). کاهش میزان رشد رویشی تحت تأثیر تنش آبی ارتباط مستقیمی با شدت تنش داشت که با نتایج به‌دست آمده توسط Perez-Lopez *et al.* (2007) مطابقت داشت. گزارش‌ها نشان می‌دهد که واکنش رشدی و میزان رشد نهال به کمبود آب در زیتون به مقدار زیادی به ژنوتیپ گیاه بستگی دارد (Fernandez *et al.*, 1997). در بررسی که به منظور تعیین مقاومت به تنش خشکی در برخی از ارقام زیتون (زرد، ماری، فیشمی، دزفول و شنگه) در شرایط گلدان صورت گرفت، نتایج نشان داد که ارقام مورد آزمایش از نظر برخی شاخص‌های رویشی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند (Talaie & Shirzad, 2003).

رشد ریشه در ارقام مختلف تحت تأثیر تنش خشکی دارای تفاوت معنی‌دار بود (جدول ۱). رشد طولی ریشه در تیمار شاهد (۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه) در بین ارقام مختلف معنی‌دار نبود، درحالی‌که با اعمال تنش خشکی رشد طولی ریشه افزایش نشان داد. بیشترین رشد طولی ریشه در تیمار ۵۰٪ ظرفیت مزرعه مشاهده گردید. در بین ارقام، رقم زرد با بیش از ۵۰٪ رشد در تیمار ۵۰٪ ظرفیت مزرعه در مقایسه با تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه نسبت به بقیه ارقام برتر بود، درحالی‌که ارقام آمیگدالولیا و کنسروالیا با حدود

انتهایی ساقه اصلی اندازه‌گیری شد. همچنین در پایان آزمایش طول ریشه از محل طوقه تا انتهایی‌ترین نقطه ریشه اصلی اندازه‌گیری شد. قطر نهال از محل طوقه با کولیس اصلی اندازه‌گیری شد. سطح برگ‌ها با استفاده از دستگاه سطح‌برگ‌سنج آمریکا مدل (CI-202) برگ اندازه‌گیری شد. تعداد روزنه‌ها در واحد سطح برگ با استفاده از میکروسکوپ نوری اولمپوس<sup>۱</sup> با بزرگنمایی ۴۰۰ تعیین گردید و تعداد روزنه‌ها برای هر نمونه در چندین نقطه (۴-۵) هر کدام با مساحت ۰/۴۲ میلی‌متر مربع شمارش گردید. بعد از اندازه‌گیری وزن تر اندام‌های مختلف، نمونه‌ها در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد در آون به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. بعد از گذشت مدت زمان مذکور وزن خشک آنها به‌دست آمد (Anon, 1997).

به‌منظور ارزیابی دوام غشاء یاخته‌ای، نشت یونی با استفاده از روش Korkmaz *et al.* (2007) انجام شد. برای اندازه‌گیری کلسیم، سدیم و پتاسیم حدود یک گرم از بافت گیاهی پودر شده (برگ) در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس کوره الکتریکی خاکستر شده و سپس عصاره‌گیری با استفاده از اسید کلریدریک انجام شد. اندازه‌گیری کلسیم به‌روش جذب اتمی با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل ۳۱۱۰ پرکینز المر، آمریکا) انجام شد. میزان پرولین برگ طبق روش Bates *et al.* (1973) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ نانومتر انجام شد. میزان کل قندهای محلول طبق روش Buysse & Merckx (1993) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل کری ۱۰۰، واریان، آمریکا) در طول موج ۶۲۵ نانومتر انجام شد. فعالیت آنزیم پراکسیداز طبق روش Herzog & Fahimi (1973) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۶۵ نانومتر انجام شد. فعالیت آنزیم کاتالاز طبق روش Aebi (1984) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۲۴۰ نانومتر انجام شد. غلظت مالون‌دی‌آلدهید طبق روش Stewart & Bewley (1980) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در دو طول موج ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر انجام شد. میزان

1. Olympus

تنش خشکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار نشان داد. کاهش در میزان وزن خشک شاخساره در بین ارقام تحت تنش خشکی در مقایسه با گیاهان شاهد متفاوت بود و کمترین کاهش در وزن خشک شاخساره به ارقام زرد و آمیگدالولیا اختصاص داشت، درحالی‌که رقم کنسروالیا بیشترین کاهش را نشان داد (جدول ۳). نسبت وزن خشک ریشه به شاخساره در بین ارقام تحت تأثیر تیمارهای مختلف معنی‌دار نبود. کمترین کاهش در این نسبت به رقم کنسروالیا اختصاص داشت. همچنین میزان وزن تر و خشک کل گیاه تحت تأثیر تیمارهای مختلف در بین ارقام معنی‌دار بود و با افزایش تنش، کاهش نشان داد و کمترین درصد کاهش در وزن خشک گیاه به رقم آمیگدالولیا اختصاص داشت (جدول ۳).

اعمال تنش خشکی در زیتون رقم مانزانیلا در شرایط گلدانی باعث کاهش وزن تر و خشک ریشه و شاخه، تعداد و سطح برگ و ارتفاع نهال گردید (Gholami *et al.*, 2013b). در یک بررسی روی زیتون رقم روغنی در شرایط گلدانی نشان داده شد که نهال‌های زیتون تحت تنش خشکی ۲۰ و ۴۰ درصد تبخیر و تعرق، هیچ‌گونه رشد رویشی نداشتند (Arzani & Arji, 2000). در پژوهشی دیگر، تنش خشکی در زیتون رقم کوراتینا منجر به کاهش وزن خشک نهال و کاهش سطح برگ گردید (Nuzzo *et al.*, 1997). در آزمایشی روی نهال‌های دو ساله رقم کوراتینا مشخص شد که تنش خشکی باعث کاهش حدود ۶۰ درصد در سطح برگ‌ها شد، درحالی‌که رشد ریشه را تحت تأثیر قرار نداد؛ در نتیجه نسبت ریشه به شاخساره در نهال‌ها با تنش شدیدتر خشکی افزایش نشان داد (Xiloyannis *et al.*, 1999). صفت نسبت ریشه به شاخساره در درختان زیتون یک عامل مقاومت به خشکی محسوب می‌گردد (Celano *et al.*, 1997). در این پژوهش نیز تحت تنش کم‌آب‌اری وزن تر و خشک ریشه و ساقه کاهش پیدا کرد که با نتایج تحقیقات ذکر شده همسو بود.

تعداد برگ در پایان آزمایش در ارقام آمیگدالولیا و کنسروالیا در مقایسه با شاهد دارای تفاوت معنی‌دار بودند؛ از نظر سطح برگ در تیمار ۷۵ درصد رقم زرد

۴۴٪ و ۳۹٪ در رتبه بعدی قرار داشتند. نتایج این تحقیق با نتایج به‌دست آمده توسط Fernandez *et al.* (1991) مطابقت داشت.

نتایج به‌دست آمده از بررسی صفات رویشی در ارقام مورد مطالعه نشان از عکس‌العمل متفاوت این ارقام به تنش خشکی دارد. زیتون گیاهی است که از نظر تحمل به خشکی شناخته شده است، با این حال از نظر پاسخ به کمبود آب در بین ارقام تفاوت وجود دارد. تحت شرایط تنش، انتخاب ارقام مقاوم به خشکی برای موفقیت تولید تجاری یک مزرعه بسیار با اهمیت است؛ بنابراین، استفاده از ارقامی که از نظر مورفولوژیک و فیزیولوژیک دارای صفات مرتبط با مقاومت به خشکی باشند، جهت تولید و فرایند انتخاب بسیار مفید می‌باشد (Bosabalidis & Kofidis, 2002; Bacelar *et al.*, 2006; Ennajeh *et al.*, 2009). نتایج مقایسه میانگین قطر تنه ارقام قبل از اعمال تنش نشان داد که تفاوت در رشد قطری بین ارقام معنی‌دار بوده، به‌طوری‌که در سه کلاس متفاوت قرار گرفتند (جدول ۲). تغییرات قطر تنه در اثر اعمال تنش خشکی در بین ارقام در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. در پایان تنش، نهال‌های تحت تیمار شدید تنش خشکی در ارقام زرد، کنسروالیا و آمیگدالولیا به‌ترتیب در مقایسه با نهال‌های شاهد دارای رشد کمتری بودند (جدول ۲). نتایج این تحقیق با نتایج به‌دست‌آمده توسط Magliulo *et al.* (1999) و Di Vaio *et al.* (2013a) مطابقت داشت.

وزن تر و خشک ریشه در بین ارقام مختلف تحت تأثیر تیمارهای تنش خشکی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. بیشترین وزن تر و خشک شاخساره و ریشه به رقم زرد اختصاص داشت. کاهش در میزان وزن تر و خشک شاخساره با افزایش تنش، بیشتر شد. اگرچه رقم زرد بیشترین میزان وزن تر و خشک ریشه را نشان داد اما بیشترین درصد کاهش در وزن خشک ریشه به‌عنوان یک معیار در مقایسه با گیاهان شاهد در تیمار شدید تنش خشکی در ارقام زرد و کنسروالیا به‌ترتیب ۴۷/۴٪ و ۴۲/۸۷٪ روی داد درحالی‌که این کاهش برای رقم آمیگدالولیا ۳۳/۸۸٪ بود (جدول ۳). وزن تر و خشک شاخساره در بین ارقام تحت تأثیر

افزایش داشت و از نظر آماری بین تیمار تنش خشکی و شاهد و ارقام مختلف زیتون اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۴). گیاهان تحت تنش ارقام زرد، کنسروالیا و آمیگدالولیا به ترتیب دارای تعداد زیادتری روزنه در واحد سطح برگ بودند. احتمالاً یکی از دلایل افزایش تراکم روزنه‌ها در هنگام تنش خشکی، کوچک‌تر شدن اندازه سلول‌های برگ است که باعث افزایش تعداد بیشتری روزنه در واحد سطح برگ می‌باشد. نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر با نتایج به‌دست‌آمده در ارقام (زرد، روغنی، نبالی، فیسمی، آربکین و گودال) (Zarabi *et al.*, 2010) و ماستونیدس و کرونائیکی که در شرایط تنش خشکی تعداد و اندازه روزنه آنها افزایش نشان داد (Bosabalidis & Kofidis, 2002) مطابقت داشت. بررسی مکانیسم دفاعی دو رقم زیتون مسکی و شمالی در برابر کمبود آب نشان داده است که رقم شمالی با تراکم کرک بالای برگ و همچنین تعداد روزنه زیادتر نسبت به رقم مسکی مقاوم‌تر بود (Ennajeh *et al.*, 2006) که این موضوع تاییدکننده مطالب فوق می‌باشد.

بیشتر از رقم کنسروالیا بود اما در تیمار ۵۰ درصد هر دو رقم در یک سطح قرار داشتند. در گیاهان شاهد (آبیاری ۱۰۰ درصد) تعداد برگ به‌ترتیب ارقام کنسروالیا، زرد و آمیگدالولیا بیشترین به کمترین بود. در گیاهان تحت تنش، کمترین کاهش در تعداد برگ در رقم زرد در مقایسه با دو رقم دیگر اتفاق افتاد و بیشترین کاهش در رقم آمیگدالولیا روی داد. از نظر سطح برگ، تفاوت معنی‌داری در بین ارقام و تیمارها مشاهده شد و کمترین سطح برگ به رقم آمیگدالولیا اختصاص یافت. سطح برگ در تیمار ۵۰٪ آبیاری کاهش یافت که این امر به‌خاطر ریزش برگ‌ها بوده است. (جدول ۴). در پژوهشی مشخص شد با افزایش تنش خشکی، سطح برگ در ارقام مختلف زیتون کاهش نشان داد و این کاهش به رقم نیز بستگی داشت (Shaheen *et al.*, 2011)، که با نتایج این پژوهش هماهنگ بود به‌طوری‌که رقم زرد کاهش کمتری داشت. تنش خشکی بر تراکم روزنه‌ها تأثیر داشت به‌طوری‌که بین تیمار تنش خشکی و شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. تأثیر تنش خشکی بر تراکم روزنه‌ها نشان داد که تحت شرایط تنش خشکی، تعداد روزنه‌ها در کلیه ارقام

جدول ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و تنش خشکی بر رشد طولی ساقه و ریشه گیاهان گلدانی سه رقم زیتون

Table 1. Mean comparison of cultivar and drought stress effect on plant shot and root length of three potted olive cultivars

| Cultivars   | Irrigation levels | Plant length before water stress (cm) | Plant length after drought (cm) | Actual growth (cm) | Growth % in compare to control | Root length (cm) |
|-------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------------------|------------------|
| Zard        | 100 %             | 60.67a*                               | 70.23 a                         | 9.56 a             | -                              | 19.28 e          |
|             | 75%               | 60.00 a                               | 65.00b                          | 5 c                | 52.3                           | 23.06 cd         |
|             | 50%               | 60.50 a                               | 63.00c                          | 2.5 d              | 26.2                           | 29.33 a          |
| Amigdalolia | 100 %             | 42.23 b                               | 51.23 d                         | 9 ab               | -                              | 19.17 e          |
|             | 75%               | 42.67 b                               | 46.67 e                         | 4 cd               | 44.4                           | 23.11 cd         |
|             | 50%               | 43.17 b                               | 45.17 e                         | 2 d                | 22.2                           | 27.67 ab         |
| Conservolia | 100 %             | 43.67 b                               | 50.83 d                         | 7.16 b             | -                              | 21.83de          |
|             | 75%               | 43.00 b                               | 46.17 e                         | 3.17cd             | 44.3                           | 24.9 bc          |
|             | 50%               | 43.23 b                               | 45.00e                          | 1.77 d             | 24.7                           | 30.39 a          |

اعداد با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ نمی‌باشند.

In each column similar letters show no significant differences based on Duncan's multiple range test (5%).

جدول ۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و تنش خشکی بر قطر ساقه گیاهان گلدانی سه رقم زیتون

Table 2. Mean comparison of cultivar and drought stress effect on stem diameter of three potted olive cultivars

| Cultivars   | Irrigation levels | Stem diameter before water stress (mm) | Stem diameter after water stress (mm) | Actual Stem diameter growth (cm) | Growth % in compare to control |
|-------------|-------------------|--|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Zard        | 100 %             | 7.53 a                                 | 9.33 a                                | 1.80 a                           | -                              |
|             | 75%               | 7.52 a                                 | 8.90 a                                | 1.37 ab                          | 76.67                          |
|             | 50%               | 7.35 a                                 | 7.93 b                                | 0.58 cd                          | 32.22                          |
| Amigdalolia | 100 %             | 5.33 b                                 | 7.03 c                                | 1.70 a                           | -                              |
|             | 75%               | 5.4 b                                  | 6.10 d                                | 0.70 cd                          | 41.18                          |
|             | 50%               | 5.47 b                                 | 5.77 de                               | 0.30 d                           | 17.65                          |
| Conservolia | 100 %             | 4.28 c                                 | 6.07 d                                | 1.78 a                           | -                              |
|             | 75%               | 4.47 c                                 | 5.40 e                                | 0.93 bc                          | 51.96                          |
|             | 50%               | 4.42 c                                 | 4.83 f                                | 0.40 d                           | 22.91                          |

اعداد با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ نمی‌باشند.

In each column similar letters show no significant differences based on Duncan's multiple range test.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژی گیاهان گلدانی سه رقم زیتون

Table 3. Mean comparison of cultivar and drought stress effect on some morphological traits of three potted olive cultivars

| Cultivars   | Irrigation levels | Root             |                | Shoot            |                | Root/Shoot dry weight | Plant            |                |
|-------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------------|-----------------------|------------------|----------------|
|             |                   | fresh weight (g) | dry weight (g) | fresh weight (g) | dry weight (g) |                       | fresh weight (g) | Dry weight (g) |
| Zard        | 100 %             | 48.07 a          | 26.63 a        | 43.34 a          | 25.70 a        | 1.05 a                | 91.36 a          | 52.33 a        |
|             | 75%               | 31.14 b          | 21.23 ab       | 38.73 ab         | 25.10 a        | 0.94 a                | 69.87 b          | 46.33 a        |
|             | 50%               | 21.02 cde        | 14.00 cd       | 25.95 cde        | 18.02 bc       | 0.78 a                | 46.97 de         | 32.02 bc       |
| Amigdalolia | 100 %             | 32.75 b          | 16.44 bc       | 33.82 abc        | 19.14 b        | 0.86 a                | 66.57 bc         | 35.58 b        |
|             | 75%               | 26.62 bc         | 14.2 cd        | 30.05 bcd        | 18.01 bc       | 0.79 a                | 56.68 cd         | 32.21 bc       |
|             | 50%               | 15.83 de         | 10.87 cd       | 19.14 ef         | 14.21 bcd      | 0.76 a                | 34.97 ef         | 25.08 cd       |
| Conservolia | 100 %             | 22.86 cd         | 16.42 bc       | 23.00 def        | 17.07 bc       | 0.96 a                | 45.86 de         | 33.49 b        |
|             | 75%               | 20.56 cde        | 12.67 cd       | 17.24 ef         | 12.35 cd       | 1.05 a                | 37.8 ef          | 25.02 cd       |
|             | 50%               | 13.54 e          | 9.38 d         | 13.50 e          | 10.96 d        | 0.89 a                | 27.04 f          | 20.34 d        |

اعداد با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ نمی باشند.

In each column similar letters show no significant differences based on Duncan's multiple range test.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و تنش خشکی بر تعداد برگ، سطح برگ و تراکم روزنه سه رقم زیتون

Table 4. Mean comparison of cultivars and drought stress effects on leaf number, leaf area and stomata density of three potted olive cultivars

| Cultivars   | Irrigation levels | Leaf number    |               | Increased leaf number | Leaf area (cm <sup>2</sup> ) | Stomata density |
|-------------|-------------------|----------------|---------------|-----------------------|------------------------------|-----------------|
|             |                   | before drought | after drought |                       |                              |                 |
| Zard        | 100 %             | 70.00 b*       | 74.67 b       | 4.67 a                | 9.000 a                      | 19.91 cd        |
|             | 75%               | 70.33 b        | 73.67 b       | 3.33 bc               | 7.653 b                      | 23.73 ab        |
|             | 50%               | 70.67 b        | 72.67 b       | 2.00 d                | 4.767 de                     | 26.07 a         |
| Amigdalolia | 100 %             | 64.00 c        | 68.00 d       | 4.00 abc              | 6.943 bc                     | 14.46 f         |
|             | 75%               | 63.67 c        | 63.67 e       | 0.00 e                | 5.333 de                     | 17.56 de        |
|             | 50%               | 64.67 c        | 63.00 e       | -1.67 f               | 3.900 e                      | 21.67 bc        |
| Conservolia | 100 %             | 79.33 a        | 83.67 a       | 4.33 ab               | 7.000 bc                     | 15.43 ef        |
|             | 75%               | 79.00 a        | 82.00 a       | 3.00 cd               | 5.767 cd                     | 19.84 cd        |
|             | 50%               | 80.00 a        | 79.00 b       | -1.00 ef              | 4.333 de                     | 21.87 bc        |

اعداد با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ نمی باشند.

In each column similar letters show no significant differences based on Duncan's multiple range test.

### صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی

#### فنل

کامل گردید (Gholami *et al.*, 2016). افزایش میزان فنل کل در اثر تنش خشکی در برگ ارقام زیتون دو ساله شتویی، شمالی و زلماتو نیز گزارش شده است (Boughalleb & Mhamdi, 2011). در اثر کم آبیاری، میزان فنل کل افزایش نشان داد که براساس آزمایش‌های Machado *et al.* (2013) و Boughalleb & Mhamdi (2011) با افزایش آبیاری درختان زیتون، فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز (PAL) و میزان فنل کل کاهش یافته بود. این محققان فعالیت آنزیم (PAL) را شدیداً تحت تأثیر شرایط محیطی می‌دانند که نقش مهمی در کنترل فنل کل دارد. یکی از نقش‌های مهم ترکیبات فنلی، شرکت آنها در مکانیسم‌های دفاعی در گیاهان می‌باشد (Petridis *et al.*, 2012). در این پژوهش نیز تحت تنش کم آبیاری میزان فنل کل افزایش پیدا کرد که با نتایج سایر محققین (Machado *et al.*, 2013; Boughalleb & Mhamdi, 2011) مطابقت داشت.

بر اساس نتایج به دست آمده (جدول ۵) بین تیمارهای آبیاری از نظر مقدار فنل تفاوت معنی داری وجود داشت، به طوری که بیشترین میزان فنل کل تحت تأثیر تنش ۵۰ درصد ثبت شد. به ترتیب ارقام زرد، آمیگدالولیا و کنسروالیا بیشترین میزان فنل را در گیاهان شاهد و تحت تیمارهای تنش داشتند. از طرفی میزان فنل کل با افزایش تنش خشکی افزایش نشان داد. نتایج پژوهش Machado *et al.* (2013) روی عکس‌العمل زیتون رقم کوربانوسا به سه رژیم آبیاری شامل شرایط دیم (بدون آبیاری)، کم آبیاری به میزان ۳۰ درصد تبخیر و تعرق و آبیاری کامل، نشان داد که ترکیبات فنلی به وسیله رژیم‌های آبیاری تحت تأثیر قرار گرفته و آبیاری باعث کاهش مقدار پلی فنل کل میوه زیتون گردید. کم آبیاری باعث افزایش میزان فنل کل در برگ درختان ۶ رقم زیتون در مقایسه با آبیاری

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و تنش خشکی بر میزان فنل، مالون‌دی‌آلدهید، و فعالیت آنزیمی در برخی سه رقم زیتون  
Table 5. Mean comparison of cultivars and drought stress effects on phenol, malondialdehyde content, and enzymes activity in three olive cultivars

| Cultivars   | Irrigation levels | Phenol (mg/100g FW) | Malondialdehyde (nmol/g FW) | Peroxidases (units/mg) | Catalase (units/mg) |
|-------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------|
| Zard        | 100 %             | 25.50c              | 1.197e                      | 1.197e                 | 1.187 b c           |
|             | 75%               | 28.80b              | 1.690bc                     | 1.690bc                | 2.190 b             |
|             | 50%               | 31.33a              | 1.890b                      | 1.890b                 | 2.447 b             |
| Amigdalolia | 100 %             | 20.27def            | 0.8600 f                    | 0.8600 f               | 1.260 d             |
|             | 75%               | 22.87cd             | 0.9600f                     | 0.9600f                | 1.430 d             |
|             | 50%               | 24.43c              | 1.310de                     | 1.310de                | 1.780c              |
| Conservolia | 100 %             | 18.20f              | 1.500cd                     | 1.500cd                | 2.220b              |
|             | 75%               | 19.23ef             | 1.750b                      | 1.750b                 | 2.523b              |
|             | 50%               | 21.73de             | 2.200a                      | 2.200a                 | 3.130a              |

اعداد با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ نمی‌باشند.

In each column similar letters show no significant differences based on Duncan's multiple range test (5%).

### مالون‌دی‌آلدهید

مقدار مالون‌دی‌آلدهید برگ در ارقام زیتون تحت تأثیر کم‌آبیاری قرار گرفت، به طوری که میزان آن بین ارقام تحت تأثیر تنش خشکی در سطح پنج درصد متفاوت بود. بیشترین مقدار مالون‌دی‌آلدهید بین ارقام در رقم آمیگدالولیا و کمترین مقدار آن در رقم کنسروالیا در مقایسه با گیاهان شاهد مشاهده شد. با افزایش تنش خشکی میزان مالون‌دی‌آلدهید افزایش یافت به طوری که کمترین مقدار مالون‌دی‌آلدهید مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری و بیشترین مقدار مربوط به تیمار ۵۰ درصد آبیاری بود. بین میزان مالون‌دی‌آلدهید و شدت تنش خشکی رابطه مستقیمی وجود دارد (Petridis et al., 2012). در این پژوهش نیز تحت تنش کم‌آبیاری میزان مالون‌دی‌آلدهید افزایش پیدا کرد که با نتایج محققین دیگر (Petridis et al., 2012; Boughalleb & Mhamdi, 2011) مطابقت داشت. هرچه میزان مالون‌دی‌آلدهید تحت تنش در مقایسه با شرایط نرمال کمتر افزایش یابد مقاومت گیاه به تنش بیشتر خواهد بود. از اینرو ارقام کنسروالیا و زرد برتر بودند.

### پراکسیداز و کاتالاز

اثر متقابل رقم و تنش خشکی بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. از نظر میزان فعالیت پراکسیداز بیشترین میزان فعالیت آنزیم مربوط به رقم کنسروالیا و کمترین میزان فعالیت آن در رقم آمیگدالولیا، مشاهده شد. دو رقم کنسروالیا و زرد در آنزیم پراکسیداز در تیمار آبیاری ۷۵ درصد تفاوتی نداشتند ولی در تیمار ۵۰ درصد، تفاوت معنی‌داری

داشتند. با افزایش تنش خشکی میزان فعالیت پراکسیداز افزایش یافت به طوری که کمترین میزان فعالیت پراکسیداز مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری بود در حالی که ۵۰ درصد آبیاری باعث افزایش میزان فعالیت پراکسیداز گردید. در واقع تنش خشکی موجب تجمع معنی‌دار فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگ ارقام زیتون شد و میزان این آنزیم در رقم کنسروالیا بیشتر بود. آنزیم کاتالاز در دو رقم زرد و کنسروالیا در تیمار ۷۵ درصد تفاوتی با هم نداشت ولی در تیمار ۵۰ درصد تفاوت معنی‌دار گردید. در رقم کنسروالیا میزان پراکسیداز و کاتالاز در تیمار ۵۰ درصد بالاتر بود. نتایج این تحقیق با نتایج Zarabi et al. (2010) روی ارقام زیتون زرد و گوردال و Aminey et al. (2014) روی ارقام دزفولی، T2 و کرونائیکی مطابقت داشت. تنش خشکی باعث تولید انواع اکسیژن فعال در گیاه می‌شود که این ترکیبات باعث صدمه به بافت‌های گیاهی شده و مانع فعالیت چرخه کالوین در گیاه می‌گردند. در شرایط تنش خشکی، تنش‌های اکسیداتیو به‌عنوان تنش ثانویه عمل کرده و باعث کاهش پایداری غشای سلولی، کاهش سرعت فتوسنتز و در نهایت باعث کاهش میزان عملکرد در گیاه می‌شوند (Fazeli et al., 2007). آنزیم پراکسیداز و کاتالاز در شرایط تنش خشکی انواع ترکیبات اکسیژن فعال را خنثی می‌کنند و ضمن بهبود پایداری غشای سلولی به ادامه رشد گیاه تحت شرایط تنش کمک می‌کنند (Sofa et al., 2004, 2005). در اثر کمبود آب در گیاه، علاوه بر این که تغییرات فیزیولوژیکی در گیاه ایجاد می‌شود، صدمات اکسیداتیو نیز از عوامل مهم محدودکننده رشد در گیاهان می‌باشد که در اثر تنش خشکی ایجاد



از نظر میزان نشت یونی تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری که تیمار ۵۰ درصد آبیاری نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری باعث افزایش درصد نشت یونی در برگ گردید. اثرات متقابل تیمارها نشان داد که تحت تیمار تنش خشکی شدید، میزان نشت یونی در رقم آمیگدالولیا بیشترین و در رقم زرد کمترین بود. از این رو ارقامی که حفظ ساختار بالایی داشته باشند متحمل‌تر به شرایط تنش خشکی هستند. نشت یونی یکی از پارامترهایی است که به‌عنوان شاخصی از تخریب غشا اندازه‌گیری می‌شود. تنش خشکی باعث صدمه به بسیاری از ترکیبات سلول مانند پروتئین‌ها و چربی‌ها می‌شود. نشت الکترولیتی در اثر تخریب غشای سلولی و خروج یون‌ها صورت می‌گیرد و میزان این صفت بیانگر میزان صدمه تنش خشکی به گیاه می‌باشد (Liu et al., 2011).

#### پرولین

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۶) مقادیر پرولین در ارقام مختلف با افزایش کم‌آبیاری افزایش معنی‌دار نشان داد. بین ارقام از نظر مقدار پرولین تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری که رقم زرد دارای بیشترین و رقم کنسروالیا کمترین مقدار پرولین را داشت. تیمار آبیاری ۵۰ درصد باعث افزایش میزان پرولین شد. یکی از روش‌های مقاومت درختان در پاسخ به تنش خشکی، افزایش مواد محلول و فعال اسمزی است. در شرایط تنش، گیاه به‌منظور ادامه جذب آب، پتانسیل اسمزی خود را از طریق تجمع ترکیبات اسمزی کاهش می‌دهد و تنظیم اسمزی صورت می‌گیرد (Boughalleb & Mhamdi, 2011). پرولین یکی از اسیدهای آمینه فعال در تنظیم اسمزی بوده که در ایجاد و حفظ فشار اسمزی در گیاه مؤثر می‌باشد. در اثر تنش در تمامی قسمت‌های گیاه تجمع پرولین صورت می‌گیرد که این تجمع در برگ‌ها بیشتر می‌باشد (Ben Ahmed et al., 2009). افزایش میزان پرولین برگ در اثر تنش خشکی در برگ نهال زیتون رقم کنسروالیا در شرایط گلدانی Elhami et al. (2015) و نیز در ارقام زیتون دو ساله شتویی، شمالی و زلماتی گزارش شده است (Boughalleb & Mhamdi, 2011).

می‌شوند. گیاهان جهت مقابله با تنش خشکی از مکانیزم‌های آنزیمی، مانند افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز استفاده می‌کنند که میزان فعالیت این آنزیم‌ها از شاخص‌های ارزیابی مقاومت به خشکی در گیاهان محسوب می‌شود. در تحقیقات مختلف نشان داده شده که بین میزان افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و مقاومت به تنش‌های اکسیداتیو ارتباط مستقیمی وجود دارد. در ارقام مقاوم به خشکی، میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان بیشتر می‌باشد (Liu et al., 2011).

در این پژوهش فعالیت دو آنزیم پراکسیداز و کاتالاز در ارقام زیتون، مورد آزمایش قرار گرفت که بر اساس نتایج به‌دست آمده، تأثیر رژیم‌های آبیاری بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز در طی دوره آزمایش معنی‌دار بود، به طوری که میزان فعالیت این دو آنزیم در شرایط کم‌آبیاری در مقایسه با شاهد افزایش نشان داد. در این راستا (Sofa et al., 2004, 2005) گزارش کردند که با اعمال تنش خشکی، زیتون سیستم آنزیمی خود را مجدد تنظیم کرده و فعالیت آنزیم‌هایی مانند کاتالاز را افزایش می‌دهد. نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در رقم کنسروالیا تحت تنش کم آبیاری نسبت به ارقام دیگر بیشتر بود که با نتایج محققین دیگر مطابقت داشت (Liu et al., 2011). به‌نظر می‌رسد که بیشتر بودن میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در ارقام زیتون مقاوم به تنش کم‌آبی باعث کاهش صدمات ناشی از رادیکال‌های آزاد اکسیژن، کاهش پراکسیداسیون چربی‌ها و افزایش پایداری در غشای سلولی می‌شود. فعالیت بیشتر این دو آنزیم از مقدار تنش اکسیداتیو می‌کاهد و از فرآیندهای سوخت‌وساز در سلول گیاهی که ضامن بقای سلول و گیاه می‌باشند، محافظت می‌کند (Jiang & Sivritepe et al., 2001). نتایج به‌دست‌آمده با نتایج (Hung, 2008) در پایه گیلاس، Elhami et al. (2015) در زیتون رقم کنسروالیا و Chai et al. (2005) در موز مطابقت داشت.

#### نشت یونی

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۶) بین سطوح آبیاری

جدول ۶. مقایسه میانگین اثرات متقابل ارقام زیتون و سطوح مختلف آبیاری بر برخی صفات فیزیولوژیکی

| Table 6. Mean comparison of some olive cultivars and irrigation levels on some physiological traits |                   |                   |       |                                |       |                                    |       |
|---|-------------------|-------------------|-------|--------------------------------|-------|------------------------------------|-------|
| Cultivars   | Irrigation levels | Ionic leakage (%) |       | Proline ( $\mu\text{g/g FW}$ ) |       | Soluble sugar ( $\text{mg/g FW}$ ) |       |
| Zard  | 100 %             | 22.29d            | -     | 15.03f                         | -     | 17.76b cd                          | -     |
|   | 75%               | 24.96d            | 11.98 | 17.41f                         | 15.84 | 19.30a                             | 8.67  |
|   | 50%               | 30.12bc           | 35.13 | 21.60de                        | 43.71 | 22.76a                             | 28.15 |
| Amigdalolia   | 100 %             | 24.38d            | -     | 20.83e                         | -     | 15.39de                            | -     |
|   | 75%               | 27.74c            | 13.78 | 22.05cde                       | 5.86  | 18.49b c                           | 20.14 |
|   | 50%               | 35.27a            | 44.67 | 25.10bc                        | 20.50 | 20.11b                             | 30.67 |
| Conservolia   | 100 %             | 28.28c            | -     | 24.27bcd                       | -     | 11.21d                             | -     |
|   | 75%               | 30.36bc           | 7.36  | 26.97b                         | 11.12 | 13.38ef                            | 19.36 |
|   | 50%               | 32.62b            | 15.35 | 30.29a                         | 24.80 | 16.27cd                            | 45.14 |

اعداد با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ نمی باشند.

In each column similar letters show no significant differences based on Duncan's multiple range test (5%).

گزارش شده است (Boughalleb & Mhamdi, 2011)

قندهای محلول

که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

بر اساس نتایج به دست آمده (جدول ۶) میزان قند محلول برگ تحت شرایط تنش آب بسته به رقم افزایش نشان داد. از نظر میزان قندهای محلول بیشترین مقدار مربوط به رقم زرد و کمترین مقدار مربوط به رقم کنسروالیا بود. قندهای محلول از مواد اسمزی سازگار بوده که تجمع آنها در شرایط تنش خشکی باعث می شود تا پتانسیل آب سلول کاهش یافته و آب بیشتری برای حفظ فشار تورمی در داخل سلول باقی بماند (Boughalleb & Mhamdi, 2011). نتایج تحقیقات Arzani & Yazdani (2008) نشان داده است که تنش خشکی در ارقام بلیدی و میشن در شرایط گلدانی باعث افزایش غلظت کربوهیدرات های محلول برگ می شود. افزایش میزان کربوهیدرات های محلول برگ در اثر تنش خشکی در دیگر ارقام زیتون دو ساله مانند ارقام شتویی، شمالی و زلماتو نیز

### نتیجه گیری کلی

ارقام زرد، کنسروالیا و آمیگدالولیا از ارقام مناسب زیتون برای کشت در اغلب مناطق کشور هستند. در این پژوهش مشخص شد که این ارقام دارای تفاوت در تحمل به خشکی می باشند. به طور کلی پاسخ ارقام به تنش خشکی متفاوت بود و هر کدام پاسخی خاص نشان دادند. رشد رویشی تحت شرایط تنش خشکی به ترتیب در ارقام زرد، کنسروالیا و آمیگدالولیا بیشتر بود. ارقام زرد، آمیگدالولیا و کنسروالیا به ترتیب از لحاظ مقدار فنل و فعالیت کاتالاز و پراکسیداز برتر بودند. کنسروالیا بیشترین مقدار افزایش قند را در اثر تنش داشت. اما بیشترین میزان قند مربوط به رقم زرد بود. این نتایج نشان می دهد احتمالاً هر رقمی پاسخ منحصر به خود را داشته باشد.

## REFERENCES

- Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. *Methods in Enzymology*, 105, 121-126.
- Amin, Z., Moalemi, N. & S. Saadati. (2014). Effect of water deficit on proline content and activity of antioxidant enzymes among three olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Journal of Plant Researches*, 27(2), 156-167.
- Anon. (1997). Methodology for the secondary characterization of olive varieties held in collections. Project RESGEN-CT (67/97), EU/COI. *International Olive Oil Council*. 20p.
- Arji, I. (2003). *Effect of drought stress on physiological, morphological and biochemical characteristics of some olive cultivars*. Ph.D. thesis. Faculty of Agriculture Tarbiat Modares University. Tehran. (in Farsi)
- Arji, I., Zeinanloo, A. A., Hajiamiri, A. & Najafi, M. (2012). An investigation into different olive cultivars responses to Sarpole Zehab environmental conditions. *The Plant Production*, 35(4), 17-28. (in Farsi)
- Arzani, K. & Arji, I. (2000). The effect of water stress and deficit irrigation on young potted olive cv. Local-Roghani Roodbar. *Acta Horticulturae*, 537, 879-885.
- Arzani, K. & Yazdani, N. (2008). The influence of drought stress and paclobutrazol on quantitative changes of proteins in olive (*Olea europaea* L.) cultivars 'Bladi' and 'Mission'. *Acta Horticulturae*, 791, 527-530.

8. Bacelar, E. A., Santos, D. L., Moutinho-Pereira, J. M., Goncalves, B. C., Ferreira, H. F. & Correia, C. M. (2006). Immediate responses and adaptative strategies of three olive cultivars under contrasting water availability regimes: Changes on structure and chemical composition of foliage and oxidative damage. *Plant Science*, 9, 596-605.
9. Bates, L.S., Waldren, R.P. & Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
10. Ben Ahmed, C., Ben Rouina, B., Sensoy, S., Boukhris, M. & Ben Abdallah, F. (2009). Changes in gas exchange, proline accumulation and antioxidative enzyme activities in three olive cultivars under contrasting water availability regimes. *Environmental and Experimental Botany*, 7, 345-352.
11. Bosabalidis, A. M. & Kofidis, G. (2002). Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. *Plant Science*, 163, 375-379.
12. Buysse, J. & Merckx, R. (1993). An improved colorimetric method to quantify sugar content of plant tissue. *Journal of Experimental Botany*, 44(267), 1627-1629.
13. Boughalleb, F. & Mhamdi, M. (2011). Possible involvement of proline and the antioxidant defense systems in drought tolerance of three olive cultivars grown under increasing water deficit regimes. *Agricultural Journal*, 6(6), 371-391.
14. Celano, G., Dichio, B., Montanaro, G., Nuzzo, V., Palese, A. M. & Xiloyannis, C. (1997). Distribution of dry matter and amount of mineral elements in irrigated and non-irrigated olive trees. *Acta Horticulturae*, 474, 381-384.
15. Chai, T. T., Fadzillah, N. M. Kusnan, M. & Mahmood, M. (2005). Water stress-induced oxidative damage and antioxidant responses in micropropagated banana plantlets. *Biologia Plantarum*, 49, 153-156.
16. Chartzoulakis, K., Bosabalidis, A. M., Patakas, A. & Vemmos, S. (2000). Effect of water stress on water relation gas exchange and leaf structure of olive tree. *Acta Horticulturae*, 537, 241-247.
17. Di Vaio, C., Marallo, N., Marino, G. & Caruso, T. (2013). Effect of water stress on dry matter accumulation and partitioning in pot-grown olive trees (cv, Leccino and Racioppella). *Scientia Horticulturae*, 4, 155-159.
18. Egert, M. & Tevini, M. (2002). Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoenoprasum*). *Environmental and Experimental Botany*, 48, 43-49.
19. Elhami, B., Zaare-Nahandi, F. & Jahanbakhsh-Godehkahriz, S. (2015). Effect of sodium nitroprusside (SNP) on physiological and biological responses of olive (*Olea europaea* cv. Conservolia) under water stress. *International Journal of Biosciences*, 6(4), 148-156.
20. Ennajeh, M. Vadel, A. M., Khemira, H., Ben Mimoun, M. & Hellali, R. (2006). Defense mechanisms against water deficit in two olive (*Olea europaea* L.) cultivars 'Meski' and 'Chemlali'. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81, 99-104.
21. Ennajeh, M., Vadel, A. M. & Khemira, H. (2009). Osmoregulation and osmoprotection in the leaf cells of two olive cultivars subjected to severe water deficit. *Acta Physiologia Plantarum*, 31, 711-721.
22. Fazeli, F. Ghorbanli, M. & Niknam, V. (2007). Effect of drought on biomass, protein content, lipid peroxidation and antioxidant enzymes in two sesame cultivars. *Journal of Biologia Plantarum*, 51, 98-103.
23. Fernandez, J. E., Moreno, F., Cabrera, F., Arrue, J. L. & Martin-Aranda, J. (1991). Drip irrigation, soil characteristics and the root distribution and root activity of olive trees. *Plant and Soil*, 133, 239-251.
24. Fernandez, J. E., Moreno, F., Giron, I. F. & Blazquez, O. M. (1997). Control of water consumption by the olive tree. *Acta Horticulturae*, 449, 83-89.
25. Gholami, R., Arzani, K. & Arji, I. (2004). Effect of different irrigation amounts on vegetative growth of young potted olive (*Olea europaea* L.) cv. Manzanillo. In: Abstract book of 5th International Symposium on Olive Growing, 27 Sept-2 Oct., Izmir, Turkey. pp. 210.
26. Gholami, R., Arji, I. & Gerdakaneh, M. (2013a). Study of irrigation interval and mulch effects on vegetative growth of olive in Kermanshah province. *Journal of Horticultural Science*, 27(1), 74-81. (in Farsi)
27. Gholami, R., Arzani, K. & Arji, I. (2013b). Effect of Paclobotrazol (PBZ) and different irrigation amounts on vegetative growth and performance of young olive plants cv. Manzanillo. *Journal of Horticultural Science*, 26(4), 402-408. (in Farsi)
28. Gholami, R., Sarikhani, H. & Arji, I. (2016). Effects of deficit irrigation on some physiological and biochemical characteristics of six commercial olive cultivars in field conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 17(1), 39-52. (in Farsi)
29. Herzog, V. & Fahimi, H. (1973). Determination of the activity of peroxidase. *Annual Biochemistry*, 55, 554-562.
30. Higgs, K. H. & Kelin, B. P. (1990). Respons of apple rootstocks to irrigation in south-east England. *Journal of Horticultural Science*, 12, 129-141.
31. Jiang, Y. & Hung, B. (2001). Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Crop Science*, 6, 436-442.

32. Korkmaz, A. Uzunlu, M. & Demirkiran, A. R. (2007). Acetyl salicylic acid alleviates chilling-induced damage in muskmelon plants. *Canadian Journal of Plant Science*, 87, 581-585.
33. Liu, C., Liu, Y., Guo, K., Fan, D., Li, G., Zheng, Y., Yu, L. & Yang R. (2011). Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in Karst habitats of southwestern China. *Environmental and Experimental Botany*, 71, 174-183.
34. Loumou, A. & Giourga, C. (2003). Olive groves: The life and identity of the Mediterranean. *Agriculture and Human Values*, 8, 87-95.
35. Machado, M., Felizardo, C., Fernandes-Silva, A. A., Nunes, F. M. & Barros, A. (2013). Polyphenolic compounds, antioxidant activity and L-phenylalanine ammonia-lyase activity during ripening of olive cv. Cobrançosa under different irrigation regimes. *Food Research International*, 51, 412-421.
36. Magliulo, V., dAdria, R., Morelli, G. & Fragnito, F. (1999). Growth traits of five olive cultivars, grown under different irrigation regimes. *Acta Horticulturae*, 3, 395-398.
37. Memari, H. R., Tafazoli, E., Kamgar-Haghighi, A., Hassanpour, A. & Yarami, N. (2011). Effects of water stress and cycocel as a growth retardant on growth of two olive cultivars. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, 15(55), 1-11.
38. Nuzzo, V., Xiloyannis, C., Dichio, B., Montonaro, G. & Celano, G. (1997). Growth and yield in irrigated and non- irrigated olive trees cv. Coratina. *Acta Horticulturae*, 449, 75-82.
39. Ogbaga, C. C., Stepien, P. and Johnson, G. N. (2014). Sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties adopt strongly contrasting strategies in response to drought. *Physiologia Plantarum*, 152(2), 389-401.
40. Pérez-López, D., Ribas, F., Moriana, A., Olmedilla, N. & de Juan, A. (2007). The effect of irrigation schedules on the water relations and growth of a young olive (*Olea europaea* L.) orchard. *Agricultural Water Management*, 7, 297-304.
41. Petridis, A., Therios, I., Samouris, G., Koundouras, S. & Giannakoula, A. (2012). Effect of water deficit on leaf phenolic composition, gas exchange, oxidative damage and antioxidant activity of four Greek olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Plant Physiology and Biochemistry*, 60, 1-11.
42. Pierantozzi, P., Torres, M., Bodoira, R. & Maestr, D. (2013). Water relations, biochemical-physiological and yield responses of olive trees *Olea europaea* L., cvs. Arbequina and Manzanilla under drought stress during the pre-flowering and flowering period. *Agricultural Water Management*, 125, 13-25.
43. Rapoport, H. F., Hammami, S. B. M., Martins, P., Perez-Priego, O. & Orgaza, F. (2012). Influence of water deficits at different times during olive tree inflorescence and flower development. *Environmental and Experimental Botany*, 6, 227- 233.
44. Rieger, M. (1995). Offsetting effects of reduced root hydraulic conductivity and osmotic adjustment following drought. *Tree Physiology*, 15, 379-385.
45. Sikaoui, L., Bouizgaren, A., Karrou, M., Boulal, H., Boulouha, B., Karama, M., Nangia, V. & Oweis, T. (2014). Effect of three irrigation regimes on physiological parameters of new olive orchard under semi-arid conditions of Morocco. In: Abstract book of 7<sup>th</sup> International Conf. on Water Resources in the Mediterranean Basin, Oct 10-12, Marrakech, Morocco.
46. Sivritepe, N., Erturk, U., Yerlikaya, C., Turkan, I., Bor, M. & Ozdemir, F. (2008). Response of the cherry rootstock to water stress induced in vitro. *Biologia Plantarum*, 52, 573-576.
47. Shaheen, M. A., Hegazi, A. A. & Hmam, I. S. A. (2011). Effect of water stress on vegetative characteristics and leaves chemical constituents of some transplants olive cultivars. *Agricultural and Environmental Sciences*, 11(5), 663-670.
48. Singleton, V. L. & Rossi, J. R. J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
49. Snyder, R. L. (2017). Climate change impacts on water use in horticulture. *Horticulturae*, 3(27), 1-9.
50. Sofo, A., Dichio, B., Xiloyannis, C. & Masia, A. (2004). Effects of different irradiance levels on some antioxidant enzymes and on malondialdehyde content during rewatering in olive tree. *Plant Science*, 166, 293-302.
51. Sofo A., Dichio, B., Xiloyannis, C. & Masia, A. (2005). Antioxidant defences in olive tree during drought stress: Changes in activity of some antioxidant enzymes. *Functional Plant Biology*, 32, 45-53.
52. Stewart, R. R. C. & Bewley, J. D. (1980). Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. *Plant Physiology*, 65, 245-248.
53. Talaie, A. & Shirzad, H. (2003). The effect of water stress on the Iranian local olive cultivars. *Acta Horticulturae*, 616, 307-312.
54. Xiloyannis, C., Dichio, B., Nuzzo, V. & Celano, G. (1999). Defense strategies of olive against water stress. *Acta Horticulturae*, 474, 423-426.
55. Zarabi, M., Talaie, A., Soleimani, E. & Haddad, R. (2010). The role of physiological and biochemical changes of six olive cultivar exposed to drought stress. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 24 (2), 234-244. (in Farsi)
56. Yazdani, N., Arzani, K. & Arji, I. (2007). The influence of drought stress and paclobutrazol on quantitative changes of proteins in olive (*Olea europaea* L.) cultivars 'Bladi' and 'Mission'. *Acta Horticulturae*, 791, 527-530.