

## تأثیر کم آبیاری بر ویژگی‌های رویشی، عملکرد و کیفیت میوه سه رقم زیتون روغنی

رحمت اله غلامی<sup>۱</sup>، حسن ساری‌خانی<sup>۲\*</sup> و عیسی ارچی<sup>۳</sup>

۱ و ۲. دانشجوی دکتری و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۳. دانشیار، بخش تحقیقات زراعی باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۸/۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۷)

### چکیده

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر کم آبیاری بر ویژگی‌های رویشی و زایشی سه رقم زیتون روغنی ۱۴ ساله به نام‌های روغنی، آمفی‌سیس و میشن در ایستگاه پژوهشی زیتون دالاهو سرپل‌ذهاب تحت تأثیر سه رژیم آبیاری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. تیمارهای آبیاری شامل آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق (شاهد)، آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی (کم آبیاری مداوم) و کم آبیاری تنظیم شده (۶۰ درصد نیاز آبی به همراه عدم آبیاری در طول مدت سخت شدن هسته و تغییر رنگ میوه) درختان زیتون طی فصل رشد بودند. نتایج نشان داد، تیمار کم آبیاری تنظیم شده در مقایسه با تیمار کم آبیاری مداوم در کل فصل باعث افزایش وزن میوه، طول میوه، وزن تر و خشک گوشت، درصد رطوبت میوه، وزن خشک هسته و طول هسته در رقم‌های مختلف زیتون مورد آزمایش شد. از نظر قطر میوه، نسبت وزن خشک گوشت به هسته، درصد گوشت و درصد روغن در ماده تر بین رژیم‌های آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. درصد روغن در ماده خشک به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت، به‌طوری‌که بیشترین درصد روغن در ماده خشک (۳۷/۶۷ درصد) در رقم روغنی در کم آبیاری مداوم مشاهده شد. همچنین در این رقم در تیمار کم آبیاری مداوم عملکرد روغن در هکتار در مقایسه با تیمارهای آبیاری کامل و کم آبیاری تنظیم شده افزایش یافت. در رقم آمفی‌سیس، عملکرد روغن در تیمار کم آبیاری تنظیم شده با تیمار آبیاری کامل اختلاف معنی‌داری نداشت. به‌طور کلی واکنش هر سه رقم به تیمارهای آبیاری متفاوت بود و رقم آمفی‌سیس به‌عنوان رقم برتر تحت تأثیر کم آبیاری تنظیم شده معرفی می‌شود. در رقم پر رشد (میشن) تأثیر کاهش آبیاری شدیدتر مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: رقم‌های روغنی، زیتون، کم آبیاری تنظیم شده، ویژگی‌های کمی و کیفی میوه.

## Effects of deficit irrigation on vegetative growth, yield and fruit quality in three olive oil cultivars

Rahmat-Alah Gholami<sup>1</sup>, Hassan Sarikhani<sup>2\*</sup> and Isa Arji<sup>3</sup>

1, 2. Ph. D. Student and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

3. Associate Professor, Research Center of Agriculture and Natural Resources of Kermanshah, Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Kermanshah, Iran

(Received: Oct. 28, 2015 - Accepted: Dec. 28, 2015)

### ABSTRACT

Current research was carried out to determine the effect of deficit irrigation on vegetative and reproductive characteristics of 14 years old olive oil cultivars named 'Roughani', 'Amphisis' and 'Mission' in Dallaho Olive Research Station of Sarepole Zehab under three irrigation regimes during 2014. Irrigation treatments were included 100 % ETp irrigation (control), deficit irrigation 60 % ETp during the growing season (continuous deficit irrigation) and regulated deficit irrigation (deficit irrigation 60 % ETp during the growing season plus no irrigation during periods of pit hardening and color change). Results indicated lower growth in deficit irrigation treatment. However, higher fruit weight, fruit length, pulp fresh and dry weight, fruit moisture percentage, pit dry weight and pit length were obtained in regulated deficit irrigation treatment in compared to continuous deficit irrigation. There were no significant differences between treatments for pulp/pit dry weight ratio, pulp percentage and dry and oil content in fresh weight. Oil percentage in dry matter was significantly different between irrigation treatments, where the highest oil percentage in dry matter (38.67%) was found in Roughani cultivar under continuous deficit irrigation. Also, this cultivar had the higher oil yield in hectare in comparison to those of 100 % ETp irrigation and regulated deficit irrigation. In 'Amphisis' cultivar, there was no significant difference in oil yield between 100 % ETp and regulated deficit irrigation treatments. Generally, there were different responses between cultivars to irrigation treatment and cv. Amphissis can be introduced as tolerant cultivar under regulated deficit irrigation. Vigorous cultivar (Mission) was more affected under deficit irrigation.

**Keywords:** Fruit quality and quantity characteristics, olive, regulated deficit irrigation.

### مقدمه

زیتون (*Olea europaea* L.) درختی همیشه‌سبز و مقاوم به خشکی است (Bacelaret *et al.*, 2006) که به‌عنوان یکی از مهم‌ترین میوه‌های منطقه مدیترانه به شمار می‌آید و اغلب برای تهیه کنسرو و روغن در مناطقی با محدودیت منابع آبی کشت می‌شود (Tognetti *et al.*, 2006). به دلیل وجود شرایط مناسب برای پرورش زیتون و نیاز کشور به تولید روغن، افزایش تولید این محصول از نظر اقتصادی اهمیت زیادی دارد. با توجه به خطر جدی خشکی و کمبود آب، تأمین آب مورد نیاز درختان یکی از محدودیت‌های اصلی برای توسعه کشت زیتون است که در چند سال اخیر، استفاده از روش‌های مناسب در بهره‌برداری بهینه از منابع آبی مانند استفاده از رقم‌های مقاوم (Arzani & Arji, 2000)، تعیین زمان‌های بحرانی آبیاری (Motilva *et al.*, 2000)، استفاده از خاکپوش یا مالچ (Calatrava & Franco, 2011) و استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد کاهش‌دهنده تعرق (Elhami *et al.*, 2015) برای صرفه‌جویی در مصرف آب مورد توجه قرار گرفته است. در این بین، راهبرد (استراتژی) کم آبیاری یک راه‌حل مناسب در باغبانی بوده تا کارایی مصرف آب را بهبود بخشد. در این روش آبیاری بر پایه حفظ وضعیت آبی درون گیاه با توجه به بیشینه پتانسیل آب در مراحل ویژه‌ای از چرخه گیاه به‌ویژه در هنگامی که رشد میوه کمترین حساسیت را به تنش خشکی دارد، انجام می‌شود (Dell'Amico *et al.*, 2012; Rapoport *et al.*, 2009).

روش کم آبیاری در شرایط محدودیت آب و با ایجاد دوره‌های کم آبیاری در مراحل پدیدشناسی (فنولوژیکی) انتخاب‌شده می‌تواند منجر به کاهش میزان رشد رویشی، بهبود ویژگی‌های میوه و درآمد اقتصادی در مقایسه با بیشینه تولید بر پایه میزان تولید بر واحد آب مصرفی شود (Tognetti *et al.*, 2006). اگرچه کاهش آبیاری منجر به کاهش رشد و عملکرد کل گیاه می‌شود اما در مناطقی با محدودیت منابع آبی کاهش آب مصرفی، کاهش رشد رویشی و کاهش رشد زایشی، ایجاد تاج مناسب و کاهش

هزینه‌های مربوط به نگهداری باغ از برتری و سودمندی‌های کم آبیاری تنظیم‌شده است (Moriana *et al.*, 2012; Costa *et al.*, 2009). آبیاری منظم و کافی می‌تواند به‌طور مشخصی رشد درخت، اندازه و حجم میوه و همچنین وزن تر بخش گوشتی میوه را افزایش دهد و در نهایت منجر به افزایش عملکرد در واحد سطح شود (Iniesta *et al.*, 2009; Tognetti *et al.*, 2006; Rapoport *et al.*, 2004; Moriana *et al.*, 1991; Lavee *et al.*, 2003). Rapoport *et al.* (2004) گزارش کردند که با کاهش آبیاری در آغاز رشد میوه، وزن و حجم میوه کاهش شدیدی پیدا کرد. اما در برابر نسبت وزن خشک به وزن تر میانبر (مزوکارپ) میوه افزایش یافت. در رقم‌های روغنی به دلیل اهمیت بیشتر محتوا و کیفیت روغن، این موضوع تا اندازه‌ای متفاوت است. میزان آبی که به درختان زیتون در مراحل مختلف رشدی داده می‌شود می‌تواند روی میزان روغن و ویژگی‌های کیفی آن مؤثر باشد (Grattan *et al.*, 2006; Rosecrance *et al.*, 2015). Tognetti *et al.* (2007) و Berenguer *et al.* (2006) با بررسی هفت رژیم مختلف آبیاری بر پایه تبخیر و تعرق در رقم آریکین I-18، مشاهده کردند که با کاهش میزان آبیاری شاخص بلوغ افزایش یافت. همچنین درصد روغن و کیفیت روغن تحت تأثیر رژیم آبیاری قرار گرفت و بهترین شرایط آبیاری برای تولید روغن مطلوب با کیفیت خوب ۳۳ تا ۴۰ درصد تبخیر و تعرق گزارش شد. Rosecrance *et al.* (2015) در باغ‌های متراکم زیتون رقم آریکین مشاهده کردند که کم آبیاری رشد رویشی، قطر تنه درخت و رشد شاخساره را کاهش داد و رشد فشرده‌تر درختان را ایجاد کرد. اما از نظر عملکرد کل میوه و میزان روغن نتایج متفاوتی در سال‌های مختلف مشاهده کردند. در شرایط ایران نیز Nikbakht *et al.* (2011) با بررسی تأثیر تیمارهای مختلف کم آبیاری مداوم روی رقم کرونائیکی در منطقه طارم استان زنجان مشاهده کردند که در تیمارهای کم آبیاری ملایم درصد روغن افزایش یافت.

تاکنون پژوهش‌های بسیاری در مورد تأثیر تیمارهای خشکی و کم آبیاری بر رشد رویشی گیاهان

آبیاری تنظیم شده (آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی به همراه عدم آبیاری در طول مدت سخت شدن هسته و تغییر رنگ میوه) طی کل فصل با سیستم آبیاری قطره‌ای قرار گرفتند که برای تسهیل در نام بردن تیمارهای آبیاری به ترتیب تیمار آبیاری کامل، کم آبیاری مداوم و کم آبیاری تنظیم شده نام برده می‌شود. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و دو عامل (رقم‌های زیتون و رژیم‌های آبیاری) انجام شد. درختان به فاصله ۶×۶ کشت شده بودند و هر واحد آزمایشی شامل دو درخت بود. با استفاده از داده‌های روزانه هواشناسی ایستگاه همدید (سینوپتیک) سرپل ذهاب و با استفاده از معادله پنمن مانیتث (نرم‌افزار ETo calculator)، تبخیر و تعرق بالقوه و نیاز آبی درختان از اوایل اردیبهشت‌ماه (هنگام توقف بارندگی) تا اوایل آبان ماه (هنگام آغاز دوباره بارندگی) محاسبه شد و بر پایه آن حجم آب آبیاری مورد نیاز بر پایه تبخیر و تعرق در سال ۱۳۹۳ محاسبه شد. همچنین زمان سخت شدن هسته و تغییر رنگ میوه و حجم آب کسر شده در رقم‌های زیتون در تیمار کم آبیاری تنظیم شده در جدول ۱ آورده شده است. آبیاری هر سه روز یکبار با اندازه‌گیری تبخیر و تعرق روزانه و حجم آب مورد نیاز با در نظر گرفتن ضریب‌های گیاهی زیتون (FAO, 2008) و به روش آبیاری قطره‌ای انجام گرفت. روی هر ردیف نیز یک کنتور حجمی برای برآورد حجم آب مورد استفاده درختان تعبیه شد. عملیات مراقبت و نگهداری از درختان به‌طور یکسان در همه تیمارها اعمال شد.

زیتون به صورت گلدانی در مورد گیاهان یک تا چند ساله زیتون صورت گرفته است. لذا با توجه به کشت زیتون در شرایط آب و هوایی مختلف و نقاط مختلف کشور و تهدید خشکی و کم‌آبی ضروری است این موضوع روی درختان بارور در مناطق مختلف کشور بررسی شد. در ایران تنها پژوهش‌های اندکی روی کم آبیاری درختان بالغ و بارده رقم‌های زیتون صورت گرفته است (Nikbakht *et al.*, 2011) و شرایط آب و هوایی و واکنش رقم‌ها به این شرایط متفاوت است، از این رو این پژوهش با هدف بررسی و مقایسه تیمارهای کم آبیاری تنظیم شده و آبیاری کم بر ویژگی‌های رشدی و زایشی سه رقم زیتون در شرایط آب و هوایی استان کرمانشاه صورت گرفته است.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات زیتون دالاهو (طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۵۷۰ متر) واقع در استان کرمانشاه، در سال زراعی ۱۳۹۳ انجام گرفت. خاک و آب محل آزمایش تجزیه شد. نتایج آزمایش نشان داد بافت خاک لومی شنی با pH ۷/۵ و آب دارای هدایت الکتریکی ۵۵۰ میلی‌موس بر سانتی‌متر و pH ۷/۳ مشخص و اندازه‌گیری شد.

مواد آزمایشی این پژوهش درختان ۱۴ ساله سه رقم از رقم‌های روغنی زیتون به نام‌های روغنی، آملی‌سیس و میشن بودند که تحت سه رژیم آبیاری شامل آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد (شاهد)، آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی (کم آبیاری مداوم) و کم

جدول ۱. زمان و دوره سخت شدن هسته و تغییر رنگ میوه و حجم آب داده نشده در رقم‌های زیتون در تیمار کم آبیاری تنظیم شده

Table 1. Time and duration of pit hardening and fruit color change, and volume of water saved in olive cultivars under regulated deficit irrigation

Cultivar	Beginning of pit hardening	Duration of pit hardening (day)	Volume of water saved /tree (liter)	Beginning of color change	Duration of color change (day)	Volume of water saved /tree (liter)
Roughani	25 May, 2014	25	1874	3 Sept, 2014	13	870
Amphisis	28 May, 2014	33	2838	24 Sept, 2014	15	683
Mission	26 May, 2014	22	1626	26 Sept, 2014	16	731

در ماده خشک استفاده می‌شود. میوه‌های برداشت‌شده از هر درخت برای تعیین میزان عملکرد میوه در هر درخت استفاده شد.

تجزیه آماری داده‌ها به روش مدل خطی عمومی (GLM) به کمک نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱ کارولینای شمالی) و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

## نتایج و بحث

### رشد شاخه سال جاری

تأثیر رقم و اثر متقابل رقم و رژیم آبیاری بر طول و قطر شاخه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد و تأثیر رژیم آبیاری تنها بر طول شاخه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. بیشترین میزان رشد طولی شاخه سال جاری (۱۹/۴۵ سانتی‌متر) در رقم میشن تحت تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری مشاهده شد و رقم آمفی‌سیس در تیمار کم آبیاری مداوم، آمفی‌سیس در تیمار کم آبیاری تنظیم‌شده و نیز رقم روغنی در تیمار کم آبیاری تنظیم‌شده با کمترین طول شاخه سال جاری در یک سطح قرار گرفتند. بیشترین میزان قطر شاخه سال جاری (۰/۳۳ سانتی‌متر) در رقم روغنی و تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری مشاهده شد، در حالی که کمترین میزان (۰/۱۸ سانتی‌متر) مربوط به رقم آمفی‌سیس در تیمار کم آبیاری تنظیم‌شده و رقم آمفی‌سیس در تیمار کم آبیاری مداوم (۰/۱۶ سانتی‌متر) به دست آمد (جدول ۲).

صفات رویشی (I.O.O.C, 2002a) و زایشی (I.O.O.C, 2002b) در رقم‌های زیتون با استفاده از شاخص‌های ارزیابی و تمایز زیتون اندازه‌گیری شد. پس از جداسازی تصادفی چهل عدد میوه از هر واحد آزمایشی، طول و قطر آن‌ها با کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین میزان گوشت و هسته با استفاده از چاقو، گوشت از هسته جدا و پس از توزین برای محاسبه وزن خشک و درصد ماده خشک میوه‌ها و نمونه‌های گوشت و هسته در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس تا ثابت شدن وزن خشک آن‌ها نگه داشته شدند.

درصد روغن با دستگاه سوکسله و با استفاده از حلال دی‌اتیل‌تر استیتر استخراج و اندازه‌گیری شد (I.O.O.C, 2002b). به این منظور میزان ۲ گرم از نمونه‌های خشک‌شده میوه (گوشت و هسته) در دستگاه سوکسله قرار داده و از دی‌اتیل‌تر برای استخراج روغن استفاده شد. پس از پنج تا شش ساعت دستگاه خاموش و به منظور خشک‌کردن، نمونه‌ها به آون منتقل و پس از خشک شدن اقدام به توزین دوباره شد و از راه کسر ایجادشده درصد روغن برحسب وزن خشک تعیین شد. از آنجایی که تعیین میزان روغن به‌طور معمول از میوه خشک‌شده به دست می‌آید، لذا با سوکسله درصد روغن در ماده خشک مشخص می‌شود. برای تعیین درصد روغن در ماده تر از حاصل ضرب درصد ماده خشک میوه در درصد روغن

جدول ۲. اثر متقابل رقم و رژیم آبیاری بر صفات شاخه سال جاری و عملکرد درخت زیتون

Table 2. Interaction effects of cultivar and irrigation regimes on properties of current season shoot and tree yield of olive

Cultivar	Irrigation treatment	Length of current season shoot (cm)	Diameter of current season shoot (cm)	Fruit yield /tree (Kg/tree)	Pulp fresh weight (g)
Roughani	Full irrigation	16.00 <sup>bc</sup>	0.33 <sup>a</sup>	9.07 <sup>ef</sup>	2.62 <sup>a</sup>
	Continuous deficit irrigation	12.76 <sup>e</sup>	0.28 <sup>bc</sup>	6.80 <sup>f</sup>	2.29 <sup>bc</sup>
	Regulated deficit irrigation	15.58 <sup>c</sup>	0.30 <sup>b</sup>	7.25 <sup>ef</sup>	2.00 <sup>d</sup>
Amphisis	Full irrigation	13.63 <sup>d</sup>	0.27 <sup>c</sup>	24.53 <sup>b</sup>	2.46 <sup>ab</sup>
	Continuous deficit irrigation	12.63 <sup>c</sup>	0.18 <sup>e</sup>	15.52 <sup>c</sup>	1.80 <sup>e</sup>
	Regulated deficit irrigation	12.96 <sup>e</sup>	0.16 <sup>e</sup>	7.89 <sup>ef</sup>	1.53 <sup>f</sup>
Mission	Full irrigation	19.45 <sup>a</sup>	0.28 <sup>bc</sup>	30.24 <sup>a</sup>	2.29 <sup>bc</sup>
	Continuous deficit irrigation	17.15 <sup>b</sup>	0.27 <sup>c</sup>	11.39 <sup>de</sup>	2.25 <sup>c</sup>
	Regulated deficit irrigation	14.91 <sup>cd</sup>	0.22 <sup>d</sup>	12.60 <sup>d</sup>	1.71 <sup>e</sup>

حرف‌های مشترک در هر ستون نشان‌دهنده نداشتن تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

Same letter in each column are not significantly different at 5% probability level by Duncan's multiple range test.

رقم بر وزن خشک گوشت، درصد ماده خشک گوشت، درصد گوشت میوه و نسبت وزن خشک گوشت به هسته در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. تأثیر رژیم آبیاری در سطح ۵ درصد بر وزن خشک گوشت و در سطح ۱ درصد بر درصد ماده خشک گوشت معنی‌دار شد. بیشترین وزن تر گوشت (۲/۶۲ گرم) در رقم روغنی تحت تیمار آبیاری کامل و کمترین میزان آن (۱/۵۳ گرم) مربوط به رقم آملی‌سیس تحت کم آبیاری مداوم بود (جدول ۲).

در بین رقم‌ها، رقم روغنی بیشترین میزان وزن خشک گوشت، درصد ماده خشک گوشت، درصد گوشت میوه و نسبت وزن خشک گوشت به هسته و رقم میشن کمترین وزن خشک گوشت، درصد ماده خشک گوشت و نسبت وزن خشک گوشت به هسته را داشت. با این حال از نظر درصد گوشت میوه اختلاف معنی‌داری بین رقم میشن و روغنی مشاهده نشد. بین رژیم‌های آبیاری، بیشترین وزن گوشت میوه (۰/۶۸ گرم) در تیمار آبیاری کامل مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار آبیاری تنظیم‌شده نداشت و در تیمار کم آبیاری مداوم کمترین وزن گوشت (۰/۵۵ گرم) مشاهده شد. بیشترین درصد ماده خشک (۴۶/۰۸ درصد) در تیمار کم آبیاری مداوم مشاهده شد و پس از آن تیمار کم آبیاری تنظیم‌شده قرار گرفت و کمترین درصد ماده خشک در تیمار آبیاری کامل مشاهده شد (جدول ۴). اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر صفات‌های وزن خشک گوشت میوه، درصد ماده خشک، درصد گوشت و نسبت وزن خشک گوشت به هسته معنی‌دار نشد.

#### ویژگی‌های هسته

تأثیر رژیم آبیاری بر وزن تر، وزن خشک، طول و قطر هسته در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. اما تأثیر ساده رقم و اثر متقابل رقم و رژیم آبیاری بر صفات وزن تر، وزن خشک و قطر هسته معنی‌دار نشد. در حالی که تأثیر رقم بر طول هسته در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد اثر متقابل رقم و رژیم آبیاری بر طول هسته معنی‌دار نشد. بین سه رقم مورد بررسی، بیشترین

#### عملکرد و اندازه میوه

تأثیر رقم، رژیم آبیاری و اثر متقابل رقم و رژیم آبیاری بر عملکرد میوه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. بیشترین میزان عملکرد میوه در رقم میشن و تیمار آبیاری کامل مشاهده شد و رقم آملی‌سیس با آبیاری کامل پس از آن قرار گرفت. در برابر کمترین میزان (۶/۸۰ کیلوگرم در درخت) عملکرد میوه در رقم روغنی و تیمار کم آبیاری تنظیم‌شده مشاهده شد (جدول ۲).

تأثیر رقم بر وزن میوه در سطح ۵ درصد، تأثیر رژیم آبیاری بر وزن میوه در سطح ۱ درصد و تأثیر رژیم آبیاری و تأثیر رقم بر طول میوه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. اما اثر متقابل آن‌ها بر وزن و طول میوه معنی‌دار نشد. همچنین تأثیر رقم، رژیم آبیاری و اثر متقابل آن‌ها بر قطر میوه معنی‌دار نشد. در بین رقم‌های زیتون مورد بررسی بیشترین وزن و طول میوه در رقم روغنی با وزن میوه ۲/۹۸ گرم مشاهده شد و رقم‌های آملی‌سیس و میشن با وزن و طول کمتر میوه در یک سطح قرار گرفتند. بیشترین وزن و طول میوه در تیمار آبیاری کامل مشاهده شد. در تیمار آبیاری تنظیم‌شده در مقایسه با آبیاری کامل، وزن و طول میوه کاهش یافت و کمترین وزن و طول میوه در تیمار کم آبیاری مداوم مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۳. اثر رقم و رژیم آبیاری بر صفات وزن میوه و طول

میوه زیتون

Table 3. Effect of cultivar and irrigation regime on fruit weight and fruit length of olive

Cultivar	Fruit weight (g)	Fruit length (cm)
	Roughani	2.98 <sup>a</sup>
Amphisis	2.63 <sup>b</sup>	2.09 <sup>b</sup>
Mission	2.76 <sup>b</sup>	2.09 <sup>b</sup>
Irrigation treatment		
Full irrigation	3.25 <sup>a</sup>	2.31 <sup>a</sup>
Continuous deficit irrigation	2.78 <sup>b</sup>	2.10 <sup>b</sup>
Regulated deficit irrigation	2.34 <sup>c</sup>	2.00 <sup>c</sup>

حرف‌های مشترک در هر ستون و تیمار نشان‌دهنده نداشتن تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن است. Same letter in each column and treatment are not significantly different at 5% probability level by Duncan's multiple range test.

#### ویژگی‌های میوه

تأثیر رقم، رژیم آبیاری و اثر متقابل رقم و رژیم آبیاری بر وزن تر گوشت در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. تأثیر

طول هسته (۱/۶۴ سانتی‌متر) در رقم روغنی مشاهده شد و بین دو رقم دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بین رژیم‌های آبیاری، بیشترین وزن تر هسته (۰/۷۹ گرم)، وزن خشک (۰/۵۶ گرم)، طول هسته (۱/۶۹ سانتی‌متر) و قطر (۰/۸۳ سانتی‌متر) در تیمار آبیاری کامل مشاهده شد. در صفات وزن تر و قطر هسته اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای کم آبیاری تنظیم‌شده و کم آبیاری مداوم مشاهده نشد. در صفات وزن خشک و طول هسته، کمترین میزان در تیمار کم آبیاری مداوم مشاهده شد (جدول ۵).

جدول ۴. اثر رقم و رژیم آبیاری بر صفات وزن گوشت میوه و نسبت وزن خشک گوشت به هسته زیتون

Table 4. Effect of cultivar and irrigation regime on pulp weight and pulp / pit dry weight ratio of olive

	Pulp fresh weight (g)	Dry matter percentage	Pulp percentage	Pulp / pit dry weight ratio
<b>Cultivar</b>				
Roughani	0.84a	48.73a	76.93a	1.73a
Amphisis	0.57b	45.18b	72.97b	1.14b
Mission	0.46c	34.77c	75.43a	0.96c
<b>Irrigation treatment</b>				
Full irrigation	0.68a	39.77a	75.35a	1.19a
Continuous deficit irrigation	0.63ab	42.82b	75.79a	1.33a
Regulated deficit irrigation	0.55b	46.08a	74.19a	1.30a

حرف‌های مشترک در هر ستون و تیمار نشان‌دهنده نداشتن تفاوت معنی‌دار با هم در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن است. Same letter in each column and treatment are not significantly different at 5% probability level by Duncan's multiple range test.

جدول ۵. اثر رقم و رژیم آبیاری بر ویژگی‌های هسته و درصد روغن در ماده تر زیتون

Table 5. Effect of cultivar and irrigation regime on pit properties and oil percentage in fresh weight of olive

	Pit fresh weight (g)	Pit dry weight (g)	Pit length (cm)	Pit diameter (cm)	Oil percentage in fresh weight
<b>Cultivar</b>					
Roughani	0.66 <sup>a</sup>	0.49 <sup>a</sup>	1.64 <sup>a</sup>	0.78 <sup>a</sup>	17.19 <sup>a</sup>
Amphisis	0.70 <sup>a</sup>	0.50 <sup>a</sup>	1.55 <sup>b</sup>	0.79 <sup>a</sup>	14.52 <sup>b</sup>
Mission	0.67 <sup>a</sup>	0.47 <sup>a</sup>	1.56 <sup>b</sup>	0.77 <sup>a</sup>	7.24 <sup>c</sup>
<b>Irrigation treatment</b>					
Full irrigation	0.79 <sup>a</sup>	0.56 <sup>a</sup>	1.69 <sup>a</sup>	0.83 <sup>a</sup>	12.20 <sup>a</sup>
Continuous deficit irrigation	0.66 <sup>b</sup>	0.47 <sup>b</sup>	1.57 <sup>b</sup>	0.77 <sup>b</sup>	13.41 <sup>a</sup>
Regulated deficit irrigation	0.60 <sup>b</sup>	0.42 <sup>c</sup>	1.48 <sup>c</sup>	0.75 <sup>b</sup>	13.33 <sup>a</sup>

حرف‌های مشترک در هر ستون و تیمار نشان‌دهنده نداشتن تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن است. Same letter in each column and treatment are not significantly different at 5% probability level by Duncan's multiple range test.

## محتوای روغن

درصد روغن (۳۷/۶۷ درصد) در رقم روغنی تحت تیمار کم آبیاری مداوم مشاهده شد. در همه رقم‌ها با اعمال کم آبیاری درصد روغن در ماده خشک افزایش معنی‌دار در مقایسه با تیمار آبیاری کامل نشان دادند. عملکرد روغن در هکتار تحت تأثیر اثر متقابل رقم و تیمارهای آبیاری معنی‌دار بود (جدول ۶). بیشترین میزان عملکرد روغن در هکتار مربوط به رقم آمفی‌سیس تحت آبیاری کامل مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری را با رقم آمفی‌سیس در تیمار کم آبیاری تنظیم‌شده نداشت. کمترین میزان عملکرد روغن در هکتار مربوط به رقم روغنی در تیمارهای آبیاری کامل و آبیاری تنظیم‌شده مشاهده شد (جدول ۶).

تأثیر رقم بر درصد وزنی روغن در ماده تر، درصد وزنی روغن در ماده خشک، عملکرد روغن و همچنین تأثیر رژیم آبیاری و اثر متقابل رقم و رژیم آبیاری بر درصد روغن در ماده خشک و عملکرد روغن در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. اما تأثیر رژیم آبیاری و اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر درصد روغن در ماده تر معنی‌دار نشد. بالاترین درصد روغن در وزن تر (۱۷/۱۹ درصد) در رقم روغنی و کمترین آن (۷/۲۴ درصد) در رقم میسن مشاهده شد (جدول ۵). از لحاظ درصد روغن در ماده خشک بین اثر متقابل رقم در تیمار آبیاری تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. به طوری که بیشترین

جدول ۶. اثر متقابل رقم و رژیم آبیاری بر درصد روغن در ماده خشک و عملکرد روغن زیتون

Table 6. Interaction effects of cultivar and irrigation regimes on oil percentage in dry matter and oil yield of olive

Cultivar	Irrigation treatment	Oil percentage in dry matter	Oil yield (Kg/ha)
Roughani	Full irrigation	20.00d	206.46d
	Continuous deficit irrigation	28.67c	185.83d
	Regulated deficit irrigation	37.67a	298.57c
Amphisis	Full irrigation	22.83d	511.91a
	Continuous deficit irrigation	35.17ab	498.95a
	Regulated deficit irrigation	35.67ab	257.26c
Mission	Full irrigation	19.50d	416.52b
	Continuous deficit irrigation	35.17ab	282.95c
	Regulated deficit irrigation	33.00b	293.70c

حرف‌های مشترک در هر ستون و تیمار نشان‌دهنده نداشتن تفاوت معنی‌دار با هم در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن است.

Same letter in each column are not significantly different at 5% probability level by Duncan's multiple range test.

تأثیر کم آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) در درختان زیتون رقم کورنیکابرا باعث کاهش رشد بر پایه شدت کم آبیاری شد و آن‌ها در حالت تنش شدید خشکی، کاهش شدیدی در نورساخت گزارش کردند. همچنین در پژوهشی که توسط Toplu *et al.* (2009) انجام شد مشاهده شد که تیمارهای آبیاری ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی در مقایسه با تیمار بدون آبیاری به ترتیب منجر به افزایش ۸ و ۱۴ درصدی سطح مقطع تنه درختان زیتون رقم چملیک شد. به‌طور کلی افزایش در میزان آب مصرفی منجر به افزایش رشد رویشی درختان زیتون می‌شود.

زمان کاهش آبیاری و چگونگی اعمال تیمارها کم آبیاری می‌تواند روی رشد و نمو میوه تأثیر زیادی داشته باشد. مشخص شده است که کاهش آبیاری در آغاز رشد که بیشتر در تیمارهای کم آبیاری مداوم اعمال می‌شود سبب کاهش شدید در وزن و حجم میوه می‌شود (Rapoport *et al.*, 2004). این موضوع می‌تواند به منحنی رشدی میوه زیتون که به‌صورت سیگموئید دوگانه با رشد تند در مراحل آغازین ارتباط داشته باشد (Lavee & Wodner, 1991). در این پژوهش ویژگی‌های میوه و هسته در تیمار کم آبیاری مداوم بیشتر کاهش یافت که بخشی از این کاهش رشد می‌تواند به زمان زودتر آغاز اعمال این تیمار در مقایسه با تیمار کم آبیاری تنظیم‌شده ارتباط داشته باشد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده ویژگی‌های میوه اندازه‌گیری‌شده در سه رقم زیتون با میزان آب آبیاری ارتباط داشته و این افزایش در میزان رشد اندام‌های

رشد رویشی در زیتون وابسته به نوع رقم، شرایط محیطی و اثر متقابل آن‌ها است (Tognetti *et al.*, 2006). تنش خشکی سبب کاهش محتوای آب و پتانسیل آن در بافت‌های مختلف گیاه می‌شود که این موضوع سبب کاهش رشد تاج‌پوشش خواهد شد. مشخص شده است که کاهش میزان آبیاری سبب کاهش نورساخت (فتوسنتز) خالص شده و از این راه سبب کاهش رشد در بخش‌های مختلف گیاه می‌شود (Ben Ahmed *et al.*, 2007). کاهش محتوای آب گیاه همچنین سبب تغییر مسیر حرکت مواد فراوری‌شده گردیده و نسبت ریشه به برگ در مقایسه با گیاهی که در شرایط طبیعی رشد کرده، افزایش می‌یابد (Sofa *et al.*, 2008). بنابراین در این شرایط رشد گیاه و همچنین میوه کاهش می‌یابد. در این پژوهش نیز در هر سه رقم مورد بررسی در شرایط کم آبیاری کاهش رشد رویشی در طول و قطر شاخه سال جاری مشاهده شد که این موضوع با نتایج پژوهش‌های پیشین همخوانی دارد (Toplu *et al.*, 2009; Iniesta *et al.*, 2009; Rosecrance *et al.*, 2015). واکنش رقم‌های مختلف نسبت به تنش خشکی و کم آبیاری متفاوت است (Tognetti *et al.*, 2006; Di Vaio *et al.*, 2013). در این پژوهش و در شرایط آب و هوایی منطقه سرپل‌دهاب، مشخص شد که رقم میشن رقمی پر رشدتر و با عملکرد میوه بالاتری در مقایسه با دو رقم دیگر است. تنش خشکی در این رقم باعث کاهش شدید رشد و به دنبال آن کاهش شدید عملکرد شد. نتایج پژوهش Perez-Lopez *et al.* (2007) نشان داد،

مختلف به علت آب کافی برای رشد و تقسیم یاخته‌ها است. به عبارتی گیاهانی که تحت تنش آبی قرار می‌گیرند به علت کاهش تورم (تورژانس) یاخته‌ای و نبود آب کافی برای رشد و تقسیم یاخته‌ها، میزان رشد و نمو اندام‌های مختلف در آن‌ها کاهش می‌یابد (Inglese *et al.*, 1996). در این پژوهش میوه و ابعاد آن افزون بر ژنوتیپ، تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند که در آزمایش‌های پیشین نیز این موضوع به اثبات رسیده است (Toplu *et al.*, 2009 & 2010; Nikbakht *et al.*, 2011; Berenguer *et al.*, 2006). در آزمایش روی رقم زیتون چملیک گزارش شده است که آبیاری ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی در مقایسه با تیمار بدون آبیاری سبب افزایش معنی‌دار وزن میوه، قطر میوه و نسبت گوشت به هسته شده است (Toplu *et al.*, 2009).

افزایش درصد ماده خشک در تیمارهای کم آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل نیز می‌تواند به محتوای آب در یاخته‌ها ارتباط داشته باشد (Sofa *et al.*, 2008). گیاهان مختلف سازوکارهای متفاوتی مانند تغییر در محتوای ترکیب‌های فیتوشیمیایی درون یاخته‌ها را برای ایجاد مقاومت به خشکی دارند (Boughalleb & Mhamdi, 2011). بین سه رقم مورد بررسی از لحاظ ویژگی‌های رشدی، میوه و هسته و همچنین روغن اختلاف معنی‌داری وجود دارد که این موضوع سبب واکنش متفاوت این رقم‌های به تیمارهای آبیاری شده است. بااینکه در تیمار کم آبیاری تنظیم‌شده، بخشی از کم آبیاری در زمان سخت شدن هسته انجام شده است، اما اختلاف زیادی در وزن تر و قطر هسته بین این تیمار و تیمار کم آبیاری مداوم مشاهده نشد. افزون بر این وزن خشک هسته و طول هسته در تیمار آبیاری تنظیم‌شده بالاتر از تیمار کم آبیاری مداوم بود. این موضوع می‌تواند تأییدکننده نیاز آبی اندک گیاه زیتون در مرحله سخت شدن هسته باشد که برای تأیید نهایی نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد.

دو رقم روغنی و آمفی‌سیس از جمله رقم‌هایی هستند که روغن بالاتری را تولید می‌کنند و بیشتر با هدف تولید روغن کشت می‌شوند. اما رقم میشن رقمی

است که در عرف با هر دو هدف تهیه روغن و کنسرو کشت می‌شود (Arji *et al.*, 2013). تولید و تجمع روغن در زیتون بیشتر در انتهای دوره رشد میوه صورت می‌گیرد (Inglese *et al.*, 1996) و شرایط رشدی گیاه در این مرحله می‌تواند روی این موضوع مؤثر باشد (Motilva *et al.*, 2000). از آنجایی که در شرایط آب و هوایی سرپل ذهاب میزان دما در طی ماه‌های گرم سال به بیش از ۴۰ درجه سلسیوس و همچنین درصد رطوبت نسبی به مقادیر کمتر از ۳۰ درصد می‌رسد لذا نورساخت به میزان کافی صورت نگرفته و در نتیجه میزان روغن تولیدی در این شرایط کمتر خواهد بود (Arji, 2015). نتایج این پژوهش واکنش متفاوت رقم‌ها به تیمارهای آبیاری برای تولید روغن را نشان داد. به طوری که در رقم روغنی واکنش بهتری در شرایط کم آبیاری مداوم مشاهده شد. اما در رقم آمفی‌سیس تیمار کم آبیاری تنظیم‌شده نسبت به تیمار کم آبیاری مداوم عملکرد روغن بیشتری مشاهده شد. از آنجایی که رقم‌های مختلف زیتون نسبت به آبیاری و همچنین دیگر عامل‌های مدیریتی پاسخ‌های متفاوت دارند لذا در این پژوهش تفاوت چشمگیری در واکنش رقم‌ها نسبت به کم آبیاری مشاهده شد که احتمال دارد به مقاومت آن‌ها در ارتباط باشد. رقم روغنی یک رقم ایرانی بوده و به احتمال بیشتر به تنش‌های محیطی سازگار است.

نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که آبیاری تکمیلی در درختان زیتون منجر به افزایش رشد شاخه، حجم تاج‌پوشش یا سایه‌سار و قطر تنه و بهبود عملکرد و کیفیت میوه می‌شود، اگرچه در میزان روغن و کیفیت آن اثرگذاری کمتر و یا بدون اثر بوده است (Perez-Lopez *et al.*, 2007; Grattan *et al.*, 2006). آزمایشی روی زیتون رقم کرونائیکی در ایستگاه پژوهشی طارم زنجان با اعمال چهار سطح آبیاری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به انجام رسید. کم آبیاری از آغاز آبیاری تا پایان فصل آبیاری به اجرا در آمد. نتایج نشان داد که درصد روغن تحت تیمار آبیاری ۷۵ درصد تبخیر و تعرق بالاتر بود و پس از آن تیمار ۵۰ درصد بالاترین میزان روغن داشت (Nikbakht *et al.*, 2011).



### نتیجه‌گیری کلی

بر پایه نتایج به‌دست‌آمده می‌توان چنین نتیجه گرفت، رقم‌های روغنی زیتون مورد آزمایش واکنش‌های متفاوتی نسبت به رژیم‌های آبیاری داشتند. هدف از این پژوهش بررسی اثرگذاری کم آبیاری تنظیم‌شده روی سه رقم روغنی زیتون و یافتن رقم‌های دارای قابلیت بالاتر از نظر رشد رویشی و باردهی بود. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که رقم‌های آمفی‌سیس و میشن از نظر میزان عملکرد میوه و روغن وضعیت مناسبی داشتند. با توجه به حجم کل آب مصرفی در طول مدت آزمایش بر پایه تبخیر و تعرق (مترمکعب در هکتار) که در تیمار آبیاری کامل معادل ۵۶۶۲ مترمکعب در هکتار و در تیمار کم آبیاری مداوم معادل ۳۳۹۷ مترمکعب در هکتار بود در تیمار کم آبیاری تنظیم‌شده و در رقم میشن حجم آب داده نشده در طول مدت سخت شدن هسته و تغییر رنگ میوه، معادل ۶۵۴/۶۶ مترمکعب در هکتار، در رقم آمفی‌سیس معادل ۹۷۸ مترمکعب در هکتار و در رقم روغنی معادل ۷۶۲ مترمکعب در هکتار بود که نسبت به تیمار آبیاری کامل در رقم میشن تا ۱۱/۵۶ درصد، در رقم آمفی‌سیس تا ۱۷/۲۷ درصد و در رقم روغنی حدود ۱۳/۵ درصد در میزان آب آبیاری کشتزارهای زیتون در مصرف آب صرفه‌جویی کرد. در این پژوهش با توجه به اینکه تیمار کم آبیاری تنظیم‌شده نسبت به تیمار کم آبیاری مداوم، باعث صرفه‌جویی در مصرف آب، کاهش میزان رشد و نیز افزایش در وزن میوه، طول و قطر میوه، وزن تر و خشک گوشت شد پس می‌توان با به کار بردن این روش در باغ‌های زیتون با رقم‌های یادشده در میزان آب آبیاری صرفه‌جویی کرد. به‌طورکلی از آنجایی که هدف از پرورش زیتون رقم‌های روغنی تولید روغن است و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از میزان عملکرد روغن در هکتار رقم‌ها و همچنین کاهش در میزان مصرف آب (حدود ۱۷٪)، رقم آمفی‌سیس با بیشترین میزان تولید روغن (۴۹۸ کیلوگرم در هکتار) تحت تیمار کم آبیاری تنظیم‌شده (در طی مرحله سخت شدن و تغییر رنگ) به‌عنوان رقمی مناسب برای کشت در شرایط کم آبیاری تنظیم‌شده در مراحل سخت شدن هسته و تغییر رنگ

با در نظر گرفتن محتوای روغن در ماده خشک در هر سه رقم مورد بررسی به نظر می‌رسد که اعمال تیمارهای کم آبیاری مداوم یا کم آبیاری تنظیم‌شده سبب افزایش درصد روغن می‌شود که این موضوع در پژوهش‌های چندی گزارش شده است (Rosecrance *et al.*, 2015; Toplu *et al.*, 2009; Nikbakht *et al.*, 2011; Grattan *et al.*, 2006; Ramos *et al.*, 2010) اما نتایج این پژوهش نیز با نتایج آن‌ها همخوانی دارد. اما با در نظر گرفتن میزان عملکرد میوه و در نهایت عملکرد کل روغن در هکتار، به دلیل کاهش عملکرد میوه در هکتار در تیمارهای کاهش آبیاری نتایج متفاوتی بین رقم‌های مورد بررسی مشاهده شد. در رقم روغنی اعمال تیمار کم آبیاری مداوم سبب افزایش عملکرد روغن حتی نسبت به تیمار آبیاری کامل شد. اما بین دو تیمار آبیاری کامل و کم آبیاری تنظیم‌شده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در رقم آمفی‌سیس، بین تیمارهای کم آبیاری تنظیم‌شده و آبیاری کامل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در رقم میشن بین تیمارهای کم آبیاری اختلاف معنی‌داری در عملکرد روغن مشاهده نشد و این تیمارها عملکرد روغن کمتری را نسبت به تیمار آبیاری کامل داشتند. نتایج پژوهش Ramos *et al.* (2010) نشان داد، تیمار کم آبیاری در مقایسه با تیمار شاهد (۱۰۰٪ نیاز آبی) منجر به افزایش درصد روغن شد. به‌رغم افزایش در درصد روغن تحت تأثیر کم آبیاری در پژوهش‌های Ramos *et al.* (2010) و Toplu *et al.* (2009) عملکرد روغن در مقایسه با درختان شاهد کاهش یافت که این کاهش در ارتباط با کاهش در عملکرد میوه بود در این پژوهش نیز مشاهده شد. تفاوت در ویژگی‌های ژنتیکی رقم‌ها برای تجمع روغن در مراحل مختلف رشد می‌تواند یکی از دلایل واکنش متفاوت رقم‌ها به کم آبیاری باشد (Tognetti *et al.*, 2006 & 2007; Inglese *et al.*, 1996). اما با توجه به اینکه امروزه کشور ایران با کمبود آب روبه‌رو است لذا کم آبیاری در راستای صرفه‌جویی در آب مصرفی حتی با کاهش عملکرد نهایی مقرون‌به‌صرفه است و آب صرفه‌جویی شده را می‌توان در زمینه‌های دیگر استفاده کرد.

در بین رقم‌ها توصیه می‌شود. همچنین در رقم روغنی  
 مداوم قابل توصیه در این شرایط کم‌آبی برای تولید  
 نیز به دلیل تولید بیشتر روغن در شرایط کم‌آبیاری  
 روغن است.

## REFERENCES

1. Arji, I. (2015). Determining of growth and yield performance in some olive cultivars in warm conditions. *Biological Forum*, 7(1), 1865-1870.
2. Arji, I., Zeinanloo, A. A., Hajiamiri, A. & Najafi, M. (2013). Evaluation on different olive cultivars responses to Sarpole Zehab environmental condition. *Plant Production*, 35, 17-27 (in Farsi)
3. 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.
4. 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*, 170, 596-605.
5. Ben Ahmed, C., Ben Rouina, B. & Boukhris, M. (2007). Effects of water deficit on olive trees cv. Chemlali under field conditions in arid region in Tunisia. *Scientia Horticulturae*, 113, 267-277.
6. Berenguer, M. J., Vossen, P. M., Grattan, S. R., Connell, J. H. & Polito, V. S. (2006). Tree Irrigation levels for optimum chemical and sensory properties of olive oil. *HortScience*, 41(2), 427-432
7. 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.
8. Calatrava, J. & Franco, J. A. (2011). Using pruning residues as mulch: Analysis of its adoption and process of diffusion in Southern Spain olive orchards. *Journal of Environmental Management*, 92(3), 620-629.
9. Costa, J. M., Ortuno, M. F. & Chaves, M. M. (2009). Deficit irrigation as a strategy to save water: Physiology and potential application to horticulture. *Journal of Integrative Plant Biology*, 49(10), 1421-1434.
10. Dell'Amico, J., Moriana, A., Corell, M., Girón, I.F., Morales, D., Torrecillas, A. & Moreno, F. (2012). Low water stress conditions in table olive trees (*Olea europaea* L.) during pit hardening produced a different response of fruit and leaf water relations. *Agricultural Water Management*, 114, 11-17.
11. 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 (cvs, Leccino and Racioppella). *Scientia Horticulturae*, 164, 155-159.
12. 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.
13. Food and Agriculture Organization. (2008). Retrieved: <http://www.fao.org/nr/water/eto.html>.
14. Grattan, S. R., Berenguer, M. J., Connell, G. H., Polito, V. S. & Vossen, P. M. (2006). Olive oil production as influenced by different quantities applied water. *Agricultural Water Management*, 85(1-2), 133-140.
15. I.O.O.C. (2002a). Methodology for the primary characterization of olive varieties. Project on conservation, characterization, collection of genetic resources in olive. *International Olive Oil Council*.
16. I.O.O.C. (2002b). Methodology for the secondary characterization (agronomic, phenological, pomological and oil quality) of olive varieties held in collection. Project on conservation, characterization, collection of genetic resources in olive. *International Olive Oil Council*.
17. Inglese, P., Barone, E. & Gullo, G. (1996). The effect of complementary irrigation on fruit growth, ripening pattern and oil characteristics of olive (*Olea europaea* L.) cv. Carolea. *Journal of Horticultural Science*, 71, 257-263.
18. Iniesta, F., Testi, L., Orgaz, F. & Villalobos, F. J. (2009). The effects of regulated and continuous deficit irrigation on the water use, growth and yield of olive trees. *European Journal of Agronomy*, 30, 258-265.
19. Lavee, S. & Wodner, M. (1991) Factors affecting the nature of oil accumulation in fruit of olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Journal of Horticultural Science*, 66, 583-591.
20. Moriana, A., Perez-Lopez, D., Prietoc, M. H., Ramirez-Santa-Pau, M. & Perez-Rodriguez, J. M. (2012). Midday stem water potential as a useful tool for estimating irrigation requirements in olive trees. *Agricultural Water Management*, 112, 43-54.

21. Motilva, M. J., Tovar, M. J., Romero, M. P., Alegre, S. & Girona, J. (2000). Influence of regulated deficit irrigation strategies applied to olive trees (Arbequina cultivar) on oil yield and oil composition during the fruit ripening period. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 2037-2043.
22. Nikbakht, J., Taheri, M. & Sakkaki, M. (2011). Effect of continues deficit irrigation on yield and quality of fruit and oil of Koroneiki olive (*Olea europaea* L.) cultivar. *Journal of Water Research in Agriculture*, 26(1), 71-81. (in Farsi)
23. Perez-Lpez, 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*, 89, 297-304.
24. Ramos, A. F. & Santos, F. L. (2010). Yield and olive oil characteristics of a low-density orchard (cv. Cordovil) subjected to different irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, 97, 363-373.
25. Rapoport, H. F., Costagli, G. & Gucci, R. (2004). The effect of water deficit during early fruit development on olive fruit morphogenesis. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(1), 121-127.
26. Rapoport, H. F., Hammami, S. B. M., Martins, P., Perez-Priego, O. & Orgaz, F. (2012). Influence of water deficits at different times during olive tree inflorescence and flower development. *Environmental and Experimental Botany*, 77, 227-233.
27. Rosecrance, R. C., Krueger, W. H., Milliron, L., Bloese, J., Garcia, C. & Mori, B. (2015). Moderate regulated deficit irrigation can increase olive oil yields and decrease tree growth in super high density Arbequina olive orchards. *Scientia Horticulturae*, 190, 75-82.
28. Sofo, A., Manfreda, S., Fiorentino, M., Dichio, B. & Xiloyannis, C. (2008). The olive tree: A paradigm for drought tolerance in Mediterranean climates. *Hydrology and Earth System Sciences*, 12, 293-301.
29. Tognetti, R., D'Andria, R., Sacchi, R., Lavini, A., Morelli, G. & Alvino, A. (2007). Deficit irrigation affects seasonal changes in leaf physiology and oil quality of *Olea europaea* (cultivars Frantoio and Leccino). *Annals of Applied Biology*, 150(2), 169-186.
30. Tognetti, R., d'Andria, R., Lavivi, A. & Morelli, G. (2006). The effect of deficit irrigation on crop yield and development of *Olea europaea* L., (cvs Frantoio and Leccino). *European Journal of Agronomy*, 25, 356-364.
31. Toplu, C., Onder, D., Onder, S. & Yildiz, E. (2009). Determination of fruit and oil characteristics of olive (*Olea europaea* L. cv. Gemlik) in different irrigation and fertilization regimes. *African Journal of Agricultural Research*, 4, 649-658.