

The Effect of Drought Stress on Some Vegetative and Physiological Characteristics of Superior Local Olive Genotypes (*Olea europaea* L.) in Pot Conditions

Rahmatollah Gholami^{1*} and Hojatollah Gholami²

- 1- ***Corresponding Author:** Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran (gholami.rahmat@yahoo.com)
- 2- Master of Entomology, Distribution of Agricultural Institutions in Srple-Zhab

Received: June 28, 2017

Accepted: 3 January, 2018

Abstract

Background and Objectives

Olive (*Olea europaea* L.) is one of the ever green trees that is tolerant to Drought. Olive is an economically important species of the Mediterranean area. So understanding the mechanisms by which has olive plants face drought stress under environmental conditions is essential for the improvement of olive yield and oil quality. Olive (*Olea europaea* L.) is one of the fruit trees which become important in the Iranian fruit industry. It seems that olive tree has potential for resistance to drought conditions of semi-arid regions of Iran. So, there is a high production potential for olive trees in many regions of Iran. Different olive cultivars respond differently to drought showing differences in terms of adaptation, dry matter distribution, growth characteristics, gas exchange and response to water shortage in pot conditions. This study was aimed at investigating the effect of drought stress on some vegetative and physiological characteristics of some superior local olive genotypes in pot condition.

Materials and Methods

This experiment was conducted in Dallaho Olive Research Station (Geographical characters were longitude of 45°, 51' E and latitude of 34°, 30' N and the height of sea level 581m) located in Kermanshah province. In order to select drought resistant or tolerant local olive genotypes an experiment in pot conditions was conducted. Seven olive genotypes (D₁, Dd₁, Gw, Ps₁, Bn₃, Bn₆ and Ds₁₇) were used as plant materials. A pot experiment based on a completely randomized design with three replications and two factors (irrigation regimes and genotypes) was conducted in 2015. Irrigation treatment included 100% (control), 80%, 60% and 50% of evapotranspiration respectively. Some vegetative characteristics such as plant height, leaf number, leaf, shoot, and root fresh and dry weight, root dry weight/ shoot dry weight ratio and some physiological traits including (RWC) percent, ionic leakage, total chlorophyll and malondialdehyde were measured.

Results

The obtained results showed that Bn₃ genotype had the highest height and D₁ had the lowest height. Bn₃ genotype had the highest number of leaf and D₁ had the lowest but D₁, Dd₁ and Gw were in a statistic class. Genotypes showed significant differences in leaf fresh and dry weight so that Bn₃ genotype had the highest leaf fresh and dry weight and D₁ had the lowest. Genotypes indicated significant differences in pot in shoot and root fresh and dry weight, root dry weight/shoot dry weight so that Ds₁₇ genotype had the lowest shoot fresh and dry weight and Gw had the lowest root fresh and dry weight and Bn₆ had the lowest root dry weight/ shoot dry weight ratio. Irrigation treatments showed significant differences in recorded vegetative and physiological characteristics so that 100 percent irrigation treatment increased relative water

content percent (RWC), total chlorophyll. Among olive genotypes, Bn₃ and Ds₁₇ had the highest, relative water content percent (RWC), total chlorophyll and MDA was produced to a less degree. The results indicated that olive genotypes had different resistance to drought. Vegetative growth status of Bn₃ and Ds₁₇ genotypes were better in drought stress conditions. It can be concluded that Bn₃ and Ds₁₇ genotypes had a relatively high resistance to drought stress.

Discussion

In the arid and semi-arid as well as sub-tropical regions, water shortage is a normal phenomenon and seriously limits the agricultural potential. Therefore, under irrigation or rain-fed conditions, it is important for the available water to be used in the most efficient way. The proper genotype can play a major role in increasing the water use efficiency and the productivity by applying the required amount of water when it is needed. Irrigation treatments had a significant effect on vegetative characteristics. Deficit irrigation caused decrease in vegetative characteristics of olive Genotypes. The tolerance or sensitivity to water deficit is cultivar dependent. Some physiological mechanisms are not only related to environmental parameters but also to the species genetic characteristics. There was a significant difference among examined olive Genotypes for concentrations of total chlorophyll (Chlt). Deficit irrigation caused a significant decrease in Chlt content of leaves. Results of the present study showed that olive cultivars differ considerably in Chlt contents. The decrease in chlorophyll content has been considered to be a typical symptom of oxidative stress and may be the result of pigment photo-oxidation, chlorophyll degradation and/or chlorophyll synthesis deficiency.

Keywords: Drought stress, Genotypes, Olive, Physiological characteristics, Vegetative growth

اثر تنش آبی بر برخی ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های برتر زیتون (*Olea europaea* L.) در شرایط گلدان

رحمت‌اله غلامی^{۱*} و حجت‌اله غلامی^۲

۱- **نویسنده مسئول:** استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران (gholami.rahmat@yahoo.com)
۲- کارشناس ارشد حشره‌شناسی، فروشگاه توزیع نهادهای کشاورزی سرپل ذهاب، کرمانشاه، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۰۷

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر تنش آبی بر ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیکی هفت ژنوتیپ بومی برتر زیتون در ایستگاه تحقیقات زیتون دالاهو واقع در استان کرمانشاه در سال زراعی ۹۴-۹۳ اجرا گردید. ژنوتیپ‌های بومی برتر زیتون D_1 ، Dd_1 ، GW ، Ps_1 ، Bn_3 ، Bn_6 و Ds_{17} در آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار تحت چهار تیمار آبیاری قرار گرفتند. تیمارهای آبیاری شامل آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد آبیاری (شاهد)، ۸۰، ۶۰ و ۵۰ درصد تبخیر و تعرق بودند، به طوری که تیمار ۱۰۰ درصد به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. به منظور تعیین پاسخ ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی صفات رویشی مانند ارتفاع، تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک شاخه و ریشه، نسبت وزن خشک ریشه به شاخه و نیز صفات فیزیولوژیکی محتوای نسبی آب برگ، درصد نشت یونی، مقدار کلروفیل کل و مالون‌دی‌آلدهید ثبت گردید. عملیات آماری تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام گرفت. نتایج نشان داد که ژنوتیپ Bn_3 بیشترین ارتفاع و ژنوتیپ D_1 کمترین ارتفاع را داشت. ژنوتیپ Bn_3 بیشترین تعداد برگ را داشته اگر چه ژنوتیپ‌های D_1 ، Dd_1 و ژنوتیپ Gw در یک کلاس قرار گرفتند اما از نظر مقدار کمترین تعداد برگ مربوط به ژنوتیپ D_1 بود. بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ وزن تر و خشک برگ تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری که بیشترین وزن تر و خشک برگ مربوط به ژنوتیپ Bn_3 و کمترین وزن تر و خشک برگ مربوط به ژنوتیپ D_1 بود. بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ وزن تر و خشک شاخه و ریشه و نیز نسبت وزن خشک ریشه به شاخه تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری که بیشترین وزن تر و خشک شاخه مربوط به ژنوتیپ Ds_{17} و کمترین وزن تر و خشک ریشه مربوط به ژنوتیپ Gw بود. ژنوتیپ‌های Bn_3 و Dd_1 بیشترین نسبت وزن خشک ریشه به شاخه را داشتند و کمترین نسبت مربوط به ژنوتیپ Bn_6 بود. از نظر صفات فیزیولوژیکی ژنوتیپ Bn_3 و Ds_{17} دارای بیشترین مقدار درصد محتوای نسبی آب برگ و میزان کلروفیل کل بودند. میزان درصد نشت یونی و مالون‌دی‌آلدهید در ژنوتیپ Bn_3 و Ds_{17} کمترین مقدار بود. بنابراین این دو ژنوتیپ به عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی معرفی می‌گردند.

کلیدواژه‌ها: تنش خشکی، رشد رویشی، ژنوتیپ، زیتون، صفات فیزیولوژیکی

مقدمه

(Loumou and Giourga, 2003). این درخت متحمل در برابر خشکی و تحمل متوسطی در برابر شوری دارد (Boussadia et al., 2008). برگ زیتون سازگارترین اندام در پاسخ به شرایط محیطی است (Marchi et al., 2008).

زیتون (*Olea europaea* L.) درختی همیشه سبز و متعلق به خانواده Oleaceae است (Bacelar et al., 2009) که تأثیر به سزایی بر اقتصاد و سلامت انسان دارد

گزارش نمودند که دو رقم زیتون که به‌طور گسترده‌ای در تونس کاشته می‌شوند از نظر مقاومت در برابر تنش آبی متفاوت می‌باشند. به نحوی که رقم شمالی نسبت به خشکی مقاوم، در حالی که رقم مسکی حساس به خشکی است.

درک مکانیسم‌هایی که درختان زیتون با تنش خشکی در شرایط سخت محیطی روبرو هستند برای انتخاب ارقام متحمل به خشکی ضروری است از این رو برای صرفه‌جویی در منابع آب در محیط‌های نیمه خشک این تحقیق به منظور گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم یا متحمل به تنش خشکی از بین ژنوتیپ‌های بومی برتر استان کرمانشاه (۷ ژنوتیپ) جهت بررسی نقش ژنوتیپ در پاسخ به تنش گیاهان زیتون به کمبود آب انجام شد. نتایج به‌دست آمده این مطالعه ممکن است در توسعه بیشتر این درخت روغنی منحصر به فرد در مناطق جغرافیایی نیمه خشک و خشک با دمای بالا مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در ایستگاه تحقیقات زیتون دالاهو شهرستان سرپل ذهاب در استان کرمانشاه در سال زراعی ۹۴-۹۳ انجام گرفت. این منطقه دارای طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی است. ارتفاع آن از سطح دریا ۵۸۱ متر می‌باشد. به منظور انجام پژوهش حاضر نهال‌های یک‌ساله هفت ژنوتیپ برتر (جدول ۱) در آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار تحت چهار رژیم آبیاری در ایستگاه تحقیقات زیتون دالاهو مورد بررسی قرار گرفتند. تیمارهای آبیاری شامل آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد آبیاری (شاهد)، ۸۰، ۶۰ و ۵۰ درصد تبخیر و تعرق بودند که بلافاصله بعد از آخرین بارندگی (اول اردیبهشت لغایت اواخر مهر) و به روش لایسیمتری یا وزنی اجرا شد. تبخیر و تعرق به مقدار آب مصرفی نهال‌های شاهد اطلاق می‌شود که همواره در حد مطلوب

ساختار برگ به وضوح نسبت به ساقه ویا ریشه بیشتر منعکس کننده اثرات تنش آب می‌باشد. درختان زیتون قادر به مقاومت در برابر تنش‌های بالا در طول یک دوره خشکسالی شدید می‌باشند (Connor, 2005). دانش دقیق در خصوص مکانیسم‌های سازگاری به خشکی ممکن است پیش‌بینی جدیدی به عوامل کنترل‌کننده بهره‌وری گیاه و بقاء آن در مناطق مستعد خشکسالی فراهم کند (Nardini and Salleo, 2005). درک بهتر اثرات خشکی بر باغات زیتون جهت بهبود شیوه‌های مدیریت باغات زیتون در شرایط آب و هوایی مختلف (Ahmadipour and Arji, 2012) و رویکردهای اصلاحی در دوره‌های تغییرات آب و هوای حیاتی است (Chaves et al., 2003). بسیاری از گیاهان چوبی از جمله زیتون مکانیسم توسعه یافته‌ای برای مقابله با آب ناکافی دارند (Arend and Fromm, 2007).

درختان زیتون در معرض خشکی وضعیت آب بافت خود را با استفاده از طیف وسیعی از سازگاری‌های مورفولوژیکی، آناتومیکی و فیزیولوژیکی تنظیم می‌کنند که از این طریق از دست دادن آب و افزایش جذب آب را کنترل می‌کنند. تنظیم اسمزی یکی از مکانیسم‌های انطباق به خشکی است (Chaves et al., 2003). مطالعات متعددی، تنظیم اسمزی را در زیتون به اثبات رسانده است (Ennajeh et al., 2006; Dichio et al., 2005). واکنش رشدی و رشد شاخه به کمبود آب به مقدار خیلی زیادی به ژنوتیپ گیاه بستگی دارد (Fernandez et al., 1991). در بررسی که توسط Talaei and Shirzad (2000) به منظور تعیین مقاومت به تنش خشکی در پنج رقم زیتون در شرایط گلدانی صورت گرفت نتایج نشان داد که ارقام مورد آزمایش از نظر برخی شاخص‌های رویشی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نشان دادند. در بررسی که توسط Arji and Arzani (1998) بر روی دو رقم زرد و روغنی در شرایط گلدانی انجام گرفت نتایج نشان داد که رقم زرد در مقایسه با رقم روغنی در مقابل تنش خشکی پاسخ متفاوتی نشان می‌دهد. Ennajeh et al. (2009) نیز

خصوصیات رویشی و فیزیولوژیکی تعیین گردید. به منظور اندازه گیری صفات رویشی، در پایان آزمایش، ابتدا نهال‌ها از گلدان با دقت خارج شدند به طوری که تمام ریشه‌های آن‌ها از خاک خارج شد. سپس اقدام به شستشوی ریشه نهال‌ها گردید و قسمت‌های مختلف از قبیل برگ‌ها، شاخه‌ها و ریشه از هم جدا گردیدند صفات موردنظر از قبیل ارتفاع، وزن تر و خشک برگ، شاخه‌ها و ریشه و تعداد برگ اندازه گیری شد. به منظور اندازه گیری وزن خشک اندام‌های ذکر شده، بلافاصله بعد از تعیین وزن تر آن‌ها به آون ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت منتقل شدند و وزن خشک اندام‌های مذکور ثبت گردید. به منظور اندازه گیری میزان نسبی آب برگ، درصد نشت یونی، میزان کلروفیل و مالون‌دی‌آلدهید در پایان دوره تنش اقدام به جمع آوری نمونه‌های برگ از تیمارهای مختلف گردید.

آبیاری شدند که در هر دوره آبیاری بر اساس روش وزنی محاسبه می‌شد (Doorenbos and Pruitt, 1997). در این تحقیق تعداد ۱۰ گلدان از نهال‌هایی که با تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری می‌شدند مداوماً توزین می‌شدند و میزان تبخیر و تعرق آن‌ها محاسبه می‌شد. از این رو اعمال تیمارهای ذکر شده بر اساس ضریبی از میزان تبخیر و تعرق به دست آمد. طول دوره آبیاری سه روز بود. اقلیم منطقه، نیمه گرمسیری با متوسط حداقل دما ۹ درجه سانتی گراد، متوسط حداکثر دمای سالانه ۴۳/۳ درجه سانتی گراد و متوسط دمای سالیانه ۲۳/۵ درجه سانتی گراد بود. در این آزمایش تعداد ۳۳۶ نهال کاملاً یکسان استفاده شد. در هر تیمار تعداد مشاهده در هر واحد آزمایشی چهار اصله نهال بود که در گلدان‌های پلاستیکی ده لیتری کشت شدند. در این پژوهش واکنش ژنوتیپ‌ها زیتون به تیمارهای آبیاری مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت مقاومت ژنوتیپ‌های برتر بر اساس

جدول ۱- علامت اختصاری، محل جمع آوری، نوع استفاده و ارتفاع از سطح دریا ژنوتیپ‌های برتر بومی در استان کرمانشاه
Table 1. Abbreviation of genotype, collected location, usage and altitude, local superior genotypes in Kermanshah province

| ارتفاع محل (متر) Altitude | نوع استفاده Usage | محل جمع آوری Collected location | علامت اختصاری ژنوتیپ Abbreviation genotype |
|------------------------------|----------------------------------|---|---|
| 1400 | کنسروی Table Olive | دالاهو Dallaho | D ₁ |
| 810 | کنسروی Table Olive | دشت دیره ^۱ Dast Direh | Dd ₁ |
| 740 | روغنی Oil Olive | گیلان غرب Gilan Gharb | Gw |
| 560 | روغنی Oil Olive | پارک سرپل ذهاب Zhab Srpl | Ps ₁ |
| 990 | دو منظوره Table and Oil Olive | روستای بان آواره ^۲ Ban Avareh | Bn ₃ |
| 950 | دو منظوره Table and Oil Olive | روستای بان آواره Ban Avareh | Bn ₆ |
| 960 | کنسروی Table Olive | روستای ده سفید Deh Sefid | Ds ₁₇ |

۱. ثبت شده در سازمان تحقیقات کشاورزی کشور به نام رقم کنسروی دیره

۲. ثبت شده در سازمان تحقیقات کشاورزی کشور به نام رقم دو منظوره مشکات

Registered in the agricultural research organization, the name of table olive direh.

Registered in the agricultural research organization, the name of table and oil olive meshkat.

پنج درصد معنی‌دار شد اما اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. بین ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ Bn_3 با حدود $42/71$ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع و ژنوتیپ D_1 با ارتفاعی با حدود $32/63$ سانتی‌متر کمترین ارتفاع را داشت (جدول ۴). همچنین بین رژیم‌های آبیاری از نظر ارتفاع نهال تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری که تیمار 100 درصد باعث افزایش ارتفاع نهال و رژیم‌های آبیاری 50 درصد باعث کاهش آن گردید (جدول ۵).

وزن تر و خشک برگ

اثر ژنوتیپ و تیمار آبیاری بر وزن تر و خشک برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار شد اما اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. بین ژنوتیپ‌ها، بیشترین وزن تر و خشک برگ مربوط به ژنوتیپ‌های Bn_3 و Ps_1 بود و ژنوتیپ‌های D_1 ، Dd_1 ، Gw ، Bn_6 و ژنوتیپ DS_{17} در یک کلاس قرار گرفتند اما از نظر عددی کمترین وزن تر و خشک برگ به ترتیب مربوط به ژنوتیپ D_1 با حدود $15/32$ گرم و $6/89$ گرم بود (جدول ۴). همچنین بین رژیم‌های آبیاری از نظر وزن تر و خشک برگ تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری که تیمار 100 درصد باعث افزایش وزن تر و خشک برگ و تیمار آبیاری 50 درصد باعث کاهش آن گردید (جدول ۶).

میزان نسبی آب برگ (RWC) مطابق با روش (Gucci *et al.*, 1997) اندازه‌گیری شد. به منظور ارزیابی دوام غشاء سلولی، نشت الکترولیت‌ها با استفاده از روش (Korkmaz *et al.*, 2007) انجام گرفت. اندازه‌گیری غلظت کلروفیل کل برگ طبق روش (Dere *et al.*, 1998) صورت گرفت. میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء بر اساس تشکیل کمپلکس مالون‌دی‌آلدئید ایجادشده با تیوباری تیوریک اسید سنجیده شد. اندازه‌گیری مقدار مالون‌دی‌آلدئید با استفاده از روش (Stewart and Bewley, 1980) در دو طول موج 532 و 600 نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر صورت گرفت. آب و خاک مورد استفاده تجزیه شد و نتایج تجزیه‌ها در جدول‌های (۲) و (۳) درج شده است. سپس عملیات آماری تجزیه واریانس با نرم افزار Mstatc و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام شد. با توجه به تعداد زیاد جداول، در بخش نتایج جدول‌های تجزیه واریانس آورده نشده و تنها به مقایسه میانگین پرداخته شده است.

نتایج و بحث

صفات رویشی

ارتفاع

اثر ژنوتیپ و تیمار آبیاری بر ارتفاع نهال در سطح

جدول ۲- مشخصات آب محل آزمایش (آزمایشگاه خاک‌شناسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی کرمانشاه)

Table 2. water characteristics of experiment (Kermanshah Laboratory of Soil Science, Agricultural Research and Education Center)

| سدیم Na | کلسیم Ca | سولفات So ₄ | کلر Cl | بی‌کربنات HCO ₃ ⁻ | کربنات CO ₃ ⁻² | اسیدیته pH | هدایت الکتریکی EC |
|-------------------------------------|-------------|---------------------------|-----------|--|---|---------------|----------------------|
| (میلی‌اکی‌ولانت در لیتر) (meq/l) | | | | | | | |
| 0.20 | 6.60 | 1.90 | 0.30 | 4.60 | 0 | 7.28 | 550 |

جدول ۳- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان مورد آزمایش در ایستگاه سرپل ذهاب (آزمایشگاه خاک‌شناسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی کرمانشاه)

Table 3. The physical and chemical characteristics of the soil of pot in the Srpl Zhab station (Kermanshah Laboratory of Soil Science, Agricultural Research and Education Center)

| اسیدیته pH | کربنات کلسیم Caco ₃ | کربن آلی Organic carbon | ازت کل Total nitrogen | سیلت Silt | شن Sand | فسفر قابل جذب Absorbable phosphorus | پتاسیم قابل جذب Absorbable potassium |
|---------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------|------------|--|---|
| درصد % | | | | پی‌پی‌ام ppm | | | |
| 7.30 | 33 | 1.95 | 0.17 | 24 | 44 | 11.80 | 320 |

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ بر ارتفاع، وزن تر و خشک برگ

Table 4. Mean comparison effect of different genotypes on traits of Plant height, leaf fresh and dry weight

| ژنوتیپ | ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) | وزن تر برگ (گرم) | وزن خشک برگ (گرم) |
|------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|
| Genotype | Plant height (cm) | Leaf fresh weight (g) | Leaf dry weight (g) |
| D ₁ | 32.63 ^c | 15.32 ^b | 6.89 ^{bc} |
| Dd ₁ | 35.54 ^{bc} | 21.24 ^b | 9.55 ^b |
| Gw | 37.88 ^{abc} | 20.90 ^b | 9.40 ^b |
| Ps ₁ | 39.08 ^{ab} | 29.40 ^a | 13.23 ^a |
| Bn ₃ | 42.71 ^a | 30.48 ^a | 13.71 ^a |
| Bn ₆ | 34.88 ^{bc} | 22.25 ^b | 10.01 ^b |
| DS ₁₇ | 39.83 ^{ab} | 20.50 ^b | 9.22 ^b |

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر صفت، در سطح پنج درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means having the same letter in traits are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5%.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ بر وزن تر و خشک شاخه و ریشه

Table 5. Mean comparison effect of different genotypes on traits of shoot, root fresh and dry weight

| ژنوتیپ | وزن تر شاخه (گرم) | وزن خشک شاخه (گرم) | وزن تر ریشه (گرم) | وزن خشک ریشه (گرم) | نسبت وزن خشک ریشه به شاخه |
|------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Genotype | Shoot fresh weight (g) | Shoot dry weight (g) | Root fresh weight (g) | Root dry weight (g) | Root dry weight/ Shoot dry weight |
| D ₁ | 18.73 ^{bc} | 9.46 ^{bc} | 15.08 ^{cd} | 4.80 ^c | 0.51 ^b |
| Dd ₁ | 20.70 ^{bc} | 10.11 ^{bc} | 21.77 ^{abc} | 6.85 ^{bc} | 0.68 ^a |
| Gw | 17.20 ^c | 8.54 ^c | 12.48 ^d | 3.91 ^c | 0.46 ^c |
| Ps ₁ | 28.80 ^a | 14.46 ^a | 27.07 ^{ab} | 8.76 ^{ab} | 0.61 ^{ab} |
| Bn ₃ | 31.45 ^a | 14.78 ^a | 30.32 ^a | 10.04 ^a | 0.68 ^a |
| Bn ₆ | 25.79 ^{ab} | 13.02 ^{ab} | 18.48 ^{bcd} | 5.83 ^{bc} | 0.45 ^c |
| DS ₁₇ | 30.45 ^a | 14.54 ^a | 23.55 ^{abc} | 7.88 ^{ab} | 0.54 ^b |

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر صفت، در سطح پنج درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means having the same letter in traits are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5%.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر تیمار آبیاری بر ارتفاع، وزن تر و خشک برگ و شاخه

Table 6. Mean comparison effect of different irrigation interval on traits of plant height, shoot and leaf fresh and dry weight

| تیمار آبیاری (درصد تیخیر و تعرق) | ارتفاع نهال (سانتی‌متر) | وزن تر برگ (گرم) | وزن خشک برگ (گرم) | وزن تر شاخه (گرم) | وزن خشک شاخه (گرم) |
|----------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|----------------------|
| Irrigation regimes (% of ETc) | Plant height (cm) | Leaf fresh weight (g) | Leaf dry weight (g) | Shoot fresh weight (g) | Shoot dry weight (g) |
| ۱۰۰ درصد | 49.07 ^a | 34.69 ^a | 14.52 ^a | 35.49 ^a | 17 ^a |
| ۱۰۰ percent | | | | | |
| ۸۰ درصد | 34.60 ^b | 22.38 ^b | 10.14 ^{ab} | 23 ^b | 11.52 ^b |
| ۸۰ percent | | | | | |
| ۶۰ درصد | 33.26 ^b | 18.93 ^b | 10.12 ^{ab} | 21.14 ^b | 10.94 ^b |
| ۶۰ percent | | | | | |
| ۵۰ درصد | 23.10 ^c | 13.48 ^c | 6.24 ^c | 17.35 ^c | 9.63 ^c |
| ۵۰ percent | | | | | |

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر صفت، در سطح پنج درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means having the same letter in traits are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5%.

وزن تر و خشک شاخه

اثر ژنوتیپ و تیمار آبیاری بر وزن تر و خشک برگ در سطح پنج درصد معنی دار شد اما اثر متقابل آن‌ها معنی دار نشد. بین ژنوتیپ‌های زیتون مورد مطالعه، گر چه ژنوتیپ‌های Ps₁ و Bn₃ و ژنوتیپ Ds₁₇ در یک کلاس قرار گرفتند اما از نظر مقدار بیشترین وزن تر و خشک شاخه به ترتیب مربوط به ژنوتیپ Bn₃ با حدود ۳۱/۵۵ گرم و ۱۴/۷۸ گرم می‌باشد و کمترین وزن تر و خشک شاخه به ترتیب مربوط به ژنوتیپ Gw با حدود ۱۷/۲۰ گرم و ۸/۵۴ گرم می‌باشد (جدول ۵). بین رژیم‌های آبیاری، تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری باعث افزایش وزن تر و خشک شاخه گردید در حالی که تیمار آبیاری ۵۰ درصد باعث کاهش وزن تر و خشک شاخه گردید (جدول ۶).

وزن تر و خشک ریشه

اثر ژنوتیپ بر وزن تر و خشک ریشه در سطح پنج درصد معنی دار شد اما اثر متقابل آن‌ها معنی دار نشد. بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ وزن تر و خشک ریشه تفاوت معنی داری وجود داشت به طوری که ژنوتیپ Bn₃ بیشترین وزن تر و خشک ریشه به ترتیب با حدود ۳۰/۳۲

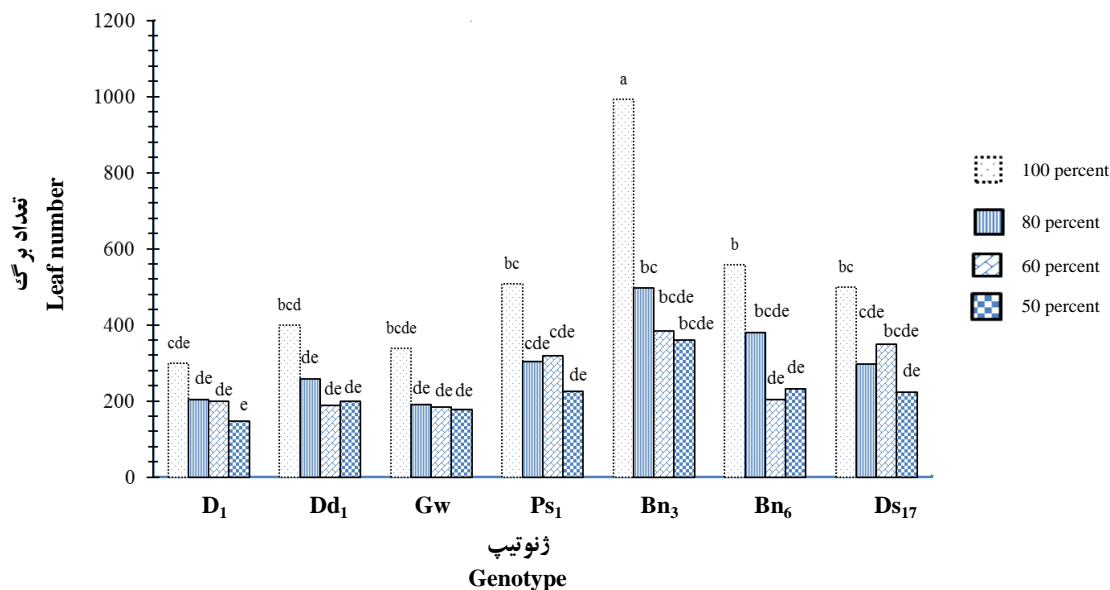
گرم و ۱۰/۰۴ گرم دارا بود. ژنوتیپ‌های D₁ و Gw نیز در یک کلاس قرار گرفتند اما از نظر مقدار کمترین وزن تر و خشک ریشه به ترتیب مربوط به ژنوتیپ Gw با حدود ۱۲/۴۸ گرم و ۳/۹۱ گرم بود (جدول ۵).

نسبت وزن خشک ریشه به شاخه

بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ نسبت وزن خشک ریشه به شاخه تفاوت معنی داری وجود داشت به طوری که ژنوتیپ‌های Bn₃ و Dd₁ بیشترین نسبت را داشتند. ژنوتیپ‌های Bn₆ و Gw نیز در یک کلاس قرار گرفتند اما از نظر مقدار، کمترین نسبت وزن خشک ریشه به شاخه مربوط به ژنوتیپ Bn₆ با حدود ۰/۴۵ بود (جدول ۵).

اثر متقابل ژنوتیپ و تیمار آبیاری بر صفات رویشی

جدول مقایسه میانگین‌های به دست آمده نشان می‌دهد که اثر متقابل ژنوتیپ و تیمار آبیاری فقط بر روی تعداد برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بوده به طوری که بیشترین تعداد برگ مربوط به ژنوتیپ Bn₆ و تیمار شاهد و کمترین مربوط به ژنوتیپ D₁ و تیمار ۶۰ درصد بود (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و رژیم آبیاری بر تعداد برگ

Figure 1. Mean comparison effect of interaction of Genotype and different irrigation on traits of leaf number

مکانیزم‌های تطبیقی در سطوح مورفولوژیکی، سلولی و مولکولی کسب کرده‌اند که مزیت‌های انتخابی در طول زمان خشکی محسوب می‌شود (Tovar *et al.*, 2002). تنش خشکی خصوصیات رویشی نهال‌های زیتون از جمله ارتفاع، وزن تر و خشک اندام‌های مختلف، تعداد و سطح برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Higgs and Jones, 1990).
 Gholami *et al.* (2004) اظهار داشتند که در زیتون میزان رشد شاخه‌ها با افزایش میزان آب آبیاری افزایش می‌یابد. Nuzzo *et al.* (1997) اظهار نمودند که تنش خشکی در زیتون رقم کوراتینا منجر به کاهش وزن خشک نهال و کاهش سطح برگ می‌شود. Girona *et al.* (2000) گزارش کردند که میزان آب آبیاری در رشد رویشی زیتون مؤثر بوده و با افزایش میزان آب آبیاری رشد رویشی افزایش خواهد یافت. در تحقیق پنج ساله بر روی درختان زیتون رقم کالامون، نتایج نشان داد که پارامترهای رشدی مانند ارتفاع و حجم تاج و قطر تنه در درختان بدون آبیاری در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد کمتر بود (Michelakis *et al.*, 1995). در درختان بالغ زیتون رقم آرکین میزان رشد شاخساره و قطر تنه با افزایش میزان آب آبیاری افزایش می‌یابد (Rosecrance *et al.*, 2015).

صفات فیزیولوژیکی

محتوای نسبی آب برگ

اثر ژنوتیپ و رژیم آبیاری بر محتوای نسبی آب برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد اما اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. بین ژنوتیپ‌ها، Bn₃ با ۹۰/۴۶ درصد بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ را داشت که اختلاف معنی‌داری را با ژنوتیپ Ds₁₇ نداشت و کمترین مقدار با میانگین ۸۰/۸۱ درصد در ژنوتیپ Dd₁ مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری را با ژنوتیپ D₁ نداشت (جدول ۷). همچنین بین رژیم‌های آبیاری از نظر درصد محتوای نسبی آب برگ تفاوت معنی‌داری وجود داشت به‌طوری‌که تیمار ۱۰۰ درصد باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ گردید و رژیم آبیاری ۵۰ درصد باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ گردید (جدول ۸).

با توجه به نتایج به‌دست آمده صفات اندازه‌گیری‌شده در هفت ژنوتیپ برتر زیتون بسته به نوع ژنوتیپ با همدیگر متفاوت می‌باشد. واکنش ژنوتیپ‌ها به دور آبیاری، بستگی به خواص ژنتیکی و شرایط محیطی دارد. Gholami (2016) نیز اظهار داشت که شش رقم زیتون در شرایط مزرعه واکنش متفاوتی به تنش آبی نشان دادند. Fernandez *et al.* (1991) گزارش کرد که واکنش رشدی و میزان رشد شاخه به کمبود آب به مقدار زیادی به ژنوتیپ گیاه بستگی دارد.

بررسی سازگاری ارقام زیتون (Arji *et al.*, 2013) و انتخاب ارقام مقاوم به خشکی برای موفقیت تجاری یک مزرعه بسیار با اهمیت است. استفاده از ارقامی که از نظر مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دارای صفات مرتبط با مقاومت به خشکی به منظور تسهیل در پرورش و فرایند سلکسیون بسیار مفید است. زیتون از نظر تحمل به خشکی شناخته شده است، با این حال از نظر پاسخ به کمبود آب در بین ارقام تفاوت وجود دارد (Ennajeh *et al.*, 2008; Bosabalidis and Kofidis, 2002). Ennajeh *et al.* (2009) نیز گزارش نمودند که دو رقم زیتون که به‌طور گسترده‌ای در تونس کاشته می‌شوند از نظر مقاومت در برابر تنش آب متفاوت می‌باشند به نحوی که رقم شمالی نسبت به خشکی مقاوم، در حالی که مسکی حساس به خشکی است.

با توجه به نتایج به‌دست آمده صفات اندازه‌گیری‌شده در هفت ژنوتیپ برتر زیتون با میزان آب آبیاری ارتباط داشته و این افزایش در میزان رشد اندام‌های مختلف به علت آب کافی جهت رشد و تقسیم سلول‌ها می‌باشد. به عبارتی گیاهانی که تحت تنش آبی قرار می‌گیرند به علت کاهش تورژانس سلولی و عدم آب کافی جهت رشد و تقسیم سلول‌ها، میزان رشد و نمو اندام‌های مختلف در آن‌ها کاهش می‌یابد. شرایط محیطی، به خصوص در دسترس بودن آب، به شدت بر روی بهره‌وری و سلامت گیاهان تأثیرگذار است (Basile *et al.*, 2003). بنابراین، برای مقابله با تنش ناشی از کمبود آب، گیاهان معمولاً

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ بر محتوای نسبی آب برگ، نشت یونی، میزان کلروفیل و مالون‌دی‌آلدیید
 Table 7. Mean comparison effect of different genotypes on relative water content (RWC), ionic leakage, Total chlorophyll and malondialdehyde

| ژنوتیپ | درصد محتوای نسبی آب برگ (درصد) | نشت یونی (درصد) | کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر) | مالون‌دی‌آلدیید (نانومول در گرم وزن تر) |
|------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------------------------|---|
| Genotype | RWC (%) | Ionic leakage (%) | Total chlorophyll (mg/g FW) | MDA (nmol/g FW) |
| D ₁ | 83.89 ^d | 30.92 ^a | 0.95 ^c | 3.26 ^a |
| Dd ₁ | 83.91 ^d | 30.91 ^a | 0.96 ^c | 3.25 ^a |
| Gw | 86.04 ^{bc} | 26.01 ^b | 1.16 ^b | 2.52 ^b |
| Ps ₁ | 87.10 ^{bc} | 22.86 ^c | 1.12 ^b | 2.68 ^b |
| Bn ₃ | 90.46 ^a | 21.51 ^c | 1.66 ^a | 1.84 ^c |
| Bn ₆ | 85.34 ^{dc} | 26.23 ^b | 1.29 ^b | 2.92 ^{ab} |
| Ds ₁₇ | 88.67 ^{ab} | 22.58 ^c | 1.61 ^a | 2.02 ^c |

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر صفت، در سطح پنج درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means having the same letter in traits are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5%.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر تیمار آبیاری بر محتوای نسبی آب برگ، نشت یونی، میزان کلروفیل و مالون‌دی‌آلدیید
 Table 8. Mean comparison effect of different irrigation on traits of relative water content (RWC), ionic leakage, Total chlorophyll and malondialdehyde

| تیمار آبیاری (درصد) | محتوای نسبی آب برگ (درصد) | نشت یونی (درصد) | کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر) | مالون‌دی‌آلدیید (نانومول در گرم وزن تر) |
|-------------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------------------------|---|
| Irrigation regimes (% of ETC) | RWC (%) | Ionic leakage (%) | Total chlorophyll (mg/g FW) | MDA (nmol/g FW) |
| ۱۰۰ درصد | 89.36 ^a | 14.49 | 1.48 ^a | 2.22 ^c |
| 100 percent | | | | |
| ۸۰ درصد | 86.47 ^b | 22.32 ^b | 1.23 ^b | 2.79 ^b |
| 80 percent | | | | |
| ۶۰ درصد | 85.43 ^b | 22.94 ^b | 1.20 ^b | 3.11 ^b |
| 60 percent | | | | |
| ۵۰ درصد | 65.11 ^c | 29.01 ^a | 0.75 ^c | 3.52 ^a |
| 50 percent | | | | |

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر صفت، در سطح پنج درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means having the same letter in traits are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5%.

نشت یونی

بین ژنوتیپ‌های زیتون، بیشترین مقدار با میانگین ۳۰/۹۲ درصد در ژنوتیپ D₁ مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری را با ژنوتیپ Dd₁ نداشت. ژنوتیپ‌های Bn₃، Ds₁₇ و Ps₁ نیز بدون اختلاف معنی‌دار کمترین نشت یونی را نشان دادند (جدول ۷). بین رژیم‌های آبیاری تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری باعث کاهش درصد نشت یونی گردید و رژیم آبیاری ۵۰ درصد باعث افزایش آن شد (جدول ۸).

میزان کلروفیل

بین ژنوتیپ‌های زیتون، Bn₃ با ۱/۶۶ میلی‌گرم در گرم وزن تازه بیشترین مقدار کلروفیل برگ را داشت که اختلاف معنی‌داری را با ژنوتیپ Ds₁₇ نداشت. کمترین مقدار با میانگین ۰/۹۵ در ژنوتیپ D₁ مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری را با ژنوتیپ Dd₁ نداشت (جدول ۷). بین رژیم‌های آبیاری تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری باعث افزایش مقدار کلروفیل برگ گردید و رژیم آبیاری ۵۰

درصد باعث کاهش آن شد (جدول ۸).

مالون‌دی‌آلدئید

اثر ژنوتیپ و رژیم آبیاری بر غلظت مالون‌دی‌آلدئید برگ در سطح یک درصد معنی دار شد اما اثر متقابل آن‌ها معنی دار نشد. بیشترین مقدار مالون‌دی‌آلدئید بین ژنوتیپ‌های زیتون در ژنوتیپ D_1 و Dd_1 و کمترین مقدار آن در ژنوتیپ Bn_3 ، بدون اختلاف معنی دار با DS_{17} ، مشاهده شد (جدول ۷). بین رژیم‌های آبیاری، کمترین مقدار مالون‌دی‌آلدئید مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری بود و رژیم آبیاری ۵۰ درصد باعث افزایش میزان آبیاری مالون‌دی‌آلدئید گردید (جدول ۸).

از نظر محتوای نسبی آب برگ ژنوتیپ‌های Bn_3 و DS_{17} دارای بیشترین مقدار بودند. محتوای نسبی آب برگ به‌عنوان یک صفت قابل اندازه‌گیری مهم در گیاهان تحت تنش می‌باشد و از آنجایی که این صفت نشان‌دهنده میزان آب موجود در برگ می‌باشد لذا ارقام متحمل به خشکی از وضعیت مناسبتری در رابطه با این صفت برخوردار می‌باشند به‌طوری که این ارقام در شرایط تنش خشکی، نسبت به ارقام حساس پتانسیل آب برگ خود را در حد بالاتری حفظ خواهند کرد (Ben Ahmed et al., 2009). در این پژوهش تنش خشکی باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ شد. کاهش محتوای نسبی آب برگ، در برگ نهال‌های ارقام روغنی، ماری و زرد (Arji and Arzani, 2003) و ارقام شمالی و مسکی (Ennajeh et al., 2009) در شرایط تنش گزارش شده است.

یکی دیگر از پارامترهایی که به‌عنوان شاخصی از تخریب غشاء اندازه‌گیری می‌شود نشت الکترولیت‌ها است. تنش خشکی باعث صدمه به بسیاری از ترکیبات سلول مانند پروتئین‌ها و چربی‌ها می‌شود. پس نشت الکترولیتی در اثر تخریب غشاء سلولی و خروج یون‌ها صورت می‌گیرد از این رو نشت پذیری سلول افزایش می‌یابد و میزان این صفت بیانگر میزان صدمه تنش خشکی به گیاه می‌باشد (Jiang and Hung, 2001) که از این نظر ژنوتیپ‌های Bn_3 و DS_{17} دارای کمترین نشت الکترولیتی بودند.

بررسی تغییرات میزان کلروفیل کلیه ژنوتیپ‌های زیتون مورد مطالعه نشان می‌دهد که میزان کلروفیل در اثر اعمال تنش کم آبیاری کاهش معنی‌داری نشان داد. ژنوتیپ‌های زیتون به ترتیب Bn_3 و DS_{17} بیشترین میزان کلروفیل را دارا بودند. کاهش میزان کلروفیل در ارقام مختلف زیتون تحت تنش خشکی نیز مشابه کاهش کلروفیل در ارقام زیتون میشن، زرد، بلیدی و ماری در شرایط گلدانی (Arji and Arzani, 2003) گزارش شده است. کاهش در میزان سبزینه برگ تحت تنش باعث کاهش کارایی فتوسنتزی در گیاهان می‌گردد و گیاهانی که بتوانند سبزینه خود را حفظ نمایند می‌توانند فتوسنتز بالاتری داشته باشند. کمبود آب نیز سبب پیری زود هنگام گیاهان، شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد (Doupis et al., 2013). نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تحت تنش کم آبی ژنوتیپ‌های Bn_3 و DS_{17} تجزیه کلروفیل کمتری نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها داشتند و شرایط تنش خشکی را بهتر تحمل می‌کنند. کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش خشکی در ارقام شمالی و چتویی در گزارش‌های (Guerfel et al., 2009) نیز آمده است.

یکی از اثرات مستقیم کمبود آب تخریب غشاهای سلول در گیاهان می‌باشد که بین میزان مالون‌دی‌آلدئید و شدت تنش خشکی رابطه مستقیمی وجود دارد (Petridis et al., 2012). نتایج پژوهش Petridis et al. (2012) بر روی چهار رقم زیتون تحت سه رژیم آبیاری ۱۰۰ درصد، ۶۶ و ۳۳ درصد ظرفیت مزرعه‌ای نشان داد که در اثر تنش خشکی میزان مالون‌دی‌آلدئید برگ افزایش نشان داد و مقدار افزایش بسته به رقم و مدت زمان تنش خشکی متغییر بود. افزایش میزان مالون‌دی‌آلدئید در اثر تنش خشکی در ارقام زیتون دو ساله چتویی، شمالی و زلماتو زیتون گزارش شده است (Boughalleb and Mhamdi, 2011). در این تحقیق نیز در اثر تنش خشکی میزان مالون‌دی‌آلدئید برگ افزایش نشان داد. بنابراین نتایج این تحقیق با نتایج فوق مطابقت داشت.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که رژیم‌های آبیاری بر تمامی ویژگی‌های مورد پژوهش اثر معنی‌داری داشت و بین ژنوتیپ‌های زیتون مورد مطالعه تنوع قابل توجهی در برخی از ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیکی مشاهده گردید. به طوری که ژنوتیپ‌های زیتون Bn₃ و Ds₁₇ به علت داشتن وضعیت رویشی بهتر و نیز محتوای نسبی آب برگ بیشتر، نشت یونی کمتر، کلروفیل بیشتر و

نیز تولید مالون‌دی‌آلدئید کمتر، نسبت به تنش کم آبیاری مقاوم بوده پس می‌توان از این ژنوتیپ‌ها در کشت‌های دیم و یا به‌عنوان پایه در برنامه اصلاحی استفاده نمود.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از همکاران ایستگاه تحقیقات زیتون دالاهو به ویژه آقایان مهندس حاجی امیری و نجفی به خاطر کمک در انجام آزمایش تشکر و قدردانی می‌شود.

References

- Ahmadipour, S. and Arji, I. (2012). Evaluation on "Zard" and "Roghani" olive cultivars responses in different region of Kermanshah. *Journal of Plant Production (Scientific Journal of Agriculture)*, 35(1), 113-126. [In Farsi]
- Arend, M. and J. Fromm. (2007). Seasonal change in the drought response of wood cell development in poplar. *Tree Physiology*, 27(7), 985-992
- Arji, I. and K. Arzani. (1998). *The effect of different irrigation amount on vegetative growth of two young olive cultivars*. M.Sc. Thesis of Horticulture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. [In Farsi]
- Arji, I. and K. Arzani. (2003). *The effect of drought stress on morphological, physiological and biochemical traits of some olive cultivars*. Ph.D. Thesis of Horticulture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. [In Farsi]
- Arji, I., Zeinanloo, A. A., Hajiamiri, A. and Najafi, M. (2013). Evaluation on different olive cultivars responses to Sarpole Zehab environmental condition. *Journal of Plant Production (Scientific Journal of Agriculture)*, 35(4), 17-27. [In Farsi]
- Bacelar, A. E., Santos, D. L., Moutinho-Pereira, J. M., Goncalves, B. C., Ferreira, H. F. and Correia, C. M. (2009). Immediate responses and adaptive strategies of three Olive cultivars under contrasting water availability regimes: Changes on structure and chemical composition of foliage and oxidative damage. *Plant Science*, 170(3), 596-605.
- Basile B., Marsal, J. and DeJong, T. M. (2003). Daily shoot extension growth of peach trees growing on rootstocks that reduce scion growth is related to daily dynamics of stem water potential. *Tree Physiology*, 23(10), 695-704.
- Ben Ahmed, C., Ben Rouina, B., Sensoy, S., Boukhris, M. and 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*, 67(2), 345-352.
- Bosabalidis, A. M. and Kofidis, G. (2002). Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. *Plant Science*, 163(2), 375-379.
- Boughalleb, F. and 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.
- Boussadia, O., Mariem, F. B. and Mechri, B. (2008). Response to drought of two olive tree cultivars (cv Koroneki and Meski). *Scientia Horticulturae*, 116(4), 388-93.
- Chaves, M. M., Maroco, J. P. and Pereira, J. S. (2003). Understanding plant responses to drought: From genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, 30(3), 239-264.

- Connor, D. J. (2005). Adaptation of olive (*Olea europaea* L.) to water environments. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56(11), 1181-1189.
- Dere, S., Gunes, T. and Sivaci, R. (1998). Spectrophotometric determination of chlorophyll a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. *Turkish Journal of Botany*, 22, 3-17.
- Dichio, B., Xiloyannis, C., Sofo, A. and Montanaro, G. (2005). Osmotic regulation in leaves and roots of olive trees during a water deficit and rewatering. *Tree Physiology*, 26(2), 179-185.
- Doorenbos J. and Pruitt W. O. (1997). *Crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage, Paper 24, FAO, Rome.
- Doupis, G., Bertaki, M., Psarras, G., Kasapakis, I. and Chartzoulakis, K. (2013). Water relations, physiological behavior and antioxidant defence mechanism of olive plants subjected to different irrigation regimes. *Scientia Horticulturae*, 153, 150-156.
- Ennajeh, M., T. Tounekti, A.M. Vadel, H. Khemira and H. Cochard. (2008). Water relations and drought-induced embolism in two olive (*Olea europaea* L.) varieties 'Meski' and 'Chemlali' under severe drought conditions. *Tree Physiology*, 28(6), 971-976.
- Ennajeh, M., Vadel, A. M. and Khemira, H. (2009). Osmoregulation and osmoprotection in the leaf cells of two olive cultivars subjected to severe water deficit. *Acta Physiologia Plantarum*, 31(4), 711-721.
- Ennajeh, M., Vadel, A. M., Khemira, H., Ben Mimoun, M. and 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(1), 99-104.
- Fernandez, J. E., Moreno, F., Cabrera, F., Arrue, J. L. and Martin-Aranda, J. (1991). Drip irrigation, soil characteristics and the root distribution and root activity of olive trees. *Plant and Soil*, 133(2), 239-251.
- Gholami, R. (2016). *Effects of deficit irrigation on some physiological, biochemical, morphological properties and yield in six olive commercial cultivars*. Ph.D. Thesis of Horticulture, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan. [In Farsi]
- Gholami, R., Arzani, K. and Arji, I. (2004). *Effect of different irrigation amounts on vegetative growth of young potted olive (Olea europaea L.) cv. Manzanillo*. 5th International Symposium on Olive Growing, 27 September-2 October, Izmir, Turkiye.
- Girona, J., Luna, M., Arbones, A., Mata, M., Rufat, J. and Marsal, J. (2000). Young olive trees cv. Arbequina response to different water supplies. Water function determination. *Acta Horticulture*, 586, 277-280.
- Gucci, R., Lombardini, L. and Tattini, M. (1997). Analysis of leaf water relations in leaves of two olive (*Olea europaea* L.) cultivars differing in tolerance to salinity. *Tree Physiology*, 17(1), 13-21.
- Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Chaibi, W. and Zarrouk, M. (2009). Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*olea europaea* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 119(3), 257-263.
- Higgs, K. H. and Jones, H. G. (1990). Response of apple rootstocks to irrigation in south-east England. *Journal of Horticultural Science*, 65(2), 129-141.
- Jiang, Y. and Hung, B. (2001). Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Crop Science*, 41(2), 436-442.
- Korkmaz, A. M. U. and Demirkiran, A. R. (2007). Acetyl salicylic acid alleviates chilling-induced damage in muskmelon plants. *Canadian Journal of Plant Science*, 87(3), 581-585.
- Loumou, A. and Giourga, C. (2003). Olive groves: The life and identity of the Mediterranean. *Agriculture and Human Values*, 20(1), 87-95.

- Marchi, S., Tognetti, R., Minnocci, A., Borghi, M. and Sebastiani, L. (2008). Variation in mesophyll anatomy and photosynthetic capacity during leaf development in a deciduous mesophyte fruit tree (*Prunus persica*) and an evergreen sclerophyllous Mediterranean shrub. *Trees*, 22(4), 559-571.
- Michelakis, N., Vouyoukalou, E. and Clapaki, G. (1995). Plant growth and yield response of the olive tree cv. Kalamon, for different levels of soil water potential and methods of irrigation. *Horticultural Science*, 9(3), 136-139.
- Nardini, A. and Salleo, S. (2005). Water stress-induced modifications of leaf hydraulic architecture in sunflower: co-ordination with gas exchange. *Journal of Experimental Botany*, 56(422), 3093-3101.
- Nuzzo, V., Xiloyannis, C., Dichio, B., Montonaro, G. and Celano, G. (1997). Growth and yield in irrigated and non irrigated olive trees cv. Coratina. *Acta Horticulturae*, 449, 74-82.
- Petridis, A., Therios, I., Samouris, G., Koundouras, S. and 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.
- Rosecrance, R. C., Krueger, W. H., Milliron, L., Bloese, J., Garcia, C. and 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(16), 75-82.
- Stewart, R. R. C. and Bewley, J. D. (1980). Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. *Plant Physiology*, 65(2), 245-248.
- Talaei, A. and Shirzad, H. (2000). *Effects of water stress on growth indices and plant water relations in young plants olives*. *Acta Horticulture*. Proceeding of 2th Iranian Horticultural Sciences Congress, Karaj. [In Farsi]
- Tovar, M. J., Romero, M. P., Girona, J. and Motilva, M. J. (2002). L-Phenylalanine ammonia-lyase activity and concentration of phenolics in developing olive (*Olea europaea* L. cv Arbequina) fruit grown under different irrigation regimes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(8), 892-898.

