

مقاله پژوهشی

اثر سطوح خشکی بر برخی شاخص‌های فتوسنتزی و صفات وابسته به آن‌ها در برخی ارقام تجاری زیتون (*Olea europaea* L.)

بهنام اوجاقلو^{۱*}، ولی ربیعی^۲، مهدی طاهری^۳، جعفر نیکبخت^۴ و محمود عظیمی^۵

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۹)

چکیده

تنش خشکی از عوامل موثر در کاهش عملکرد زیتون در شرایط گرمسیری و نیمه‌گرمسیری می‌باشد. به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر برخی از خصوصیات فتوسنتزی و صفات وابسته به آن‌ها، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تکرار در گلخانه ایستگاه تحقیقات زیتون طارم انجام شد. چهار سطح تیمار رطوبتی ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ (شاهد) درصد ظرفیت زراعی بر روی نهال‌های یک‌ساله شش رقم تجاری زیتون آربکین، آمیگدالولیا، ابوسطل، زرد، کنسروالیا و مانزانیا به مدت ۶۰ روز اعمال گردید. نتایج نشان داد، بین سطوح مختلف تنش خشکی از نظر صفات محتوای کاروتنوئید، هدایت روزنه‌ای، میزان تعرق و شدت فتوسنتز (در سطح احتمال ۰/۱ درصد)، میزان کلروفیل a و بیوماس خشک (در سطح احتمال ۱ درصد) و کارایی مصرف آب لحظه‌ای (در سطح احتمال ۵ درصد) و همچنین بین ارقام از نظر میزان کلروفیل a، محتوای کاروتنوئید، هدایت روزنه‌ای، میزان تعرق و بیوماس خشک (در سطح احتمال ۰/۱ درصد)، کارایی مصرف آب ذاتی (در سطح احتمال ۱ درصد) و کارایی مصرف آب لحظه‌ای (در سطح احتمال ۵ درصد) اختلاف معنی‌دار بود. بر اساس مقایسه میانگین‌ها، تنش خشکی منجر به کاهش کلیه پارامترها شد، ولی در دو سطح تنش ۲۵ و ۵۰ درصد، کارایی مصرف آب افزایش یافت. همچنین در ارقام مختلف، میزان هدایت روزنه‌ای، میزان تعرق و کارایی مصرف آب به یکدیگر وابسته بودند. ارقام ابوسطل و آربکین نسبت به سایر ارقام تحمل بیشتری به تنش خشکی داشتند. بنابراین به‌عنوان ارقام متحمل، به‌منظور استفاده در برنامه‌های اصلاحی و کشت در مناطق مستعد خشکی توصیه می‌شوند.

کلمات کلیدی: بیوماس خشک، تنش خشکی، کارایی مصرف آب، میزان تعرق، هدایت روزنه‌ای

۱- دانشجوی دکترای فیزیولوژی و اصلاح درختان میوه، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۳- دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران.

۴- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۵- بخش تحقیقات علوم زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران.

* پست الکترونیک: ojaghloobehnam@yahoo.com

مقدمه

زیتون (*Olea europaea* L.) درخت همیشه سبز، بومی آب و هوای نیمه‌خشک مدیترانه‌ای است که در ایران و جهان جایگاه اقتصادی مهمی دارد. رودبار، طارم و منجیل از مراکز عمده پرورش زیتون در ایران می‌باشند (جلیلی‌مندی، ۱۳۸۹). این درخت همیشه‌سبز یکی از مهم‌ترین محصولات باغبانی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مدیترانه می‌باشد (خالقی^۱ و همکاران، ۲۰۱۲). گیاهانی که در چنین شرایط آب و هوایی رشد می‌کنند، معمولاً در فصل تابستان با تنش گرما و خشکی مواجه هستند (گیمنز^۲ و همکاران، ۱۹۹۷). در این گیاهان یک سری از سازوکارهای فیزیولوژی توسعه یافته است که آن را به تحمل تنش خشکی و رشد در شرایط آب و هوای نامطلوب قادر می‌سازد (سوفو^۳ و همکاران، ۲۰۰۸). توانایی زیتون جهت سازگاری به تنش خشکی، توأم با تغییراتی در سطح برگ و کسب ویژگی‌های مورفولوژی، آناتومی و فیزیولوژی متناسب با شرایط موجود است. درک صحیح مکانیسم‌های مرتبط با تحمل به تنش خشکی، می‌تواند در افزایش کارایی مصرف آب و کنترل بیلان آبی گیاه در شرایط تنش خشکی موثر باشد (فرناندز^۴، ۱۹۹۲). تنظیم اسمزی (دیچیو^۵ و همکاران، ۲۰۰۶)، کاهش سطح برگ و افزایش تراکم روزنه‌ها (بوسابالادیس و کوفیدیس^۶، ۲۰۰۲) و کاهش از دست رفتن آب گیاه از طریق کنترل روزنه‌ای (سوفو و همکاران، ۲۰۰۸) از مهم‌ترین مکانیسم‌های مرتبط با تحمل به تنش خشکی در زیتون می‌باشند. همچنین ارقام متحمل به تنش خشکی دارای رشد رویشی محدودتر (ترنستاکوستا^۷ و همکاران، ۲۰۱۸)، سطح برگ کوچکتر و هدایت روزنه‌ای کمتر (بوکالب و هجلانوی^۸، ۲۰۱۱) و محتوای آب برگ بیشتر (انامل^۹ و همکاران، ۲۰۰۸) هستند. به طور کلی پژوهش‌های انجام گرفته در مورد اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی زیتون نشان داده است که برخی از ارقام آن دامنه وسیعی از مکانیسم‌های تحمل به خشکی را از خود نشان می‌دهند که

باعث ایجاد سازگاری فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در آن‌ها می‌شود (پیتراگالا و پسک^{۱۰}، ۲۰۱۲). فتوسنتز یکی از حساس‌ترین فرآیندهایی است که به شدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد. از این رو تحت شرایط تنش، بر خورداری از ظرفیت بالای فتوسنتزی به عنوان یک عامل مهم در بروز تحمل به تنش خشکی شناخته شده است. همچنین مشخص شده است که تفاوت میزان تحمل ارقام مختلف به میزان فتوسنتز آن‌ها وابسته است (باسلار^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۶). چارتزولاکیس^{۱۲} و همکاران (۱۹۹۹) در بررسی تغییرات روابط آبی، فتوسنتز و ساختار برگ دو رقم کرونیکی^{۱۳} و ماستوئیدس^{۱۴} به تنش خشکی گزارش کردند که رقم کرونیکی در مقایسه با رقم ماستوئیدس سرعت فتوسنتز بیشتر اما هدایت روزنه‌ای کمتری داشت. بین ارقام مورد بررسی در هندوستان، رقم لچینو^{۱۵} در طی تنش خشکی کمترین کاهش رشد را داشته است و پتانسیل آب برگ، فعالیت فتوسنتزی و جذب عناصر غذایی در آن افزایش و تنظیم کننده‌های اسمزی نظیر پرولین، آبسزیک اسید و اسیدهای آمینه در آن تجمع یافتند. تجمع این مواد به درختان زیتون امکان می‌دهد که به شرایط دیم سازگاری مناسبی داشته باشند. این نتایج نشان داد که رقم لچینو تنش خشکی را بهتر از دو رقم ارقام پندولینو^{۱۶} و گوردال دسویلا^{۱۷} تحمل می‌کند (کومار و شارما^{۱۸}، ۲۰۱۶). نتایج ارزیابی حسینی و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای در ارقام مورد بررسی می‌شود. بر اساس نتایج تحقیق بوکالب و هاجلاوی (۲۰۱۱) مشخص شد میزان رشد نسبی (RGR)، پتانسیل آب برگ (ψ/LW) و محتوای نسبی آب برگ (LWC) در هر دو رقم نهال‌های جوان دو رقم زیتون چملالی^{۱۹} و زلمتی^{۲۰} با افزایش تنش خشکی کاهش یافتند.

با توجه به تغییرات گسترده اقلیمی و اهمیت توسعه سطح زیرکشت زیتون در مناطق مختلف کشور، هدف این پژوهش

11. Bacelar
12. Chartzoulakis
13. Koroneiki
14. Mastoidis
15. Leccino
16. Pendolino
17. Gordal de Sevilla
18. Kumar and Sharma
19. Chemlali
20. Zolmati

1. Khaleghi
2. Gimenez
3. Sofo
4. Fernandez
5. Dichio
6. Bosabalidis and Kofidis
7. Trentacoste
8. Boughalleb and Hajlaoui
9. Enamel
10. Pietragalla and Pask

مورد نظر نیز با توجه به سطح تنش و حجم آب آبیاری تعیین شده برای تیمار شاهد محاسبه و اعمال شد. در رابطه فوق، I: آب ورودی به گلدان از طریق آبیاری، O: آب زهکش شده از انتهای گلدان و ΔS : جبران رطوبت خارج شده از خاک در فاصله بین دو آبیاری به علت تبخیر- تعرق گیاه می‌باشد. لازم به ذکر است که به منظور ممانعت از اعمال تنش شوری ناشی از املاح آب مورد استفاده در آزمایش، پس از محاسبه نیاز آبی از طریق رابطه (۱)، در هر نوبت آبیاری با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب آبیاری، جزء آبشویی از طریق رابطه (۲) محاسبه و اعمال شد (علیزاده، ۱۳۹۲).

$$(۲) \quad LR = \frac{EC_{iw}}{EC_p} I_c$$

که در آن LR: نیاز آب آبشویی، EC_{iw} و EC_p : به ترتیب هدایت الکتریکی آب آبیاری و آب زهکشی، I_c : حجم آب آبیاری می‌باشد.

پس از گذشت ۶۰ روز از شروع اعمال تیمار تنش، نمونه برداری‌ها انجام و برخی از صفات فیزیولوژی مرتبط با فرآیند فتوسنتز اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری‌ها

تعداد ۱۰ عدد برگ بالغ از میان شاخه‌ها در اطراف تاج هر یک از گیاهان مورد آزمایش، به‌طور تصادفی نمونه‌برداری شده و بلافاصله در کیسه‌های پلاستیکی مشکی جداگانه‌ای منتقل و در زمان آزمایش، پس از شسته شدن با آب مقطر و تمیز شدن با دستمال کاغذی به‌عنوان ماده تر گیاهی مورد استفاده قرار گرفتند. جهت اندازه‌گیری رنگیته‌های فتوسنتزی مقدار ۰/۵ گرم از ماده تر گیاهی با استفاده از نیتروژن مایع در هاون چینی آسیاب گردید. ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به هر یک از نمونه‌ها اضافه، سپس با دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردیده و عصاره‌های جدا شده فوقانی به بالن‌های شیشه‌ای منتقل شدند. بر اساس عصاره‌های استخراج شده، مقدار کلروفیل‌های a، b، کل و محتوای کاروتنوئید بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه در طول موج های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a، ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ نانومتر برای کاروتنوئیدها با استفاده از

ارزیابی پاسخ به تنش ارقام منتخب زیتون بر اساس ویژگی‌های فتوسنتزی و صفات مرتبط با آن در سطوح مختلف تنش خشکی بود و نتایج این پژوهش می‌تواند در بکارگیری این ارقام برای برنامه‌های اصلاحی آینده و یا استفاده جهت کشت در مناطق گرم و خشک مفید واقع شود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و شرایط رشد

درختان مورد ارزیابی در این پژوهش، تعداد شش رقم زیتون شامل آرکین^۱، زرد^۲، ابوسطل^۳، مانزانیا^۴، آمیگدالولیا^۵ و کنسروالیا^۶ بود که بر اساس صفات مورفولوژی مرتبط با تحمل به تنش خشکی در گلخانه ایستگاه تحقیقاتی زیتون طارم استان زنجان انتخاب شدند. طول و عرض جغرافیایی ایستگاه به ترتیب برابر ۴۹ درجه شرقی و ۳۶ درجه شمالی و ارتفاع از سطح دریا برابر ۳۵۰ متر بود. در سال ۱۳۹۶ نهال‌های یک‌ساله ارقام گزینش شده در گلدان‌های چهار لیتری حاوی ماسه، خاک مزرعه، پرلیت و کوکوپیت به ترتیب به نسبت ۱/۵:۱:۱:۱ کشت و به‌مدت شش ماه در شرایط آبیاری و تغذیه کامل کودی در گلخانه نگهداری شدند. در شرایط گلخانه کنترل دمایی وجود نداشت و تهویه هوا از طریق باز و بسته شدن پنجره‌ها صورت می‌گرفت. برای جلوگیری از اثرات مستقیم تابش نور و احتمال سوختگی نهال‌ها، در فصل تابستان از توری سایه‌انداز ۵۰ درصد استفاده شد. به منظور بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی روی نهال ارقام کشت شده آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در شش تکرار و چهار سطح آبیاری شامل ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ (شاهد) درصد ظرفیت زراعی انجام شد. اعمال سطوح آبیاری به مدت ۶۰ روز انجام گرفت. در هر نوبت آبیاری، حجم آب آبیاری شاهد از طریق روش بیلان حجمی یا روش لایسیمتری بر اساس رابطه (۱) تعیین شد (سیونکا^۷، ۱۹۸۹).

$$(۱) \quad I - O = \Delta S$$

در این روش ابتدا حجم معینی آب به گلدان تیمار شاهد اضافه شده و حجم آب زهکشی جمع‌آوری شد. سپس بر اساس رابطه (۱) حجم آب آبیاری برای هر گلدان محاسبه گردید. در نهایت حجم آب لازم برای تیمارهای خشکی

5. Amigdalolia
6. Konservolia
7. Cuenca

1. Arbequina
2. Zard
3. Abou-Satl
4. Manzanilla

استفاده از نرم‌افزارهای SPSS Statistics 23 و MSTAT-C و انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۱ نشان داده شده است. بین سطوح مختلف تنش خشکی از نظر محتوای کاروتنوئید، هدایت روزنه‌ای، میزان تعرق و شدت فتوسنتز (در سطح احتمال ۰/۱ درصد)، میزان کلروفیل a و بیوماس خشک (در سطح احتمال ۱ درصد)، کارایی مصرف آب لحظه‌ای (در سطح احتمال ۵ درصد) و همچنین بین ارقام از نظر میزان کلروفیل a، محتوای کاروتنوئید، هدایت روزنه‌ای، میزان تعرق و بیوماس خشک (در سطح احتمال ۰/۱ درصد)، کارایی مصرف آب ذاتی (در سطح احتمال ۱ درصد) و کارایی مصرف آب لحظه‌ای (در سطح احتمال ۵ درصد) اختلاف معنی‌دار بود. با این حال اثر متقابل بین سطوح تنش و رقم، تنها برای صفات محتوای کاروتنوئید (در سطح احتمال ۰/۱ درصد)، هدایت روزنه‌ای و کارایی مصرف آب لحظه‌ای (در سطح احتمال ۱ درصد) و میزان کلروفیل کل و میزان تعرق (در سطح احتمال ۵ درصد) معنی‌دار بود.

بررسی روند تغییرات صفات اندازه‌گیری شده نشان داد سطوح مختلف تنش خشکی منجر به کاهش و افزایش برخی از آن‌ها شده است (جدول ۲). از نظر میزان کلروفیل a بین سطح عدم تنش و سطوح تنش ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیشترین و کمترین میزان کلروفیل a به ترتیب در سطوح عدم تنش و تنش ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. بررسی روند کاهش این صفت در شرایط تنش در مقایسه با شرایط عدم تنش نشان داد بیشترین میزان کاهش در سطح تنش ۲۵ درصد ظرفیت زراعی رخ داده است (۲۲/۸۶ درصد). علاوه بر این، نتایج مقایسه میانگین ارقام مورد بررسی نشان داد رقم ابوسطل در شرایط عدم تنش، سطح تنش ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و رقم مانزانیلا در سطح تنش ۲۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به سایر ارقام دارای بیشترین میزان کلروفیل a بودند (شکل ۱-A). اگرچه از نظر میزان کلروفیل b اختلاف معنی‌داری بین سطوح تنش مشاهده نشد با این حال، در سطح تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در

دستگاه اسپکتوفتومتر و بر اساس روابط زیر برآورد گردید (آرنون^۱، ۱۹۴۹):

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A663 - 0.86 \times A645) / 100W$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A645 - 3.6 \times A663) / 100W$$

$$\text{Total chlorophyll} = (22.9 \times A645 + 8.02 \times A663) / 1000W$$

$$\text{Carotenoids} = 100(A470) - 3.27(\text{mg chl. a}) - 104(\text{mg chl. b}) / 227$$

W و V به ترتیب بیانگر حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ) و وزن تر نمونه بر حسب گرم می‌باشند.

با استفاده از دستگاه فتوسنتز متر قابل حمل (ADC (Bio Scientific Ltd.، شدت فتوسنتز خالص (PN)، میزان تعرق (TE) و هدایت روزنه‌ای (GS) یکی از برگ‌های بالغ میان یک شاخه در اطراف تاج هر یک از گیاهان مورد آزمایش، به طور تصادفی اندازه‌گیری شدند. علاوه بر این شاخص‌های کارایی ذاتی مصرف آب^۲ (Ins. WUE) و کارایی لحظه‌ای مصرف آب^۳ (Int. WUE) نیز بر اساس روابط زیر محاسبه شدند (مدرانو^۴ و همکاران، ۲۰۱۵):

$$\text{Ins. WUE} = \frac{PN}{GS}$$

$$\text{Int. WUE} = \frac{PN}{TE}$$

اختلاف درجه حرارت برگ با محیط نیز با استفاده از دماسنج لیزری مادون قرمز TESTO 83-T1 تعیین شد. در پایان نمونه‌برداری و اجرای آزمایش، ساقه و برگ نهال‌ها قطع و دو بار با آب معمولی و یکبار با آب مقطر شسته شده و در نهایت با انتقال به آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک و سپس وزن شده و به عنوان بیوماس خشک اندام‌های هوایی در نظر گرفته شدند.

تجزیه آماری

پس از ثبت داده‌های آزمایشی و بررسی فرض‌های تجزیه واریانس از قبیل توزیع نرمال داده‌ها، استقلال خطاهای آزمایشی و ... تجزیه واریانس به صورت فاکتوریل صورت گرفت. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف تنش و همچنین مقایسه واکنش ارقام در هر یک از سطوح تنش بر اساس روش دانکن و در سطح معنی‌دار با

3. Instantaneous water use efficiency
4. Medrano

1. Arnon
2. Intrinsic water use efficiency

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در شش رقم زیتون تحت تنش خشکی

میانگین مربعات											منبع تغییرات
بیوماس خشک (g)	کارآیی مصرف آب لحظه‌ای (μmol CO ₂ μmol ⁻¹ H ₂ O)	کارآیی مصرف آب ذاتی (μmol CO ₂ μmol ⁻¹ H ₂ O)	میزان فتوسنتز (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	میزان تعرق (μmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	هدایت روزنه‌ای (μmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	اختلاف دمای برگ با محیط (°C)	محتوای کاروتنوئید (mg g ⁻¹) وزن تر	کلروفیل کل (mg g ⁻¹) وزن تر	کلروفیل b (mg g ⁻¹) وزن تر	کلروفیل a (mg g ⁻¹) وزن تر	درجه آزادی
۲۴۷/۹۰**	۲۶۲۹/۶۹*	۲/۲۶ ^{ns}	۱۱۶/۴۵***	۲۵/۸۹***	۰/۰۳۳***	۱۱/۰۷ ^{ns}	۰/۰۰۴***	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۳۳**	۳ سطوح
۴۴۳/۹۱***	۵۹۳۶/۲۲*	۴/۹۳**	۶/۹۹ ^{ns}	۶/۰۱***	۰/۰۰۷***	۱/۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۳***	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۲۶***	۵ رقم
۴۳/۴۶ ^{ns}	۴۳۰۲/۳۴**	۱/۸۸ ^{ns}	۵/۷۸ ^{ns}	۱/۱۹*	۰/۰۰۲**	۰/۳۹ ^{ns}	۰/۰۰۱***	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۱۱ ^{ns}	۱۵ رقم × تنش
۳۹/۷	۱۹۴۲/۶۴	۱/۰۷	۳/۷۷	۰/۵۶	۱	۵/۹۲	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۶	۱۲۰ خطا

ns, *, ** و *** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵، ۱ و ۰/۱ درصد

جدول ۲- مقایسات میانگین سطوح مختلف تنش خشکی در شش رقم زیتون

ظرفیت زراعی	کلروفیل a (mg g ⁻¹) وزن تر	کلروفیل b (mg g ⁻¹) وزن تر	کلروفیل کل (mg g ⁻¹) وزن تر	محتوای کاروتنوئید (mg g ⁻¹) وزن تر	اختلاف دمای برگ با محیط (°C)	هدایت روزنه‌ای (μmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	میزان تعرق (μmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	میزان فتوسنتز (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	کارآیی مصرف آب ذاتی (μmol CO ₂ μmol ⁻¹ H ₂ O)	کارآیی مصرف آب لحظه‌ای (μmol CO ₂ μmol ⁻¹ H ₂ O)	بیوماس خشک (g)
٪۱۰۰	۰/۰۳۵ ^a	۰/۱۶۳ ^a	۰/۱۹۶ ^a	۰/۱۲ ^b	-۶/۱۳ ^a	۰/۰۹ ^a	۳/۲۰ ^a	۶/۹۸ ^a	۲/۵۰ ^a	۹۰/۵۹ ^b	۱۸/۸۲ ^a
٪۷۵	۰/۰۳۲ ^{ab}	۰/۱۶۱ ^a	۰/۱۹۳ ^a	۰/۱۳ ^b	-۶/۰۹ ^a	۰/۰۸ ^a	۲/۹۴ ^a	۷/۲۹ ^a	۲/۸۷ ^a	۱۰۹/۲۲ ^{ab}	۱۷/۷۹ ^a
RC ^a	۸/۵۷	۰/۶۲	۱/۵۳	-۲/۴	۰/۵۹	۱۱/۱۱	۸/۱۳	-۴/۴۴	-۱۴/۸	-۲۰/۵۷	۵/۴۷
٪۵۰	۰/۰۳۰ ^{bc}	۰/۱۶۶ ^a	۰/۱۹۶ ^a	۰/۱۳ ^b	-۵/۳۶ ^a	۰/۰۵ ^b	۲/۳۸ ^b	۵/۱۳ ^b	۲/۲۹ ^a	۸۸/۶۲ ^b	۱۶/۹۸ ^a
RC	۱۴/۲۸	-۲/۴۷	۰	-۴/۸	۱۲/۵۴	۴۴/۴۴	۲۵/۶۳	۲۶/۵	۸/۴	۲/۱۷	۹/۷۸
٪۲۵	۰/۰۲۲ ^c	۰/۱۵۴ ^a	۰/۱۸۳ ^a	۰/۱۵ ^a	-۵/۰۱ ^a	۰/۰۳ ^d	۱/۳۹ ^d	۳/۴۱ ^d	۲/۷۱ ^a	۱۱۶/۴۸ ^a	۱۲/۸۴ ^b
RC	۲۲/۸۶	۴/۹۴	۷/۱۴	-۱۹/۲	۱۸/۳	۶۶/۶۷	۵۹/۶۹	۵۱/۱۵	-۸/۴	-۲۸/۵۸	۳۱/۷۷

RC بیانگر درصد تغییرات نسبی بواسطه تنش در مقایسه با شرایط عدم تنش است.

ستون‌های دارای دست کم یک حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد بدون تفاوت معنی‌داری هستند.

افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی در مراحل بعدی رشد گیاه نیز به دلیل افزایش میزان رطوبت سطح داخلی برگ به دنبال لوله شدن برگ‌ها در نتیجه تنش خشکی می‌باشد (جالیل^۳ و همکاران، ۲۰۰۷). در بین رنگدانه‌های فتوسنتزی کاروتنوئیدها نقش مهمی در القای تحمل به تنش خشکی دارند. این رنگدانه‌ها گروهی از مولکول‌های بزرگ ایزو پرونوئیدی هستند که در اندامک‌های فتوسنتزکننده و بسیاری از غیرفتوسنتز کننده‌ها، سنتز می‌شوند. کاروتنوئیدها به کاروتن‌های هیدروکربنی مثل لیکوپن و بتاکاروتن یا زانتوفیل‌ها تقسیم می‌شوند. کاروتن‌ها بخش کلیدی سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی گیاه را تشکیل می‌دهند. با این حال به تخریب اکسیدکننده‌ها خیلی حساس

محتوای کلروفیل b یک روند افزایشی مشاهده شد و در این سطح رقم کنسروالیا دارای بیشترین مقدار کلروفیل b بود (شکل ۱- B). همچنین تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل کل نداشت به طوری که حتی در سطح تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی هیچ تغییری مشاهده نشد و تنها با افزایش سطح تنش به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی یک روند کاهشی جزئی (۷/۱۴ درصد) مشاهده گردید (جدول ۲). علاوه بر این ارقام مورد ارزیابی نیز از نظر میزان کلروفیل کل اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند (شکل ۱- C). یکی از اثرات سوء تنش خشکی کاهش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌باشد (احمدی^۱ و همکاران، ۲۰۱۸؛ تریزی و کادیوگلو^۲، ۲۰۰۶) که می‌تواند به دلیل کاهش مقدار نسبی آب برگ در مراحل اولیه رشد گیاه در شرایط تنش باشد و

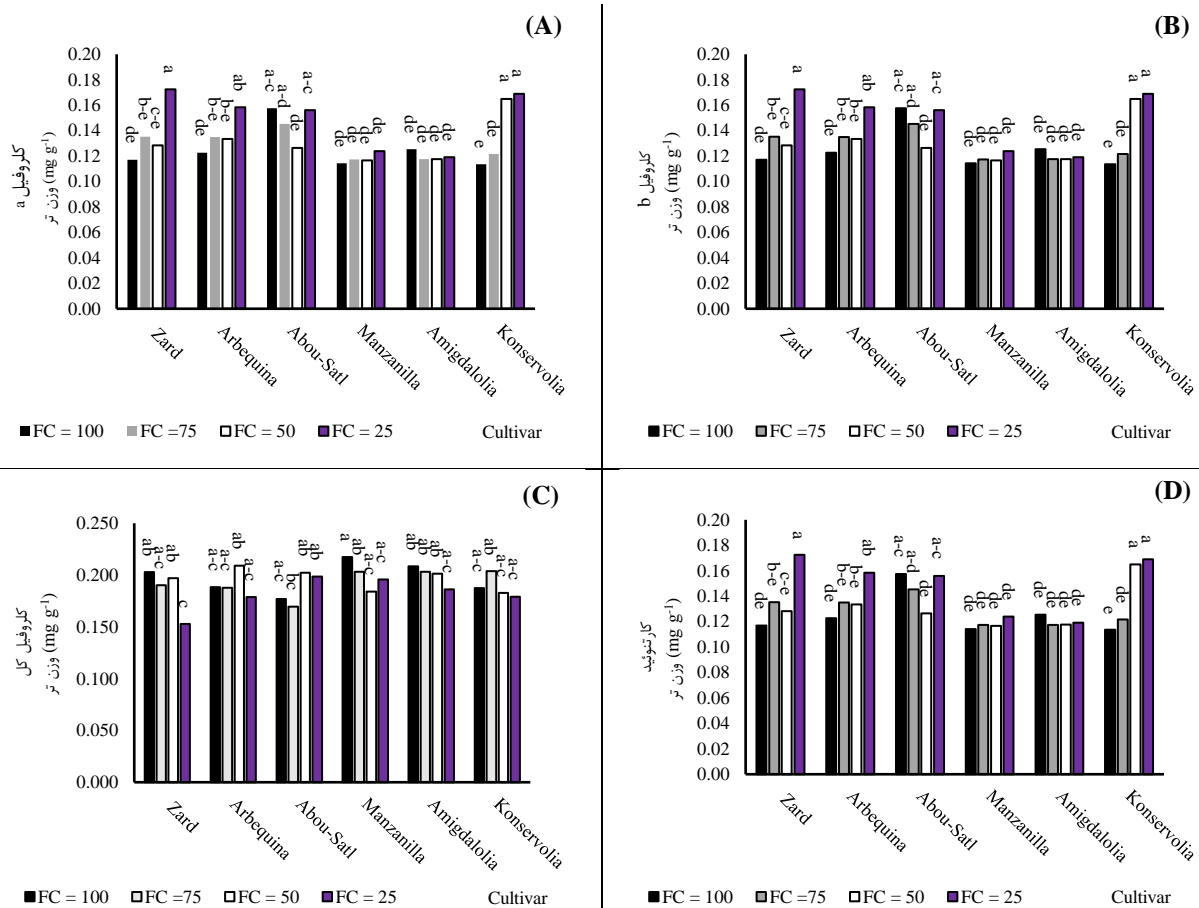
اثر متقابل ارقام زیتون و سطوح تنش خشکی بر صفات کلروفیل کل و کاروتنوئید، انتخاب ارقام بر اساس این صفت را پیچیده نمود. زیرا در هر یک از سطوح یک رقم نمود بهتری داشت. با این حال سه رقم ابوسطل، مانزانیلا و کنسروالیا نسبت به سایر ارقام در سطوح مختلف دارای بیشترین مقدار از این رنگدانه‌ها بودند (شکل ۱-C و D). با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد، محتوای کلروفیل برگ‌های زیتون با پیشرفت تنش خشکی کاهش می‌یابد و این میزان کاهش بر اساس نوع رقم نیز متغیر بود. در این رابطه شاهین^۴ و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که کاهش محتوای کلروفیل برگ‌ها در تنش خشکی به نوع رقم نیز بستگی دارد و نشان دادند که میزان کلروفیل برگ‌ها در تنش خشکی شدید (۲۵ درصد) در رقم کرونیکی بیشتر از ارقام مانزانیلا، کراتینا^۵ و اگیزی‌شامی^۶ بود. به طور کلی نتایج به دست آمده در این پژوهش با نتایج احمدی‌پور^۷ و همکاران (۲۰۱۸) نیز مطابقت نشان داد. این محققان در ارزیابی پاسخ به تنش خشکی تعدادی از ارقام زیتون نشان دادند که محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی رقم کنسروالیا از ارقام زرد و آمیگدالولیا بیشتر می‌باشد.

بررسی‌های مختلف نشان داده است که فتوسنتز یکی از حساس‌ترین فرآیندهایی است که تحت تأثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد. تنش خشکی باعث کاهش میزان فتوسنتز از طریق کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن می‌شود. با افزایش محدودیت جذب CO₂ تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) بیشتر شده که این امر تأثیر منفی بر پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و چربی‌های ضروری ساختار غشا سلولی دارد (آپل^۸ و هیرت، ۲۰۰۴). در بین صفات مرتبط با فتوسنتز هدایت روزنه‌ای (GS) نقش مهمی در تعادل وضعیت آب موجود در بافت و همچنین در فرآیند فتوسنتزی دارد. تحت شرایط تنش خشکی کاهش هدایت روزنه‌ای منجر به کاهش واکنش جذب نوری در PSII و سطح تنش ۲۵ درصد ظرفیت زراعی بود (جدول ۲). علاوه بر این ارقام مورد ارزیابی نیز از نظر این صفت پاسخ‌های متفاوتی در برابر سطح تنش از خود نشان دادند. همانگونه که در شکل ۲-A ملاحظه می‌شود رقم کنسروالیا در سطح بدون تنش و تنش در سطوح ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی

هستند (لیو^۱ و همکاران، ۲۰۱۱). بتاکاروتن‌ها در کلروپلاست‌های همه گیاهان سبز وجود دارند و به طور اختصاصی به هسته مرکزی کمپلکس‌های PSI و PSII متصل می‌باشند (هاوائوکس^۲، ۱۹۹۸). حفاظت از اثرات زیان‌آور گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) در این مکان‌ها برای فعالیت کلروپلاست ضروری است و کاروتنوئیدها نقش مؤثری در برابر آسیب‌های اکسیداتیو ایجاد شده توسط نور خورشید دارند، بنابراین افزایش نسبت کاروتنوئیدها به کلروفیل کل در گیاهان نشان‌دهنده افزایش تحمل آنها در مقابل تنش خشکی است (لیو و همکاران، ۲۰۱۱). در این راستا نتایج به دست آمده از این مطالعه به خوبی مؤید این موضوع بود. همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود میزان کلروفیل کل و کلروفیل b در سطوح عدم تنش و تنش خشکی دارای روندی نوسانی بودند. به طوری که هر دو در سطح تنش ۷۵ درصد کاهش، سپس در سطح تنش ۵۰ درصد افزایش و به دنبال آن در سطح تنش ۲۵ درصد کاهش یافته‌اند و روند کلی نشان می‌دهد با افزایش تنش خشکی مقادیر آن‌ها کم شده است. از نظر میزان کاروتنوئید نیز تنها سطح تنش ۲۵ درصد ظرفیت زراعی با بقیه سطوح تنش اختلاف معنی‌داری داشت. افزایش سطح تنش خشکی منجر به افزایش محتوای کاروتنوئید شد به طوری که میزان تغییرات نسبی این رنگدانه در سطوح تنش ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، بیشتر از سطح شاهد و به ترتیب ۲/۴۰، ۴/۸۰ و ۱۹/۲۰ درصد بود (جدول ۲). در این بررسی مشاهده گردید که با کاهش کلروفیل a در اثر افزایش سطح تنش خشکی، میزان کاروتنوئید افزایش یافت. دوپیس^۳ و همکاران (۲۰۱۳) نیز در بررسی خود به نتیجه مشابه در شرایط دیم در زیتون اشاره نمودند. ولی بوقالب و هجلای (۲۰۱۱) گزارش نمودند که در شرایط خشکی مقدار کاروتنوئید همراه با کلروفیل کاهش می‌یابد. بررسی مقایسه میانگین ارقام نشان داد که رقم ابوسطل در سه سطح عدم تنش، تنش ۷۵ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و رقم کنسروالیا در سطوح تنش ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و رقم آربکین و زرد در سطح ۲۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به دیگر ارقام دارای بیشترین محتوای کاروتنوئید بودند (شکل D-۱).

5. Coratina
6. Eggizi Shami
7. Ahmadipour
8. Apel and Hirt

1. Liu
2. Havaux
3. Doupis
4. Shaheen



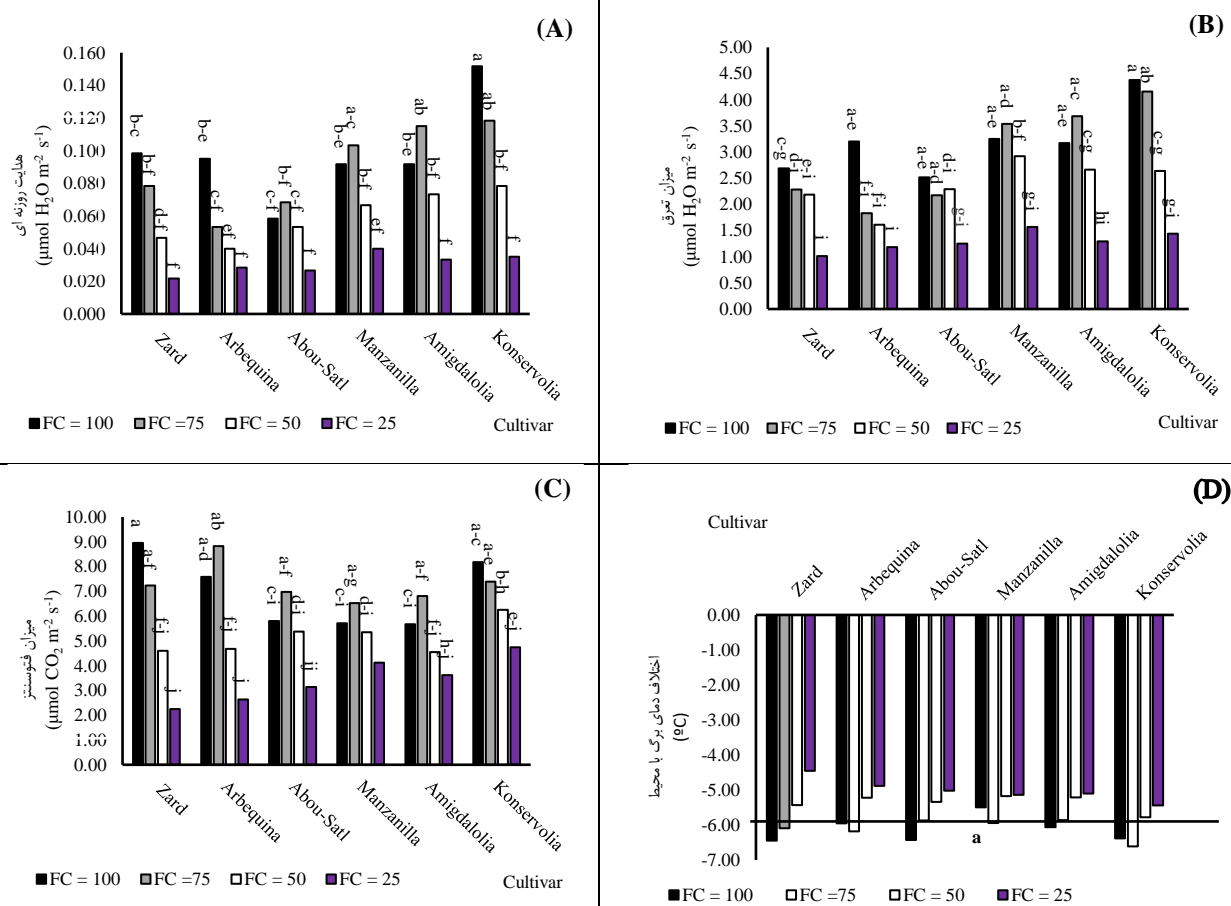
شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل ارقام زیتون و سطوح تنش خشکی بر (A) میزان کلروفیل a، (B) میزان کلروفیل b، (C) میزان کلروفیل کل و (D) محتوای کاروتنوئید. ستون‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.

۲۰۰۴). از این رو دو رقم کنسروالیا و مانزانلیا با کنترل هدایت روزنه‌ای خود توانسته‌اند شرایط تنش خشکی را تحمل و سطح پایدار فتوسنتز خود را حفظ نمایند. گزارش شده است بین هدایت روزنه‌ای و نرخ تعرق رابطه مثبتی وجود دارد. با توجه به نتایج مندرج در جدول ۲ مشاهده شد با افزایش سطح تنش خشکی و بسته شدن روزنه‌ها از نرخ تعرق برگ نیز کاسته شده و بیشترین میزان کاهش (۵۹/۶۹ درصد) آن در سطح تنش ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. بررسی روند نرخ تعرق در بین ارقام نیز نشان داد که با افزایش سطح تنش میزان تعرق صورت گرفته از برگ در کلیه ارقام بیشتر شده به طوری که می‌توان اظهار داشت این صفت علاوه بر متأثر بودن از شرایط تنش، تحت تأثیر ژنتیک گیاه نیز می‌باشد. با توجه به مقادیر میانگین نرخ تعرق هر رقم مشخص شد در کلیه سطوح تنش رقم کنسروالیا دارای بیشترین نرخ تعرق نسبت به سایر ارقام بود

نسبت به سایر ارقام دارای بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای بود و رقم مانزانلیا در سطح تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) از بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای برخوردار بود. تحت شرایط تنش خشکی روزنه‌ها در پاسخ به کاهش فشار تورژسانس، کاهش پتانسیل آب برگ و یا کاهش رطوبت اتمسفر بسته می‌شوند. لذا در این شرایط میزان آسیمیلاسیون دی‌اکسیدکربن در برگ‌ها کاهش می‌یابد. از طرف دیگر بسته شدن روزنه‌ها منجر به کاهش میزان تعرق و میزان دی‌اکسیدکربن موجود در برگ شده و لذا در پاسخ به دهیدراسیون و خشکی، تغییری در متابولیسم کربن سلولی اتفاق می‌افتد. در این شرایط ارقام متحمل به تنش خشکی عملکرد روزنه‌ای خود را کنترل می‌کنند تا بتوانند تثبیت کربن خود را حفظ نمایند. بنابراین در این ارقام، کارایی مصرف آب بهبود یافته و پس از جبران کمبود آب، روزنه‌های خود را سریعاً باز می‌کنند (زلاتیف و یوردانوف،

رقم در سطوح مذکور دارای کمترین میزان هدایت روزنه‌ای نیز بود (شکل ۲-B).

که این خصیصه با میزان هدایت روزنه‌ای آن رابطه خطی داشت. از طرف دیگر کمترین نرخ تعرق در سطوح تنش ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی متعلق به رقم آرکین بود و این



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل ارقام زیتون و سطوح تنش خشکی بر (A) هدایت روزنه‌ای، (B) نرخ تعرق، (C) میزان فتوسنتز و (D) اختلاف دمای برگ با محیط. ستون‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.

نداشت (جدول ۱). با افزایش سطح تنش تا ۷۵ درصد ظرفیت زراعی یک روند افزایشی در میزان فتوسنتز مشاهده شد (۴/۴۴ درصد) و پس از آن در سطوح تنش ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۲۶/۵۰ و ۵۱/۱۵ درصد کاهش یافت (جدول ۲). اگرچه بین ارقام مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری از نظر میزان فتوسنتز وجود نداشت با اینحال در کلیه سطوح تنش بیشترین میزان آن در رقم کنسروالیا مشاهده شد (شکل ۲-C). در واقع همانگونه که در شکل ۲-A نیز مشاهده شد این رقم در سطوح تنش ملایم و نسبتاً شدید دارای بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای بود. از این رو به نظر می‌رسد رقم کنسروالیا

در پژوهشی که توسط گریف^۱ و همکاران (۲۰۰۷) انجام گرفت، هدایت روزنه‌ای و نرخ تعرق برگ در بین ارقام زیتون از نظر ژنتیکی تفاوت معنی‌داری نشان داد. همچنین در پژوهش دیگری مشخص شد، ارقامی که قادر به حفظ تعادل بین هدایت روزنه‌ای و میزان تعرق هستند، نسبت به شرایط خشکی متحمل‌تر بوده و به خوبی قادر به حفظ عملکرد خود در مناطق گرم و خشک می‌باشند (بوقالب و هجلائی، ۲۰۱۱).

نتایج این پژوهش نشان داد، اثر تنش خشکی بر میزان فتوسنتز معنی‌دار بود، ولی بین ارقام مورد ارزیابی و همچنین اثر متقابل تنش با رقم اختلاف معنی‌داری وجود

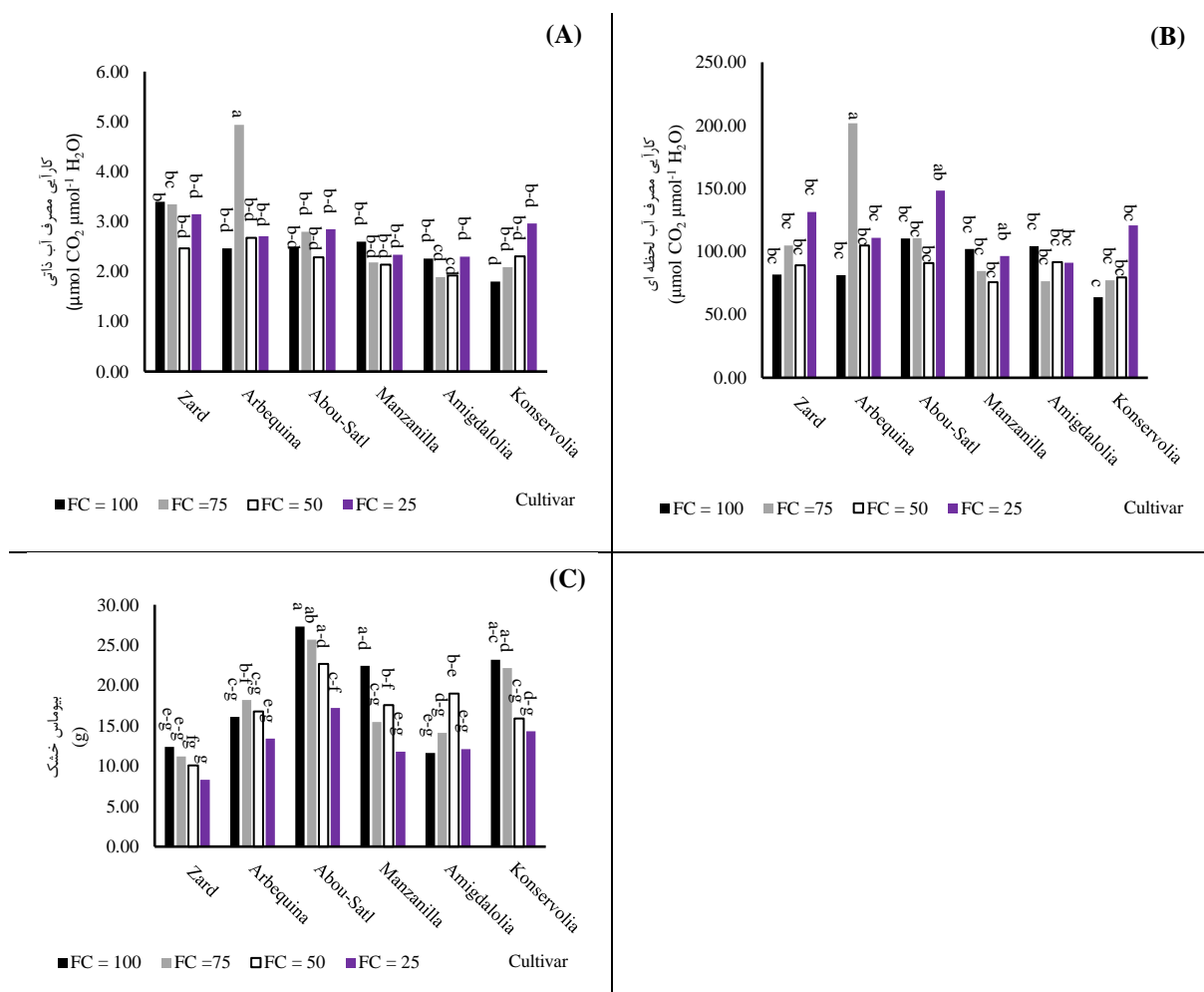
برگ با محیط افزایش یافت (جدول ۲). اندازه‌گیری دمای برگ یکی از روش‌های جدید برای تخمین میزان تنش آبی در گیاهان است (جلیلی‌مردی^۶ و همکاران، ۲۰۱۱). اختلاف دمای برگ و هوای مجاور آن بازتابی از میزان تعرق بوده و در شرایط کم آبی با بسته شدن روزنه‌ها، تبادل گازی ضعیف و کاهش خنک شدن گیاه توسط تعرق ارتباط دارد (حلیم^۷ و همکاران، ۱۹۸۹). گیاهان با بکارگیری مکانیسم‌های مختلفی از جمله افزایش مقاومت روزنه‌ای یا کاهش هدایت روزنه‌ای و حتی بستن کلی روزنه‌ها از انجام پدیده تعرق جلوگیری می‌کنند. بسته شدن روزنه‌ها و متعاقب آن کاهش تعرق سبب بالا رفتن دمای تاج گیاه می‌شود (اکبری و همکاران، ۱۳۹۴؛ لویت، ۱۹۸۰) و درجه حرارت گیاهی که تحت تنش قرار گرفته است، همواره بیشتر از گیاهی است که تحت تنش نیست (حسینی و امیدبیگی، ۱۳۸۲). از سوی دیگر جکسون^۸ (۱۹۸۲) گزارش نمود که به احتمال قوی به دلیل اثرات خنک‌کننده پدیده تعرق، دمای تاج گیاه پایین‌تر از دمای محیط در تیمارهای تنش خشکی است. درختان زیتون از طریق کاهش تعرق و افزایش جذب آب به دلیل داشتن ریشه‌های گسترده و عمیق خود می‌توانند کمبود آب را جبران کنند (اناجه^۹ و همکاران، ۲۰۱۰). کارآیی مصرف آب (WUE) به‌عنوان یک شاخص مهم در سنجش میزان تحمل ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد ارزیابی به تنش خشکی معرفی شده است (احمد^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۲). در این پژوهش نیز اختلاف معنی‌داری بین سطوح تنش و ارقام مورد بررسی از نظر کارآیی مصرف آب لحظه‌ای (WUEs) مشاهده شد. با این حال از نظر کارآیی مصرف آب ذاتی (WUEi) تفاوت معنی‌داری بین سطوح تنش وجود نداشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها، یک روند افزایشی را در کارآیی مصرف آب در سطوح تنش ۷۵ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی در مقایسه با سطح عدم تنش نشان داد. در این رابطه گزارش شده است که تنش خشکی تا ۴۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به افزایش کارآیی مصرف آب در ارقام گندم شده است (ژنگ^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۰). در واقع روند افزایشی کارآیی مصرف آب در شرایط تنش خشکی ممکن است به دلیل اثر بیشتر کمبود آب بر هدایت روزنه‌ای در

با کنترل هدایت روزنه‌ای و انجام تبادلات گازی توانسته است سطح بهینه فتوسنتز خود را در شرایط تنش خشکی حفظ نماید. نتایج پژوهش کومار و شارما (۲۰۱۶) در ارزیابی پتانسیل تحمل به تنش خشکی ارقام زیتون در شرایط دیم نیز نشان داد، تنش خشکی به طور معنی‌داری موجب کاهش میزان فتوسنتز و صفات مرتبط با آن می‌شود (کومار و شارما، ۲۰۱۶). در همین راستا، نتایج سایر محققان نیز نشان داد که تنش خشکی و یا خشکی منجر به کاهش فتوسنتز و پارامترهای مرتبط با آن، همچون هدایت روزنه‌ای و نرخ تعرق شد (ویسانی^۱ و همکاران، ۲۰۱۱؛ پیترآگالا و پسک، ۲۰۱۲؛ محلوجی و همکاران، ۱۳۹۳؛ پورابوقداره^۲ و همکاران، ۲۰۱۷؛ پورابوقداره و همکاران، ۲۰۱۹؛ گل محمدی و همکاران، ۱۳۹۹). کاهش فتوسنتز خالص در بررسی تأثیر تنش کمبود آب بر روابط آب، فتوسنتز و تجمع اسمولیت‌ها در گیاه دارویی نوروژک توسط دشتی و همکاران (۱۳۹۳)، نیز گزارش شده است. به طور کلی تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل و بطور غیرمستقیم از طریق کاهش ورود دی‌اکسیدکربن به داخل روزنه‌ها به علت شرایط کم‌آبی، سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می‌گردد (هسیاو^۳، ۱۹۷۳؛ لویت^۴، ۱۹۸۰؛ سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۱؛ حکمت‌شعار، ۱۳۷۲).

اگرچه از نظر اختلاف دمای برگ با محیط تفاوت معنی‌داری بین سطوح تنش و ارقام مشاهده نشد. ولی رقم کنسروالیا و ابوسطل دارای اختلاف دمایی برگ بیشتری بودند (شکل ۲-D). در واقع برتری این دو رقم در این رابطه به وضعیت پوشش تاج آن‌ها مربوط می‌شود. زیرا ارقامی که دارای پوشش تاج متراکمی هستند، برگ‌های آن‌ها با محیط اطراف خود اختلاف دمایی بالایی از خود نشان داده و دمای تاج آن‌ها کمتر از دمای محیط بوده و تنش گرمایی را بهتر از ارقام دارای پوشش تاج تنک تحمل می‌کنند. چام‌اوغلو^۵ (۲۰۱۳) بیان کرد دمای برگ ممکن است براساس نوع ژنوتیپ زیتون متفاوت باشد. در این آزمایش در اثر افزایش سطح تنش خشکی، مقادیر عددی هدایت روزنه‌ای و به دنبال آن میزان تعرق کم شده و در نتیجه اختلاف دمای

7. Halim
8. Jackson
9. Ennajeh
10. Ahmed
11. Zhang

1. Weisany
2. Pour- Aboughadareh
3. Hsiao
4. Levitt
5. Çamoğlu
6. Jalili Marandi



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل ارقام زیتون و سطوح تنش خشکی بر (A) کارآیی مصرف آب ذاتی، (B) کارآیی مصرف آب لحظه‌ای و (C) بیوماس خشک. ستون‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.

ارزیابی رقم ابوسطل با بیشترین مقدار بیوماس خشک در کلیه سطوح تنش به همراه رقم کنسروالیا نسبت به سایر ارقام نمود بهتری داشتند (شکل ۳-۳). دلفین^۳ و همکاران (۲۰۰۵) نیز در بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری بر روی گیاهان رزماری و نعنای به این نتیجه رسیدند که با افزایش شدت تنش آبی میزان فتوسنتز و بیوماس گیاه کاهش پیدا می‌کند. کاهش بیوماس و عملکرد در اثر تنش خشکی توسط عبدالجلیل^۴ و همکاران (۲۰۰۹) نیز در گیاهان تأیید شده است.

مقایسه با تثبیت کربن باشد (پرزپرز^۱ و همکاران، ۲۰۰۹؛ آنیا و هرزوغ^۲، ۲۰۰۴). در آزمایش انجام گرفته، هدایت روزنه‌ای و میزان تعرق با پیشرفت تنش خشکی به طور معنی‌داری کاهش و کارآیی مصرف آب لحظه‌ای افزایش نشان داد (جدول ۲) که با نتایج آزمایش دشتی و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت داشت. بررسی واکنش ارقام ارزیابی شده نشان داد ارقام ابوسطل، کنسروالیا و زرد نسبت به دیگر ارقام دارای بیشترین میزان کارآیی مصرف آب در شرایط تنش خشکی هستند (شکل‌های ۳-۳ و ۳-۲).

بیوماس خشک نهال‌های مورد ارزیابی نیز مشابه دیگر صفات متأثر از شرایط تنش بود و بیشترین میزان کاهش آن (۳۱/۷۷ درصد) در سطح تنش ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (جدول ۲). علاوه بر این در بین ارقام مورد

3. Delfine
4. Abdul Jaleel

1. Perez-Perez
2. Anyia and Herzog

نتیجه‌گیری کلی

گیری شده نمود بهتری داشته و می‌توانند در سطح باغ و نیز در سطح مولکولی بطور جامع‌تر مورد بررسی قرار گیرند. علاوه بر این با توجه به این نتایج می‌توان اظهار داشت که این ارقام در صورت برخورداری از عملکرد میوه قابل قبول می‌توانند به عنوان والدین ایده‌آل در برنامه‌های اصلاح برای افزایش تحمل به تنش خشکی استفاده شوند.

به طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش می‌توان شش رقم زیتون ارزیابی شده را بر اساس پاسخ خود به سطوح مختلف خشکی از یکدیگر متمایز نمود. لذا در این رابطه می‌توان اظهار داشت که ارقام ابوسطل و کنسروالیا به طور متوسط نسبت به شرایط تنش از نظر صفات اندازه

فهرست منابع

- اکبری، و.، جلیلی‌مردی، ر.، خارا، ج. و فرخزاد، ع. ۱۳۹۴. پاسخ دو رقم زیتون (ماری و میشن) به تیمار سایکوسل تحت شرایط تنش خشکی. علوم باغبانی ایران، ۴۶(۲): ۲۱۳-۲۲۳.
- جلیلی‌مردی، ر. ۱۳۸۹. فیزیولوژی تنش‌های محیطی و مکانیسم‌های مقاومت در گیاهان باغی (درختان میوه، سبزی‌ها، گیاهان زینتی و دارویی). انتشارات جهاد دانشگاهی. واحد آذربایجان غربی، (۱): ۶۳۶ ص.
- حسینی، ع. و امیدبیگی، ر. ۱۳۸۱. اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و متابولیکی ریحان. مجله دانش کشاورزی. ۱۲: ۴۷-۵۹.
- حسینی، س.ز.، سلیمانی، ع.، طاهری، م. و توکلی، ا. ۱۳۹۲. شاخص‌های تحمل به خشکی در برخی ارقام زیتون. مجله به نژادی نهال و بذر، ۱-۲۹ (۲): ۲۱۱-۲۲۶.
- حکمت‌شعار، ح. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار. انتشارات نیکنام، تبریز، ۲۵۱ ص.
- دشتی، م.، کافی، م.، توکلی، ح. و میرزا، م. ۱۳۹۳. تأثیر تنش کمبود آب بر روابط آب، فتوسنتز و تجمع اسمولایت‌ها در گیاه دارویی نوروک. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۲(۴): ۸۱۳-۸۲۱.
- سرمندیا، غ. و کوچکی، ع. ۱۳۷۱. جنبه‌های فیزیولوژیکی زراعت دیم. چاپ دوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۲۶ ص.
- علیزاده، ا. ۱۳۹۲. زهکشی جدید (برنامه‌ریزی طراحی و مدیریت سیستم‌های زهکشی). انتشارات دانشگاه امام رضا، ۴۹۶ ص.
- گل‌محمدی، م.، سفالیان، ا.، احمدی، ج.، طاهری، م.، قنبری، ع. و رسولی، و. ۱۳۹۹. ارزیابی پاسخ به تنش خشکی در برخی از ژنوتیپ‌های امیدبخش و ارقام ایرانی و خارجی زیتون با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر عملکرد. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی گرگان، ۲۷(۱): ۱۰۷-۱۲۷.
- محلوجی، م.، سیدشریفی، ر.، صدقی، م.، سبزه‌علیان، م.ر. و کمالی، م.ر. ۱۳۹۳. تأثیر شوری آب آبیاری و محلول‌پاشی کودهای نانو و کالت روی بر مؤلفه‌های فتوسنتزی ژنوتیپ‌های جو. نشریه تولید گیاهان زراعی، ۷(۴): ۴۱-۶۰.
- Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology, 11: 100-105.
- Ahmadi, J., Pour-Aboughadareh, A., Ourang, S.F., Mehrabi, A.A. and Siddique, K.H.M. 2018. Wild relatives of wheat: *AegilopsTriticum* accessions disclose differential antioxidative and physiological responses to water stress. Acta Physiologiae Plantarum, 40(5): 1-14.
- Ahmadipour, S., Arji, I., Ebadi, A. and Abdossi, V. 2018. Physiological and biochemical responses of some olive cultivars (*Olea europaea* L.) to water stress. Cellular and Molecular Biology, 64: 20-29.
- Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y. and Sakuratani, T. 2002. Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activity of mung bean subjected to waterlogging. Plant Science, 163: 117-123.
- Anyia, A.O. and Herzog, H. 2004. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under midseason drought. European Journal of Agronomy, 20: 327-339.
- Apel, K. and Hirt H. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. Annual Review of Plant Biology, 55: 373-399.
- Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24(1): 1-15.

- Bacelar, E.A., Santos, D.L., Moutinho-Pereira, J.M., Gonçalves, B.C., Ferreira, H.F. and 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(3): 596-605.
- Bosabalidis, A.M. and Kofidis, G. 2002. Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. *Plant Science*, 163: 375-379 .
- Boughalleb, F. and Hajlaoui, H. 2011. Physiological and anatomical changes induced by drought in two olive cultivars (cv Zalmati and Chemlali). *Acta Physiologia Plantarum*, 33: 53-65.
- Çamoğlu, G. 2013. The effects of water stress on evapotranspiration and leaf temperatures of two olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Zemdirbyste Agriculture*, 100(1): 91-98.
- Chartzoulakis, K., Patakas, A. and Bosabalidis, A.M. 1999. Changes in water relations, photosynthesis and leaf anatomy induced by intermittent drought in two olive cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 42(2): 113-120.
- Cuenca, R.H. 1989. Irrigation system design, an engineering approach. Prentice Hall. Inc. Englewood Cliffs. New Jersey. USA, 552 pp.
- Delfine, S., Loreto, F., Pinelli, P., Tognetti, R. and Alvino, A. 2005. Isoprenoids content and photosynthetic limitations in rosemary and spearmint plants under water stress. *Agriculture, ecosystems and environment*, 106(2-3): 243-252.
- Dichio, B., Xiloyannis, C., Sofo, A. and Montanaro, G. 2006. Osmotic regulation in leaves and roots of olive trees during a water deficit and re-watering. *Tree Physiology*, 26: 179-185.
- 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.
- Enamel, M., Tounekti, T., Vadel, A.M., Khemira, H. and Cochard, H. 2008. Water relations and drought-induced embolism in olive (*Olea europaea*) varieties Meski and Chemlali during severe drought. *Tree Physiology*, 28: 971-976
- Ennajeh, M., Vadel, A.M., Cochard, H. and Khemira, H. 2010. Comparative impacts of water stress on the leaf anatomy of a drought resistant and a drought sensitive olive cultivar. *Journal of Horticultural Science Biotechnology*, 85: 289-294.
- Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *International symposium on adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress, Taiwan*: 257-270.
- Gimenez, C., Feres, E., Ruz, C. and Orgaz, F. 1997. Water relations and gas exchange of olive trees: Diurnal and seasonal patterns of leaf water potential, photosynthesis and stomatal conductance. *Acta Horticulture*, 449: 411-415.
- Guerfel, M., Boujnah, D., Baccouri, B. and Zarrouk, M. 2007. Evaluation of morphological and physiological traits for drought tolerance in 12 Tunisian olive varieties (*Olea europaea* L.). *Journal of Agronomy*, 6(2): 356-361.
- Halim, R.A., Buxton, D.R., Hattendorf, M.J. and Carlson, R.E. 1989. Water-deficit effects on alfalfa at various growth stages. *Agronomy Journal*, 81(5): 765-770.
- Havaux, M. 1998. Carotenoids as membrane stabilizers in chloroplasts. *Trends Plant Science*, 3: 147-151.
- Hsiao, T.C. 1973. Plant response to water stress. *Annual Review of Plant Biology*, 24: 516-570.
- Jackson, R.D. 1982. Canopy Temperature and Crop Water Stress. *Advances in Irrigation*, 1: 43-85.
- Jaleel, C.A., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2007. Water deficit stress mitigation by calcium chloride in *Catharanthus roseus*; effects on oxidative stress, proline metabolism and indole alkaloid accumulation. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 60(1): 110-116.
- Jalili Marandi, R., Hassani, A., Dowlety Baneh, H., Azizi, H. and Hajitaghiloo, R. 2011. Effect of different levels of soil moisture on morphological and physiological characteristics of three grape cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 42(1): 31-40.
- Khaleghi, E., Arzani, K., Moallemi, N. and Barzegar, M. 2012. Evaluation of Chlorophyll Content and Chlorophyll Fluorescence Parameters and Relationships between Chlorophyll a, b and Chlorophyll Content Index under Water Stress in *Olea europaea* cv. 'Dezful'. *World Academy of Science Engineering and Technology*, 68: 2112-2115.

- Kumar, A. and Sharma, N. 2016. Characterization of olive cultivars for drought tolerance potential under rain fed conditions of Himachal Pradesh. *Indian Journal of Agriculture Science*, 50: 440-445.
- Levitt, J. 1980. *Responses of Plants to Environmental Stress*. (2 ed.). Academic Press. New York, 365-434.
- Liu, C., Liu, Y., Guo, K., Fan, D., Li, G., Zheng, Y., Yu, L. and 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.
- Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Flexas, J., Hernández, E., Rosselló, J., Pou, A., Escalona, J.M. and Bota, J. 2015. From leaf to whole-plant water use efficiency (WUE) in complex canopies: Limitations of leaf WUE as a selection target. *The Crop Journal*, 3: 220-228.
- Perez-Perez, J.G., Robles, J.M., Tovar, J.C. and Botia, P. 2009. Response to drought and salt stress of lemon 'Fino 49' under field conditions: Water relations, osmotic adjustment and gas exchange. *Scientia Horticulturae*, 122: 83-90.
- Pietragalla, J. and Pask, A.J.D. 2012. Physiological breeding II. In: H. Pietragalla, A.J.D., Pask, D. Mullan and Reynold, M.P. (eds), *A field guide to wheat phenotyping*. CIMMYT, Mexico, 15-17.
- Pour-Aboughadareh, A., Ahmadi, J., Mehrabi, A.A., Etminan, A., Moghaddam, M. and Siddique, K.H.M. 2017. Physiological responses to drought stress in wild relatives of wheat: Implications for wheat improvement. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39(4): 106.
- Pour-Aboughadareh, A., Omid, M., Naghavi, M.R., Etminan, A., Mehrabi, A.A., Pocza, P. and Bayat, H. 2019. Effect of water deficit stress on seedling biomass and physio-chemical characteristics in different species of wheat possessing the D genome. *Agronomy*, 9(9): 522.
- Shaheen, M.A., Hegazi, A.A. and Himmam, I.S.A. 2011. Effect of water stress on vegetative characteristics and leaves chemical constituents of some transplants olive cultivars. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 11: 663-670.
- Sofa, A., Manfreda, S., Fiorentino, M., Dichio, B. and Xiloyannis, C. 2008. The olive tree: a paradigm for drought tolerance in Mediterranean climates. *Hydrology and Earth System Sciences*, 12: 293-301.
- Terzi, R. and Kadioğlu, A. 2006. Drought stress tolerance and the antioxidant enzyme systems in *Ctenanthe setosa*. *Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica*, 48(2): 89-96.
- Trentacoste, E.R., Zanessi, O.C., Marshall, V.B. and Puertas, C.M. 2018. Genotypic variation of physiological and morphological traits of seven olive cultivars under sustained and cyclic drought in Mendoza. *Agricultural Water Management*, 196: 48-56.
- Weisany, W., Sohrabi, Y., Heidari, G., Siosemardeh, A. and GhassemiGolezani, K. 2011. Physiological responses of soybean (*Glycine max L.*) to zinc application under salinity stress. *Australian Journal of Crop Science*, 5(11): 1441-1447.
- Zhang, B., Liu, W., Chang, S.X. and Anyia, A.O. 2010. Water-deficit and high temperature affected water use efficiency and arabinoxylan concentration in spring wheat. *Journal of Cereal Science*, 52: 263-269.
- Zlatev, Z.S. and Yordanov, I.T. 2004. Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants, BULG. *Journal of Plant Physiology*, 30: 3-18.