

بسم الله الرحمن الرحيم

نشریه فنی

کاهش تنش خشکی در درختان زیتون با استفاده از برخی مواد تعدیل کننده تنش

تهیه کننده:

رحمت اله غلامی

استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.

صفحه	عنوان
۲	مقدمه
۳	اثرات تنش آبی بر درختان زیتون
۵	مکانیسم مقاومت درختان زیتون به تنش خشکی
۸	نقش برخی از مواد تعدیل کننده تنش در درختان زیتون
۹	نقش برخی ترکیبات با اثرات مختلف تعدیل کننده تنش بر فیزیولوژی و عملکرد درختان زیتون تحت شرایط تنش خشکی
۱۰	اثر تنش خشکی و مواد تعدیل کننده تنش خشکی بر پارامترهای رشدی درختان زیتون
۱۱	اثر تنش خشکی و مواد تعدیل کننده تنش خشکی بر شاخص سختی برگ
۱۲	اثر تنش خشکی و مواد تعدیل کننده تنش خشکی بر غلظت کلروفیل برگ
۱۳	اثر تنش خشکی و مواد تعدیل کننده تنش خشکی بر پارامترهای فتوسنتزی
۱۴	اثر تنش خشکی و مواد تعدیل کننده تنش خشکی بر مقدار کربوهیدرات‌های موجود در برگ
۱۴	اثر تنش خشکی و مواد تعدیل کننده تنش خشکی بر پارامترهای عملکردی
۱۵	اثر تنش خشکی و مواد تعدیل کننده تنش خشکی بر دمای برگ
۱۵	نتیجه گیری
۱۶	منابع

زیتون یکی از درختان مهم میوه بوده که از لحاظ تهیه کنسرو و روغن مورد توجه اکثر کشورها می‌باشد. به دلیل وجود شرایط مستعد برای پرورش زیتون و نیاز کشور به تولید روغن، این محصول از نظر اقتصادی اهمیت زیادی دارد. یکی از مهم‌ترین مسائل در توسعه کشت زیتون، تامین آب مورد نیاز آبیاری درختان است. با توجه به خطر جدی کمبود آب و خشکسالی به‌ویژه طی چند سال اخیر، اتخاذ روش‌های مناسب در بهره‌برداری بهینه از منابع آبی ضروری است که از این میان می‌توان به استفاده از ارقام مقاوم (غلامی، ۱۳۹۵)، تعیین زمان‌های بحرانی آبیاری (Gholami *et al.*, 2016)، استفاده از مالچ (Gholami *et al.*, 2013a) و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی (Gholami *et al.*, 2013b) اشاره نمود.

کاهش رشد، اولین واکنش گیاهان در برابر تنش کم آبی است. تنش خشکی خصوصیات رویشی درختان زیتون از جمله ارتفاع، وزن تر و خشک اندام‌ها، تعداد و سطح برگ و ... را تحت تاثیر قرار می‌دهد. سطح برگ نیز با خشک شدن خاک کاهش یافته و تغییرات سازگاری در توزیع ماده خشک، افزایش در نسبت ریشه به شاخساره همراه است (Higgs and Kelin, 1990). یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های سازگاری گیاهان به شرایط کم آبی، پدیده تنظیم اسمزی است که در درختان زیتون، پسته و بادام گزارش شده است (Chartzoulakis *et al.*, 2000). تحمل به تنش خشکی می‌تواند نتیجه تولید و یا تجمع محلول‌های اسمزی سازگار باشد. تجمع اسمولیت‌های^۱ سازگار مؤثر در امر تنظیم اسمزی با پایین رفتن پتانسیل اسمزی به سلول اجازه می‌دهد که آب بیشتری را از محیط جذب کند. بنابراین اثر جبران کننده سریع بر کمبود آب در گیاه را دارد (Rieger, 1995). مقاومت گیاه همراه با بیان ژن‌ها و سنتز پروتئین‌ها می‌باشد. زیتون از جمله گیاهانی است که در هنگام خشکی با پایین نگه داشتن پتانسیل آب برگ می‌تواند در برابر خشکی مقاومت نماید (Xiloyannis *et al.*, 1999). چنین پاسخی نیز توسط (Chartzoulakis *et al.*, 2000) گزارش شده است.

¹ Osmolites

اثرات تنش آبی بر درختان زیتون

آب یکی از عوامل محدودکننده مهم برای تولیدکنندگان محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان می‌باشد. تحقیقات زیادی بر روی عکس‌العمل ارقام مختلف زیتون در جهان به تنش کم آبیاری صورت گرفته است ولی در ایران با توجه به نوپا بودن تحقیقات بر روی واکنش ارقام زیتون به تنش کم آبیاری در شرایط مزرعه، نیاز به تحقیقات گسترده‌تری وجود دارد. غلامی (۱۳۹۵) نشان داد که اعمال تنش خشکی در شش رقم زیتون در شرایط مزرعه بر رشد رویشی، میزان عملکرد میوه و روغن اثر دارد. اگر چه زیتون به عنوان یک درخت مقاوم به خشکی شناخته شده است و مناسب کاشت در شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای می‌باشد، اما نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که پاسخ خوبی به آبیاری تکمیلی نشان می‌دهد. در مقایسه با شرایط دیم، مشاهده شده است آبیاری تکمیلی منجر به افزایش رشد شاخه، حجم تاج و قطر تنه درختان جوان زیتون می‌گردد (Perez-Lopez et al., 2007؛ Grattan et al., 2006). در آزمایشی که توسط (Fernandez et al., 1991) روی رشد و حرکت ریشه تحت رژیم‌های مختلف آب خاک انجام شد، واکنش درختان سه ساله زیتون رقم مانزانایلا مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که ارتباط نزدیکی بین رشد ریشه و میزان آب خاک در سراسر فصل رشد وجود داشت. سیستم ریشه درختان زیتون رقم کالامون در نواحی مرطوب نزدیک به قطره‌چکان‌ها نسبت به نواحی با رطوبت کم یا بدون رطوبت شش تا هفت برابر متراکم‌تر بودند (Michelakis, 1995).

عربی بیکوردی و همکاران (۱۳۸۶) تاثیر تنش خشکی روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژی دو رقم زرد زیتون و محلی باغ ملک را با اعمال چهار تیمار آبیاری شامل ۱۰۰-۷۵، ۷۵-۵۰، ۵۰-۲۵ و ۲۵-۰ درصد بر اساس نیاز آبی درختان زیتون، مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش نشان داد در تیمارهای آبیاری اول و دوم وزن تر و خشک ساقه، برگ و ریشه و همچنین طول ریشه به‌طور معنی‌داری، بیشتر از سایر تیمارهای آبیاری بود.

نتایج پژوهش (Fernandez et al., 1997) نشان داد که عکس‌العمل رشدی و رشد شاخه‌ها به کمبود آب به مقدار خیلی زیادی به ژنوتیپ گیاه بستگی داشت. همچنین واکنش زیتون رقم کراتینا^۲ هفت سال بعد از کاشت تحت شرایط

² Coratina

عدم آبیاری و آبیاری مورد بررسی قرار گرفت، وزن خشک قسمت هوایی حدود ۸۰ درصد در گیاهان آبیاری شده بیشتر از گیاهان آبیاری نشده بود. اما اختلاف در وزن خشک ریشه زیاد نبود (Dichio *et al.*, 1997).

نتایج پژوهش (Di Vaio *et al.*, 2013) که در آن سه رژیم آبیاری ۱۰۰ درصد، ۵۰ درصد و ۲۵ درصد تبخیر و تعرق شاهد بر اساس روش وزنی روی دو رقم زیتون لچینو و راسیوپلا را در شرایط گلدانی مورد مطالعه قرار دادند، نشان داد که رشد شاخه، سطح کلی برگ، تجمع ماده خشک و پخش آن در قسمت‌های مختلف نهال زیتون به وسیله رژیم‌های آبیاری و رقم تحت تاثیر قرار می‌گیرد.

در پژوهش ۵ ساله روی درختان زیتون رقم کالامون^۳، نتایج نشان داد که پارامترهای رشدی مانند ارتفاع، حجم تاج و قطر تنه در درختان بدون آبیاری در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری کمتر بود (Michelakis, 1995).

اعمال تنش خشکی در ژنوتیپ‌های محلی زیتون (غلامی، ۱۳۸۷) در شرایط مزرعه باعث کاهش ارتفاع درخت، قطر تنه، رشد و قطر شاخه سال جاری گردید. در آزمایش سه ساله‌ای که (Nuzzo *et al.*, 1997) روی درختان زیتون رقم کراتینا تحت تنش خشکی انجام دادند، مشاهده کردند که سطح برگ و وزن خشک نهایی درختان زیتون تحت تنش خشکی به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد کاهش نشان داد. نتایج پژوهش (Goldhamer *et al.*, 1993) نشان داد که در درختان بالغ زیتون میزان رشد شاخه‌ها با افزایش میزان آب آبیاری افزایش می‌یابد. در پژوهشی (Williams *et al.*, 1999) دو تیمار آبیاری را برای بوته‌های گل رز اعمال کردند. در تیمار اول (تنش متوسط) هر زمان که رطوبت خاک به حد ۷۵ درصد آب قابل دسترس رسید، گیاهان آبیاری شدند در تیمار دوم (تنش شدید) مقدار ۶۰ درصد آب قابل دسترس اعمال گردید. تنش متوسط، باعث کاهش اندازه برگ تا ۲۰ درصد شد. ولی تنش شدید، تعداد برگ و سطح کلی برگ را به میزان ۴۰ درصد کاهش داد.

تنش خشکی ویژگی‌های رویشی درختان زیتون از جمله ارتفاع درخت، وزن تر و خشک اندام‌های مختلف، تعداد و سطح برگ را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Higgs and Jones, 1990؛ Perez-Martin *et al.*, 2014).

در یک آزمایش سه ساله روی پنج رقم زیتون به نام‌های آسکولانا تنرا^۴، کالاماتا^۵، نوسلارا دل بلیس^۶، ایترا^۷ و مایاتیکا^۸ تحت تیمارهای مختلف آبیاری (بدون آبیاری، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد) مشاهده گردید که قطر تنه ارقام تحت

³ Kalamon

تیمارهای آبیاری، اختلاف نشان دادند. قطر تنه در انتهای آزمایش برای تیمارهای بدون آبیاری، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق به ترتیب ۴/۹۲، ۶/۶، ۷/۶، و ۷/۷۳ سانتی متر بود (Magliulo *et al.*, 1999).

در پژوهش (Rosecrance *et al.*, 2015) در باغ‌های متراکم زیتون رقم آربکین مشاهده کردند که کم آبیاری، رشد رویشی، قطر تنه درخت و رشد شاخساره را کاهش داد.

مکانیسم مقاومت درختان زیتون به تنش خشکی

گیاهان با مکانیسم‌های مختلفی با تنش‌های آبی مقابله می‌کنند. یکی از این مکانیسم‌ها کاهش عمل تعرق در گیاه می‌باشد، اما به علت هم مسیر بودن دی اکسید کربن و آب، بستن روزنه‌ها باعث کاهش هدر روی آب از طریق برگ می‌شود و میزان جذب کربن را نیز کاهش می‌دهد (کاهش آسمیلاسیون). تعدیل اسمزی به وسیله تولید و تجمع مواد در سیتوسول^۹ یا واکوئل‌ها یا تولید مواد اسمزی فعال مانند پرولین، گلایسین بتائین^{۱۰} و پلیمر مکانیسم دیگری است که گیاه به منظور مقابله با شرایط تنش خشکی از آنها بهره می‌برد (Roussos *et al.*, 2010).

برگ‌های درختان زیتون نیز چندین ویژگی به منظور حفظ انجام فتوسنتز در شرایط تنش خشکی دارند. از جمله با افزایش تعداد سلولهای مزوفیل برگ و متعاقب آن افزایش کلروپلاست باعث جذب دی اکسید کربن می‌شوند (Roussos *et al.*, 2010).

مقدار کم آب برگ و کاهش میزان آب، باعث تولید اکسیژن فعال می‌شود که به ساختارهای درونی سلول و ملکول‌های بزرگ در گیاه صدمه می‌زند. این واکنش غیر قابل برگشت می‌باشد چراکه برگ نمی‌تواند انرژی نور اضافی را

⁴ Ascolana Tenera

⁵ Kalamata

⁶ Nocellara del Belice

⁶ Itrana

⁸ Maiatica

⁹ Cytosol

¹⁰ Glycine betaine

مصرف کند بنابراین روزنه بسته می‌شود و حالت تابش شدید روی برگ باعث انتقال الکترون به اکسیژن شده و تولید اکسیژن فعال می‌کند. بنابراین دمای بالا، رشد و نمو را مهار می‌کند. زمانیکه روزنه بسته می‌شود میزان تبخیر از برگ کاهش و بنابراین دمای برگ به علت عدم خنک شدن آن در اثر پدیده تعرق برگ، بالا می‌رود. دمای بالای ۳۵ درجه سانتی‌گراد در شرایط آب و هوایی مدیترانه در طول تابستان به طور قابل توجهی فعالیت رویسکو^{۱۱} را کاهش می‌دهد و باعث محدود شدن فتوسنتز می‌گردد (Denaxa et al., 2012).

درختان زیتون از طریق کاهش تعرق و افزایش جذب آب به دلیل داشتن ریشه‌های گسترده و عمیق، می‌توانند کمبود آب را جبران کنند. علاوه بر این، درختان زیتون به دلیل حفظ آب داخلی برگ و فعالیتهای متابولیکی کافی، قادر به تحمل کم آبی شدید و زنده ماندن هستند (Coonor et al., 2005؛ Ennajeh et al., 2009). به همین دلیل، درختان زیتون دارای طیف گسترده‌ای از سازگاری‌های آناتومی، فیزیولوژی، بیوشیمیایی و بیوفیزیکی در اکثر مناطق مدیترانه‌ای، که به طور معمول در آن زیتون پرورش داده می‌شود، می‌باشند. در واقع، عملکرد باغات زیتون اغلب توسط کمبود آب تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Coonor et al., 2005). در زیتون، یک سری از عوامل به طور همسو در برابر تنش خشکی عمل می‌کند. مرتبطترین این مکانیسم‌ها شامل، تنظیم بسته شدن روزنه و تعرق (Nogues and Baker, 2000)، تنظیم تبادل گازی، تنظیم اسمزی بسیار تکامل یافته، تغییر آناتومیکی برگ (Chartzoulakis et al., 1999)، تنظیم سیستم آنتی‌اکسیدانی (Bacelar et al., 2007)، توانایی استخراج آب از خاک به دلیل داشتن سیستم ریشه عمیق (Fernandez et al., 1997) و یک شیب پتانسیل بالای آب بین تاج و سیستم ریشه (Tombesi et al., 1986) می‌باشند.

یکی از مهمترین مکانیسم‌های سازگاری گیاهان به شرایط کم آبی پدیده تنظیم اسمزی است که در درختان زیتون، پسته و بادام گزارش شده است و تحمل به تنش خشکی نتیجه تولید و یا تجمع محلول‌های اسمزی سازگار از قبیل پرولین و کربوهیدرات‌های محلول در گیاهان می‌باشد. تجمع اسمولیت‌های سازگار مؤثر در امر تنظیم اسمزی با پایین رفتن پتانسیل اسمزی به سلول اجازه می‌دهد که آب بیشتری را از محیط جذب کند. بنابراین اثر جبران کننده سریع بر کمبود آب در گیاه را خواهد داشت (Rieger, 1995) درخت زیتون از جمله گیاهانی است که در هنگام خشکی با پایین نگه داشتن پتانسیل آب برگ می‌تواند در برابر خشکی مقاومت نماید (Xiloyannis et al., 1999). استفاده از گزینش

¹¹Robosco

متابولیسم، ما را در درک بهتر مولفه‌های فیزیولوژیکی کنترل کننده واکنش‌های گیاهی به عوامل غیره زنده تنش یاری می‌نماید (Dichio *et al.*, 2003). پژوهش‌های انجام گرفته در مورد اثر تنش کم آبیاری بر ویژگی فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان نشان می‌دهد که برخی از گونه‌های گیاهی دامنه وسیعی از مکانسیم‌های تحمل به خشکی را از خود نشان می‌دهند که باعث ایجاد سازگاری‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی می‌گردد (Petridis *et al.*, 2012). واکنش فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ارقام زیتون به کم آبیاری بر حسب مرحله فنولوژی، شدت تنش، نوع رقم و سایر عوامل محیطی متغیر می‌باشد (Pierantozzi *et al.*, 2013).



محلول پاشی درختان زیتون با آب (تیمار شاهد)، دو و چهار درصد کاتولین (به ترتیب از اول به آخر). ایستگاه تحقیقات

زیتون دالاهو شهرستان سرپل ذهاب



استفاده از تیمار مالچ کاه و کلش و پلی اتیلن (ایستگاه تحقیقات زیتون دالاهو شهرستان سرپل ذهاب)

نقش برخی از مواد تعدیل کننده تنش در درختان زیتون

یکی از مواد تعدیل کننده تنش در گیاهان، ذرات رس کائولین می باشد که هدف از کاربرد این ماده در گیاهان کاهش فشار دما بر برگ ها و میوه های گیاهان بوده و بنابراین از صدمات آفتاب سوختگی نیز جلوگیری می کند. از این مواد به منظور جلوگیری از اثرات گرمای زیاد بر میوه های حساس مانند سیب، گوجه فرنگی و خربزه استفاده کردند همچنین از این طریق باعث دفع حشرات شدند که این در کشاورزی ارگانیک می تواند، حایز اهمیت باشد (Glenn and Puterka, 2005).

برمه و همکاران (۱۳۹۰) اظهار داشتند که کائولین با کاهش تنش نوری و دمایی از طریق انعکاس تشعشعات نوری و پایین آوردن دمای برگ اثر مثبتی بر روابط آبی و رفتار روزنه ای درختان زیتون می گذارد. همچنین کائولین از میزان پرولین برگ کاست (پرولین از جمله اسیدآمینوهای دخیل در تنظیم اسمزی در شرایط تنش می باشد). باتوجه به نتایج تحقیق آن ها، ارقام کایلت و بلیدی در مقایسه با ارقام میشن و کنسروالیا ویژگی های فیزیولوژی بهتری داشتند.

آمبیول^{۱۲} یکی دیگر از ترکیبات تعدیل کننده تنش در گیاهان بوده که عمدتاً جهت کاهش اثرات تنش اکسیداتیو که در اثر تنش‌های محیطی ایجاد می‌گردد، استفاده می‌شود و نیز به عنوان تنظیم کننده رشد گیاه عمل می‌کند. ترکیبات آمبیول از مشتقات ۵- هیدرواکسی بنزیمیدازول می‌باشد که یک ترکیب مصنوعی آنتی اکسیدانت بوده و مشخص شده است که خاصیت آنتی اکسیدانت و ضد استرسی را دارد و از طریق پایداری غشاء سلولی، میزان تعرق گیاه را کاهش و کارایی مصرف برگ را افزایش می‌دهد (Denaxa et al., 2012).

گلایسین بتائین یکی دیگر از ترکیباتی است که نقش تعدیل کننده تنش در گیاهان را دارد. گلایسین بتائین ترکیباتی آمونیومی با عمل تنظیم کنندگی اسمزی بوده که در سطح وسیع در گیاهان تحت تنش خشکی استفاده می‌شود و نتایج امید بخشی را داشته است.

به طور کلی در استفاده از این مواد تعدیل کننده تنش در گیاهان، گلایسین بتائین نقش تنظیم کننده اسمزی را در گیاه دارد. ذرات رس کائولین نقش پخش نمودن تشعشعات گرمایی دارند و ترکیبات آمبیول به عنوان ماده آنتی اکسیدانت در گیاهان عمل می‌کنند.

اثرات ترکیبات تعدیل کننده تنش بر فیزیولوژی و عملکرد درختان زیتون تحت شرایط تنش

خشکی

درختان زیتون رقم کرونا یکی دو ساله ریشه‌دار شده تحت تاثیر دو رژیم آبیاری قرار گرفتند. رژیم آبیاری شاهد (شرایط بدون تنش آبی) و تنش شدید آبی که سه نوع ماده تعدیل کننده اثرات تنش خشکی شامل گلایسین بتائین که نوعی اسمولیت می‌باشد، آمبیول که به عنوان آنتی اکسیدانت عمل می‌کند و ذرات رس کائولین که منعکس کننده تشعشعات و گرما می‌باشد، مورد استفاده قرار گرفتند. اثرات کاربرد این مواد و رژیم‌های آبیاری بر روی خصوصیات برگ، رشد شاخه و ریشه، میزان فتوسنتز و غلظت هیدراته‌های کربن برگ و نیز عملکرد درختان زیتون مورد بررسی قرار گرفت. تمامی مواد کاهش دهنده اثرات تنش خشکی باعث کاهش اثرات تنش خشکی در درختان زیتون بر اساس نوع ماده به کار برده شده، گردیدند. درختان آبیاری شده رشد بهتری نسبت به درختان آبیاری نشده نشان دادند و میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و کارایی مصرف آب تحت شرایط تنش خشکی کاهش یافت در حالیکه این وضعیت در مورد مقدار دی

¹² Ambiol

اکسید کربن بین سلولی برعکس بود. تنش خشکی باعث افزایش غلظت ساکارز موجود در برگ شد در حالیکه کاربرد آمبیول باعث افزایش غلظت نشاسته شد و گلايسین بتائين نیز این حالت را ایجاد کرد. در بین مواد به کار برده شده آمبیول و گلايسین بتائين اثرات معنی داری بر مقدار آب برگ، میزان فتوسنتز و مقدار عملکرد میوه تحت شرایط تنش خشکی و بدون تنش داشتند (Roussos *et al.*, 2010).

اثر تنش خشکی و مواد تعدیل کننده تنش خشکی بر پارامترهای رشدی درختان زیتون

تنش آبی اثرات منفی معنی داری بر روی پارامترهای رشدی درختان زیتون دارد. رشد شاخه به کمبود آب بسیار حساس بوده با توجه به اینکه در باغ‌های جوان رشد شاخه بسیار مهم است چرا که میزان رشد شاخه در زمان نونهالی درختان جهت اسکلت بندی درختان زیتون، موثر می‌باشد (Moriana *et al.*, 2003). میزان رشد قطری تنه شاخص دیگر حساس به تنش خشکی می‌باشد (Moriana *et al.*, 2003).

کاهش میزان آب در درختان زیتون، باعث کاهش میزان رشد رویشی شده که این در اثر کاهش میزان فتوسنتز به علت بسته شدن روزنه‌ها و نیز به علت کاهش کارایی عملکرد سیستم ریشه می‌باشد. تنش خشکی باعث کاهش حجم ریشه شده در نتیجه تامین آب و مواد معدنی قسمت‌های هوایی درخت دچار مشکل شده و یا با تاخیر صورت می‌گیرد (Grattan *et al.*, 2006 : Bosabalidis and Kofidis, 2002).

مواد تعدیل کننده تنش به علت تقسیم مواد فتوسنتزی بیشتر به قسمت‌های درختان زیتون، باعث می‌شوند که وزن خشک در قسمت تاج درخت بیشتر شود (Bacelar *et al.*, 2007) و یا در اثر استفاده از ماده گلايسین بتائين میزان هدر روی آب به علت خاصیت تنظیم اسمزی این ماده، کاهش می‌یابد (Borsos-Matovina and Blake, 2001) و آمبیول که به‌عنوان ماده ضد تعرق و رس کائولین (موثر در کاهش دمای برگ)، باعث کاهش میزان تعرق در درختان زیتون می‌گردند (Perez-Lpez *et al.*, 2007). مقایسه درختان زیتون تحت شرایط تنش خشکی و عدم تنش نشان داد که قطر تنه، طول شاخه، ارتفاع درخت، حجم تاج، حجم ریشه و میزان ماده خشک در درختان آبیاری شده در مقایسه با درختان آبیاری نشده بیشتر است. در میان مواد به کار برده شده، ذرات رس کائولین، بیشترین وزن تاج درختان زیتون را ایجاد کرد و حجم تاج را به طور معنی داری نسبت به ارقام شاهد افزایش داد. بر اساس تجمع مقدار مواد خشک، کاربرد گلايسین بتائين باعث ایجاد شاخص نسبی تعدیل به میزان ۱۲۸/۲۰ درصد و شاخص نسبی تحمل به

میزان ۷۹/۹۰ درصد شد. ذرات رس کائولین باعث ایجاد شاخص نسبی تعدیل به میزان ۱۳۱/۶۰ درصد و شاخص نسبی تحمل به میزان ۸۳/۳۰ درصد شد در حالی که آمبیول باعث ایجاد شاخص نسبی تعدیل ۱۳۷ درصد و شاخص نسبی تحمل به میزان ۸۷/۶۰ درصد گردید (لازم به ذکر است برای محاسبه شاخص تعدیل از تقسیم درصد کل ماده خشک در شرایط تنش تقسیم بر کل بیوماس نمونه های شاهد در شرایط تنش محاسبه شد و نیز شاخص مقاومت نسبی از تقسیم درصد بیوماس کل تحت شرایط تنش بر بیوماس کل نمونه های شاهد آبیاری شده محاسبه گردید).

اثر تنش خشکی و مواد تعدیل کننده تنش خشکی بر شاخص سختی برگ

مواد تعدیل کننده تنش خشکی توانایی مقابله در برابر کاهش تورمی با نگهداری آب یا کاهش از دست‌دهی آب را دارند گلایسین بتائین یک اسمولیت بسیار موثر بوده که باعث حفظ آب در داخل سلول گیاهی می‌شود. آمبیول نیز یک ماده ضد تعرق بوده که هدر رفت آب در گیاه را کاهش می‌دهد. ذرات رس کائولین نیز دمای برگ را کاهش داده و اختلاف فشار بین برگ و اتمسفر اطراف برگ را کاهش می‌دهند (Glenn and Puterka, 2005).

بر اساس برخی مطالعات صورت گرفته، مقدار آب نسبی برگ شاخص مناسبی از استرس گیاه در مقایسه با پتانسیل آب برگ می‌باشد (Ben Ruina et al., 2007) به عبارت دیگر در شرایط تنش خشکی مقدار کسر اشباع آب در برگ‌های درختان زیتون تحت تنش آبی که نشان‌دهنده کاهش معنی‌داری در مقدار آب می‌باشد، بیشتر است. تحت شرایطی که کسر اشباع آب زیاد می‌باشد (بیشتر از ۲۰ درصد) و نیز تحت شرایط تنش خشکی، میزان جذب دی اکسید کربن و تعرق به طور معنی‌داری صدمه خواهد دید (Bacelar et al., 2007).

تراکم بافت برگ، شاخص بهتری از پاسخ برگ به تنش خشکی بوده چرا که استرس آبی می‌تواند مقدار تراکم بافت برگ را به علت کاهش فشار تورمی و بزرگ شدن برگ، افزایش دهد (Guerfel et al., 2008; Bacelar et al., 2007) در درختان زیتون ظاهراً برگ‌ها قادر به کاهش حجم فضای بین سلولی مزوفیل برگ می‌باشند به منظور متوقف نمودن جریان آبی داخل گیاه و همزمان برگ‌های درختان زیتون، تراکم لایه‌های تریکوم را به منظور بهتر کردن کنترل تعرق برگ، افزایش می‌دهند. بنابراین شاخص تراکم بافت برگ بیشتری را نشان می‌دهند (Bosabalidis and Kofidis, 2002).

مواد تعدیل کننده تنش در مورد صفت زبری برگ در فاصله زمانی ۴ روز بعد از کاربرد مواد ذکر شده و قبل از اعمال تنش خشکی، نداشتند که احتمالاً به علت اثر کوتاه مدت زمان کاربرد این مواد می‌باشد. با این وجود در طول زمان اعمال تنش، زمانی که درختان به خوبی آبیاری شدند، درختان مورد آزمایش مقدار آب نسبی برگ بیشتری نشان دادند. مقدار واقعی آب برگ و نرمی برگ، نسبت به درختان تحت تنش خشکی بیشتر بود که به علت فراهم شدن آب کافی به منظور حفظ تورژسانس بافت برگ می‌باشد. در حالی که در مورد شاخص کسر اشباع آب برگ و شاخص تراکم بافت برگ این حالت برعکس بود. طوری که تیمارهای شاهد بالاترین شاخص بافت برگ را داشتند و کمترین مقدار آب برگ در بین تمامی تیمارها را داشتند. در طول زمان بهبود وضعیت آبی درختان زیتون، این اختلاف کاهش یافت و نیز تفاوت معنی‌داری بین مواد به کار برده شده و رژیم‌های آبیاری وجود داشت.

ذرات رس کائولین در زیتون رقم چالکیدیکس اثر معنی‌داری بر روی مقدار آب برگ، نرمی برگ، تراکم بافت برگ و دمای برگ تحت شرایط تنش و عدم تنش داشتند (Denaxa et al., 2012).

اثر تنش خشکی و مواد تعدیل کننده تنش خشکی بر غلظت کلروفیل برگ

غلظت کلروفیل بالا در برگ‌های درختان زیتونی که با آمبیول تیمار شده بودند، در اثر خاصیت آنتی اکسیدانت این ماده می‌باشد که خاصیت حفاظتی از کلروفیل در اثر کاتابولیسم را دارد. گلایسین بتائین نیز باعث حفاظت از مرکز واکنش فتوپریودیسم دو با حفظ ثبات پروتئین و غشاء و محافظت از آنزیم‌های موثر در آن و نیز تسریع در غلظت کلروفیل را دارد (Sharkey and Schrader, 2006؛ Galmes et al., 2007).

بنابراین به نظر می‌رسد که کاربرد گلایسین بتائین باعث تسریع تشکیل کلروفیل یا نگهداری آن در مقابل کاتابولیسم-های احتمالی تا زمان آبیاری مجدد، در مقایسه با تیمار شاهد، می‌گردد. کاربرد مواد تعدیل کننده تنش خشکی اثر معنی‌داری بر روی غلظت کلروفیل برگ در طول آزمایش نداشت که احتمالاً به علت کوتاه مدت، بعد از کاربرد مواد می‌باشد. گر چه غلظت کلروفیل a و b و نیز غلظت کلروفیل کل به طور معنی‌داری در برگ‌های درختان زیتونی که با آمبیول تیمار شده بودند، بالا بود و اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد در طول زمان بهبود وضعیت آبیاری درختان زیتون داشتند.

اثر تنش خشکی و مواد تعدیل کننده تنش خشکی بر پارامترهای فتوسنتزی

کاربرد ذرات رس کائولین مقدار هدایت روزنه‌ای را در قبل از شروع تنش خشکی کاهش داد. کاهش مقدار هدایت روزنه‌ای با تبادل گازی برگ تداخلی ندارد گر چه یافته‌ها در این مورد هنوز متناقض می‌باشد (Glenn and Puterka, 2005). در طول مدت تنش خشکی، میزان فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای گیاهان تحت تنش در مقایسه با درختانی که بخوبی آبیاری می‌شوند، به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. بر اساس گزارشات، غلظت بالای دی اکسید کربن بین سلولی که در اثر تنش خشکی ایجاد می‌شود، می‌تواند مستقیماً در ارتباط با محدودیت‌های غیر روزنه‌ای یا به علت انتشار دی اکسید کربن یا محدودیت کارایی تثبیت کربن باشد (Flexas et al., 2008).

مواد تعدیل کننده تنش خشکی اثر معنی‌داری بر روی میزان فتوسنتز خالص، غلظت دی اکسید کربن بین سلولی و نیز کارایی مصرف آب در طول مراحل اولیه ندارد. اختلاف معنی‌دار در مورد میزان هدایت روزنه‌ای در تیمارهای که برگ آنها با ذرات رس کائولین تیمار شده بودند و همچنین کاهش میزان هدایت روزنه‌ای در مقایسه با برگ درختان زیتونی که با آمبیول تیمار شده بودند، نشان دادند که یک رابطه خطی بین جذب دی اکسید کربن و هدایت روزنه‌ای بدون توجه به کاربرد مواد کاهنده تنش خشکی وجود داشت.

در طول زمان تنش خشکی میزان جذب کربن و هدایت روزنه‌ای و کارایی مصرف آب به طور معنی‌داری در برگ درختان زیتونی که تحت تاثیر تنش آبی بودند در مقایسه با درختانی که به خوبی آبیاری شده بودند، کمتر بود در حالی که این وضعیت برای میزان دی اکسید کربن بین سلولی برعکس بود.

هر دو ماده گلایسین بتائین و آمبیول باعث ایجاد کارایی مصرف آب بیشتر در برگ درختان زیتون مورد آزمایش بدون توجه به اعمال رژیم‌های آبیاری می‌شوند طوری که یک ارتباط مستقیم و خطی بین میزان فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای در درختان زیتونی که به خوبی آبیاری شده بودند وجود داشت در حالی که چنین ارتباطی در درختان زیتون تحت تنش آبی وجود نداشت. غلظت دی اکسید کربن بین سلولی به طور معنی‌داری در برگ‌های تحت تنش خشکی بالاتر بود در حالی که در مورد کارایی مصرف آب برگ درختان زیتون حالت برعکس داشت.

ارتباط مستقیم و خطی بین میزان فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای در درختان زیتونی که تحت تنش خشکی بودند و در طول زمان در اثر بهبود وضعیت آب خاک به حالت اولیه خود برگشته بودند و نیز درختان بدون تنش، وجود داشت.

زمانی که آنالیزهای رگرسیونی صورت گرفت بین مقدار آب نسبی برگ و میزان فتوستتز خالص بدون توجه به زمان نمونه گیری و رژیم های آبیاری، یک رابطه افزایشی مشخص و موثری وجود داشت (Flexas *et al.*, 2008).

اثر تنش خشکی و مواد تعدیل کننده تنش خشکی بر مقدار کربوهیدرات های موجود در برگ

غلظت ساکارز تا حدی تحت شرایط تنش خشکی افزایش می یابد که احتمالاً در ارتباط با تقاضای پایین برای هیدرات کربن باشد و این زمانی است که خارج شدن ساکاروز از سلول در حداقل باشد (Sharkey and Schrader, 2006). تولید نشاسته و گلوکز به طور معنی داری به وسیله آمیبیول تسریع می گردد در حالی که تسریع در تشکیل نشاسته و گلوکز در اثر تیمار گلاسیسین بتائین در مراحل بعدی بر غلظت رافینوز و مانیتول نیز موثر بود. آمیبیول احتمالاً از مکانیسم فتوستتزی از طریق عمل آنتی اکسیدانت محافظت می کند و جریان الکترونی داخل فتوسیستم را حفظ کرده بنابراین سرعت فتوستتزی را تسریع می کند. به عبارت دیگر گلاسیسین بتائین در برخی گیاهان باعث افزایش غلظت هیدرات-کربن می شود در حالی که در برخی گیاهان اثری ندارد و حتی آن را کاهش می دهد. کاربرد مواد تعدیل کننده تنش خشکی هیچ اثر معنی داری بر روی غلظت کربوهیدرات برگ در طول زمان اولین نمونه گیری، (نمونه گیری قبل از اعمال تنش) نداشتند. در طول زمان تنش، کاربرد مواد بر میزان نشاسته موثر بود. در درختان تیمار شده با آمیبیول و شاهد، میزان نشاسته، بالاترین مقدار بود و بیشترین مقدار نشاسته در تیمار آمیبیول و گلاسیسین بتائین وجود داشت. غلظت ساکاروز در برگ درختان زیتون تحت تنش خشکی بدون اختلافی بین غلظت کربوهیدرات در طول مدت اصلاح آبیاری وجود نداشت (Borsos-Matovina and Blake, 2001).

اثر تنش خشکی و مواد تعدیل کننده تنش خشکی بر پارامترهای عملکردی

در بین مواد ذکر شده کاهنده اثرات تنش خشکی، آمیبیول و گلاسیسین بتائین تولید میوه را تحت شرایط آبی و تنش خشکی بدون تاثیر بر روغن میوه زیتون، افزایش می دهد که این مسئله بخاطر ثبات در فعالیت فتوستتزی بوده که کارایی مصرف آب را در حد بالایی نگه می دارد و باعث حفظ مخزن هیدرات کربن شده و در نهایت باعث افزایش عملکرد خواهد شد (Grattan *et al.*, 2006).

رژیم آبیاری، اثر معنی‌داری بر میانگین قطر و وزن میوه داشت. مواد تعدیل کننده تنش خشکی باعث افزایش عملکرد درخت، وزن گوشت میوه و قطر میوه درختان زیتونی که تحت شرایط آبیاری مناسب رشد کرده بودند، گردید. درختانی که با آمبیول تیمار شده بودند بیشترین میزان عملکرد و وزن گوشت میوه داشتند و بعد از آن تیمار گلاسیسین بتائین بود در حالی که تیمار درختان با استفاده از رس کائولین باعث ایجاد کمترین عملکرد گردید (Grattan *et al.*, 2006).

اثر تنش خشکی و مواد تعدیل کننده تنش خشکی بر دمای برگ

درختان زیتونی که به خوبی آبیاری شده بودند به طور معنی‌داری دمای برگ کمتری (حدوداً ۳۴/۴ درجه سانتی‌گراد) نسبت به برگ درختان زیتونی که تحت تنش خشکی بودند (حدوداً ۳۶ درجه سانتی‌گراد) داشتند. مواد به کار برده شده اثر معنی‌داری بر روی دمای برگ نداشتند گرچه ذرات رس کائولین، کمترین مقدار دمای برگ در میان تیمارها را داشتند (Sharkey and Schrader, 2006).

نتیجه گیری

زیتون گیاهی مقاوم به تنش خشکی است اما تنش خشکی اثر معنی‌داری بر روی پارامترهای رشدی این درخت دارد در حالی که مواد کاهنده تنش خشکی باعث بهبود شاخص‌های موثر در شرایط خشکی می‌شوند و همچنین باعث نگهداری مقدار آب در سطح بالا (بغیر از ذرات رس کائولین) در طول مدت تنش و بعد از اعمال تنش، می‌شود. مکانیسم فتوسنتزی شدیداً به وسیله کمبود آب تحت تاثیر قرار می‌گیرد که حتی بعد از بهبود وضعیت آبی (آبیاری مجدد) ادامه می‌یابد. گلاسیسین بتائین و آمبیول باعث افزایش کارایی مصرف آب و نگهداری غلظت کلروفیل در سطوح بالا در درختان زیتون می‌شوند.

یکی از معروفترین مواد اسمزی در برگ‌های درختان زیتون مانیتول است که به طور معنی‌داری به وسیله کاربرد گلاسیسین بتائین و آمبیول، تولید آن تسریع می‌گردد. بیشترین تاثیر کاربرد گلاسیسین بتائین و آمبیول افزایش در میزان عملکرد بوده که این حالت در شرایط تنش خشکی و نیز عدم تنش وجود دارد. این در حالی است که ذرات رس کائولین باعث کاهش عملکرد می‌شود که احتمالاً به علت کاهش اندک میزان فتوسنتز می‌باشد.

منابع

- برمه، ل، معلمی، ن، مرتضوی، ح. ۱۳۹۰. بررسی اثر ضد تعرقی کائولین بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک چهار رقم زیتون. مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی. سال اول. شماره اول. ۱۰ ص.
- عربی بیکوردی، س ع، معلمی، ن. و نبی‌پور، م. ۱۳۸۶. تأثیر تنش خشکی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک دو رقم زیتون زرد روغنی و محلی باغ ملک. پنجمین کنگره علوم باغبانی ایران. شهریورماه. شیراز.
- غلامی، ر. ۱۳۹۵. اثر کم آبیاری بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک، بیوشیمیایی، مورفولوژیک و عملکرد شش رقم تجاری زیتون. رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، ۱۷۰ صفحه.
- غلامی، ر. ۱۳۸۷. بررسی و مطالعه اثرات تنش خشکی روی خصوصیات رویشی ژنوتیپ‌های برتر بومی زیتون در استان کرمانشاه. گزارش نهایی. مرکز تحقیقات کشاورزی استان کرمانشاه. ۳۱ ص.
- Bacelar, E. A., Santos, D. L., Moutinho- Pereira, J. M., Goncalves, 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: 596–605.
- Ben Ruina, B., Trigui, A., Andria, R., d' Boukhris, M., Chaieb, M., 2007. Effects of waterstress and soil type on photosynthesis, leaf water potential and yield of olive trees (*Olea europaea* L. cv. Chemlali Sfax). *Aust. J. Exp. Agric.* 47, 1484–1490.
- Bignami, C. and Natali, S. 1997. Influence of irrigation on the growth and production of Young Hazelnuts. *Acta Horticulturae*, 445: 247-253.
- Borsos-Matovina, V., Blake, T.J., 2001. Seed treatment with the antioxidant Ambiol enhances membrane protection in seedlings exposed to drought and low temperatures. *Trees* 15, 163–167.
- Bosabalidis, A.M. and Kofidis, G. 2002. Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. *Plant Science*, 163: 375-379.
- Chartzoulakis K., Bosabalidis A.M., Patakas A., and Vemmos S. 2000. Effect of water stress on water relation gas exchange and leaf structure of olive tree. *Acta Horticulturae*, 537: 241-247.

- 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: 113-120.
- Coonor, D.J. and Fereres, E.2005. The physiology of adaptation and yield expansion in olive. *Horticultural Reviews*, 31: 155-229.
- D Andria, R., Morelli, G., Patiumi, M. and Fontanazza, G. 2000. Irrigation regime affects yield and oil quality of olive trees. 4TH International Symposium on olive Growing, Valenzano (Bari) Italy, p136.
- Denaxa, N.K., Roussos, P.A., Damvakaris, T, and Stournaras, V. 2012. Comparative effects of exogenous glycine betaine, kaolin clay particles and Ambiol on photosynthesis, leaf sclerophylly indexes and heat load of olive cv. Chondrolia Chalkidikis under drought. *Scientia Horticulturae*, 137: 87-94.
- Di Vaio, C., Marallo, N., Marino, G. and Caruso, T. 2013.Effect of water stress on dry matter accumulation and partitioning in pot-grown olive trees (cv, Leccino and Racioppella). *Scientia Horticulturae*, 164: 155-159.
- Dichio, B., Nuzzo, V., Xiloyannis, C., Celano, G. and Angelopoulos, K. 1997.Drought stress–induced variation of pressure-volume relationships in *Olea europaea* L. cv. Coratina. *Acta Horticulturae*, 449: 401-409.
- Dichio, B., Xiloyannis, C., Angelopoulos, K., Nuzzo, V., Bufo, S. and Celano, G. 2003.Drought-induced variations of water relations parameters in *Olea europaea* L.. *Plant Soil*, 257: 381-389.
- 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: 711-721.
- 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: 239-251.
- Fernandez, J.E., Moreno, F., Giron, I.F. and Blazquez, O.M. 1997. Control of water consumption by the olive tree. *Acta Horticulturae*, 449: 83-89.

- Gholami, R. Sarikhani, H. and Arji, I. 2016. Effects of deficit irrigation on some physiological and biochemical characteristics of six commercial olive cultivars in field conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 17(1), 39-52. (In Farsi)
- Gholami, R., Arji, I. and Gerdakaneh, M. 2013a. Study of irrigation interval and mulch effects on vegetative growth of olive in Kermanshah province. *Journal of Horticultural Science*, 27(1), 74-81. (In Farsi)
- Gholami, R., Arzani, K. and Arji, I. 2013b. Effect of Paclobotrazol (PBZ) and different irrigation amounts on vegetative growth and performance of young olive plants cv. Manzanillo. *Journal of Horticultural Science*, 26(4), 402-408. (In Farsi)
- 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. 4TH International symposium on olive growing, Valenzano (Bari) Italy, PP136.
- Glenn, D.M., Puterka, G.J., 2005. Particle film technology: a new technology for agriculture. In: Janick, J. (Ed.), *Horticultural Reviews*. John Wiley and Sons, Inc., New Jersey, pp. 31–45.
- Goldhamer, D.A., Dunai, J. and Ferguson, L.F. 1993. Water use requirements of Manzanillo olives response to sustained deficit irrigation. *Acta Horti*. 335: 365-371.
- Grattan, S.R., Berenguer, M.J., Connell, G.H., Polito, V.S. and Vossen, P.M. 2006. Olive oil production as influenced by different quantities applied water. *Agricultural Water Management*, 85(1): 133-140.
- Greenly, K.M., Rakow, D.A. 1995. The effect of wood mulch type and depth on weed and tree growth and certain soil parameters. *Journal of Arboriculture* vol:21(5).
- Hava F. Rapoport, , Sofiene B.M. Hammamia, Paula Martins, Oscar Perez-Priego, Francisco Orgaza. 2012. Influence of water deficits at different times during olive tree inflorescence and flower development *Environmental and Experimental Botany* 77 :227– 233
- Higgs, K. H. and Kelin, B. P. 1990. Respons of apple rootstocks to irrigation in south-east England. *Journal of Horticultural Science*, 12, 129-141.
- Jones, H.G., lakso, A.N. and Syvertsen, J.P. 1985. Physiological control of water status in temperate and subtropical fruit trees. *Horticultural reviews*, 7: 301-344.
- Magliulo, V., D Adria, R., Morelli, G. and Fragnito, F. 1999. Growth traits of five olive cultivars, grown under different irrigation regimes. *Acta Horticulturae*, 474: 395-398.

- Mezghani, M.A., Charfi, C.M., Gouiaa, M. and Labidi, F. 2012. Vegetative and reproductive behaviour of some olive tree varieties (*Olea europaea* L.) under deficit irrigation regimes in semi-arid conditions of Central Tunisia. *Scientia Horticulturae*, 146: 143-152.
- Michelakis, N. 1995. Effect of water availability the growth and yield of olive trees. *Olivae*, 56: 29-39.
- 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: 136-139.
- Moriana, A., Orgaz, F., Pastor, M., Fereres, E., 2003. Yield responses of a mature olive orchard to water deficits. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 128, 425–431.
- Moriana, A., Perez-Lopez, D., Gomez-Rico, A., Salvador, M.D., Olmedilla, N., Ribas, F., Fregapane, G., 2007. Irrigation scheduling for traditional, low-density olive orchards: water relations and influence on oil characteristics. *Agric. Water Manage.* 87, 171–179.
- Nogues, S. and Baker, N.R. 2000. Effects of drought on photosynthesis in Mediterranean plants grown under enhanced UV-B radiation. *Journal of Experimental Botany*, 51: 1309-1317.
- 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.
- Perez-Lpez, D., Ribas, F., Moriana, A., Olmedilla, N. and 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.
- Perez-Martin, A., Michelazzo, C., Torres-Ruiz, J.M., Flexas, J., Fernandez, J.E. Sebastiani, L. and Diaz-Espejo, A. 2014. Regulation of photosynthesis and stomatal and mesophyll conductance under water stress and recovery in olive trees: correlation with gene expression of carbonic anhydrase and aquaporins. *Journal of Experimental Botany*, 65(12): 3143-3156.
- 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.
- Pierantozzi, P., Torres, M., Bodoira, R. and Maestr, D. 2013. Water relations, biochemical-physiological and yield responses of olive trees *Olea europaea* L. cvs. Arbequina and

Manzanilla under drought stress during the pre-flowering and flowering period. *Agricultural Water Management*, 125: 13-25.

Ramos, A.F. and 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.

Rieger, M. 1995. Offsetting effects of reduced root hydraulic conductivity and osmotic adjustment following drought. *Tree Physiology*, 15, 379-385.

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: 75-82.

Roussos, P.A., Denaxa, N.K., Damvakaris, T., Stournaras, V. and Argyrokastritis, I. 2010 .Effect of alleviating products with different mode of action on physiology and yield of olive under drought. *Scientia Horticulturae*, 125: 700-711.

Srivatata, B.K., A.K. Sharma, A.K. Singh and V.B.Pandey.1984. Effects of organic mulches and irrigation levels on soil temperature water economy and yield of summe tomato. *Vegetable Science* 11:1-9.

Tombesi, A., Proietti, P. and Nottiani, G. 1986.Effect of water stress on photosynthesis, transpiration, stomatal resistance and carbohydrate level in olive tree. *Olea*, 17: 35-40.

Williams, M.H., Rosenqvist, E. and Buchhave, M. 1991. Response of potted miniature roses (*Rosa hybrida*) to reduced water availability during production. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74: 301-308.

Xiloyannis, C., Dichio, B., Nuzzo, V. and Celano, G. 1999. Defense strategies of olive against water stress. *Acta Horticulturae*, 474:423-426.