

## Effect of Salicylic Acid on Some Morphological and Biochemical Characteristics of Olive (*Olea europaea* cv. 'Konservalia') Under Water Stress

Narges Shafiei<sup>1</sup>, Esmaeil\_Khaleghi<sup>2\*</sup> and Noorollah Moallemi<sup>3</sup>

- 1- M.Sc. Graduate of Horticultural Science, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
- 2- **\*Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (khaleghi@scu.ac.ir)
- 3- Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Received: 9 May, 2017

Accepted: 8 July, 2018

### Abstract

#### Background and Objectives

Olive (*Olea europaea*) is one of the most important fruit trees in the pomology industry of Iran. Statistics shows that this fruit tree is cultivated in more than of 102 thousand hectares of territory of Iran. Due to severe water shortages, it is necessary to make use of methods with objectives to reducing the negative effects of drought on plant and to increasing water use efficiency. Previous studies stated that plant growth regulators such as salicylic acid could apply to reducing the adverse effects of environmental stresses. Salicylic acid (SA) influences various physiological and biochemical functions in plants and has diverse effects on the tolerance to biotic and abiotic stress. The objective of this study was to investigate the effects of exogenous SA application on biochemical traits of 'Konservalia' olive leaf under 100 %, 66 % and 33 % ETcrop by analyzing chlorophyll content, total soluble carbohydrate and proline.

#### Materials and Methods

The study was conducted in order to investigate the effect of different levels of water deficit (100, 66 and 33 percent of evapotranspiration (ETcrop)) and four concentrations of salicylic acid (0, 0.5, 1 and 2 mM) on fresh and dry root weight, stem and leaf and leaf number, leaf area, stem diameter, leaf proline, total soluble sugars, chlorophyll content as a factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications. Two- year old olive trees (*Olea europaea* cv. 'Konservalia') were used. Seventy- plants were grown in 11 L pots, containing a mixture of field soil (73.2 % sand, 13.3 % silt and 13.5 % clay) and manure. Plants were sprayed with four concentrations of salicylic acid and irrigated every ten days, according to the amount of evatranspiration of plants (ETcrop). Parameters such as leaf proline and total soluble carbohydrates content, chlorophyll content were measured three times at intervals of once every 30 days after treatment. Data analysis was performed using MSTATC and SAS software and mean comparison was done by Duncan's multiple range test at 5 and 1 % probability

#### Results

The results showed that leaf proline and total soluble carbohydrates increased while chlorophyll content (chlorophyll a, b and total) decreased with increasing levels of water deficit. Results also

showed that the interaction of salicylic acid and irrigation had a significant effect on fresh and dry root weight, stem and leaf, leaf area and plant height at  $p < 0.01$ . In the three level irrigation (100% ETc, 66% ETc and 33% ETc), the value of fresh and dry weight of root, stem and leaf, leaf area and plant height were higher in plants treated with salicylic acid compared with plants untreated with salicylic acid. In 66 and 33 % ETcrop treatments, amount of leaf proline and total soluble carbohydrate chlorophyll content (chlorophyll a, b and total) were obtained higher in plants sprayed with 2 mM SA compared with no-sprayed plants, but in 100 % ETcrop treatment, these indices were not different between sprays and no-sprayed plants with salicylic acid.

### **Discussion**

In this study, the role of SA in plant tolerance to abiotic stresses such as heat, heavy metal, and osmotic stress was reported. The results showed that 2 mM SA application alleviated the adverse effects of drought stress (66 and 33 % ETcrop) in young olive trees through the improvement of chlorophyll content, enhancing leaf total soluble carbohydrate and proline content which can lead to osmotic adjustment.

**Keywords:** Amino acids, Osmatic regulators, Plant growth regulators

## تأثیر اسیدسالیسیلیک بر برخی خصوصیات رشدی و بیوشیمیایی زیتون رقم "کنسروالیا" (*Olea europaea* cv. 'Konservalia') تحت شرایط تنش خشکی

نرگس شفیعی<sup>۱</sup>، اسمعیل خالقی<sup>۲\*</sup> و نوراله معلمی<sup>۳</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم باغبانی، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۲- \*نویسنده مسئول: استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (khaleghi@scu.ac.ir)

۳- استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۱۷

### چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر چهار سطح مختلف اسیدسالیسیلیک (صفر، نیم، یک و دو میلی مولار) و سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه) بر برخی خصوصیات رشدی و بیوشیمیایی نهال زیتون رقم "کنسروالیا" به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۵ اجرا گردید. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سه سطح آبیاری (Etc ۱۰۰ درصد، ETC ۶۶ درصد و ETC ۳۳ درصد) مقدار وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ در گیاهان تیمار شده با اسیدسالیسیلیک نسبت به گیاهان تیمار نشده با اسیدسالیسیلیک از مقادیر بالاتری برخوردار بود. همچنین نتایج مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری و اسیدسالیسیلیک بر محتوای کلروفیل، کربوهیدرات محلول کل و پرولین برگ نشان داد که با کاهش مقدار آب آبیاری از ۱۰۰ به ۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه، محتوای کلروفیل (کلروفیل a، b و کل) کاهش یافت در حالی که محتوای کلروفیل، کربوهیدرات محلول کل و پرولین برگ در نهال‌های آبیاری شده با ۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه و محلول پاشی شده با ۲ میلی مولار اسیدسالیسیلیک نسبت به گیاهان محلول پاشی نشده از مقدار بالاتری برخوردار بود. همچنین نتایج آنالیز تکراری نشان داد که کمترین مقدار محتوای کلروفیل پس از ۹۰ روز پس از اعمال تیمار مربوط به گیاهان آبیاری شده با ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه بود در حالی که کمترین مقدار پرولین پس از ۹۰ روز پس از تیمار، در هر دو رژیم آبیاری ۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه در گیاهان محلول پاشی نشده با اسیدسالیسیلیک گزارش گردید. لذا به نظر می‌رسد که محلول پاشی با غلظت ۲ میلی مولار اسیدسالیسیلیک در تیمار آبیاری ۶۶ و ۳۳ درصد موجب کاهش اثرات منفی تنش خشکی در گیاه زیتون شده است.

کلیدواژه‌ها: اسیدهای آمینه، تنظیم کننده رشد گیاهی، تنظیم کننده‌های اسمزی

### مقدمه

و اهمیت خاصی برخوردار است. مطابق با آمار منتشر شده وزارت جهاد کشاورزی ایران در سال ۱۳۹۵، سطح زیرکشت زیتون در کشور ۱۰۴ هزار هکتار بوده که از این میزان ۵۰ هزار هکتار آن بارور و مابقی غیربارور است که این آمار نشان‌دهنده توسعه روزافزون کشت این

زیتون (*Olea europaea*) به عنوان یکی از درختان میوه مهم مناطق نیمه گرمسیری است که محصول آن در صنعت میوه کاری ایران و جهان به واسطه تولید روغن و نقش ویژه‌ای که روغن در سلامت انسان دارد از جایگاه

آزمایش‌های صورت گرفته بر ارقام "بلیدی (Belidi)" و "میشن (Mission)", "زرد", "فیسمی", "نبالی (Nabali)", "گوردال (Gordal)", "آربکین (Arbequina)" و "روغنی" زیتون نشان داد که در شرایط تنش خشکی، میزان کلروفیل a, b و کلروفیل کل در کلیه ارقام کاهش یافت در حالی که بر غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ و پرولین افزوده شد (Arji et al., 2004; Arzani and Yazdani, 2008; Mousavi et al., 2008; Zarabi et al., 2010). همچنین اثر اسیدسالیسیلیک بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ارقام "کرونیکی (Koroneiki)" و "دزفول" زیتون در شرایط تنش خشکی نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی از تعداد برگ، وزن خشک اندام‌های هوایی، محتوای رطوبت نسبی برگ، میزان کلروفیل برگ کاسته و بر مقدار پرولین و کربوهیدرات افزوده شد، در حالی که محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک توانست آسیب ناشی از تنش خشکی را تا حدی جبران نماید (Nazari Kia, 2011). اثر کاربرد اسیدسالیسیلیک بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه توت‌فرنگی تحت تنش خشکی نشان داد که محتوای نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای تحت تنش خشکی در ارقام "کردستان" و "کوئین الیزا (Queen Eliza)" توت‌فرنگی کاهش یافت در حالی که محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک بر رقم کردستان در شرایط تنش خشکی موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ، میزان کربوهیدرات‌های محلول کل و پرولین شد (Normohamadi et al., 2011). همچنین مطالعات دیگر محققین نشان داده است که محلول‌پاشی درختان بالغ انبه با اسیدسالیسیلیک موجب افزایش رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی و کارایی فتوسیستم دوشده که این امر منجر به افزایش تثبیت دی‌اکسید کربن شد (Ahmed et al., 2015). علاوه بر این مشخص شده است که محلول‌پاشی با غلظت ۲ پی‌پی‌ام اسیدسالیسیلیک در گیاه گیلان "سیاه مشهد" و سیب "گرانی اسمیت (Granny Smith)" موجب افزایش در آنتوسیانین و مواد جامد محلول شد

محصول در ایران با هدف تولید میوه و روغن است (Anonymous, 2016).

با توجه به شرایط خشک و نیمه‌خشک کشور و کاهش نزولات آسمانی توأم با افزایش دمای محیط در طی سال‌های ۹۶-۹۰، مشخص شده است که صنعت میوه کاری کشور به واسطه تأثیرپذیری از این عوامل دچار مشکلات عدیده‌ای از جمله تولید کم محصول و کاهش کیفیت میوه شده است. به گونه‌ای که مطابق با آمار منتشر شده وزارت جهاد کشاورزی ایران میزان خسارت خشکسالی در سال ۹۵ در باغات شهرستان کاشمر بالغ بر ۱۸۰ میلیارد ریال و در استان فارس ۸۵۰ میلیارد بوده است (Anonymous, 2016). لذا، استفاده از روش‌هایی با هدف افزایش راندمان کارایی مصرف آب امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر به شمار می‌آید. یکی از روش‌هایی که می‌تواند سبب تحقق این مهم گردد گزینش و استفاده از ارقام و ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش خشکی (Arji et al., 2004; Rozban, 2009) در بخش میوه کاری و همچنین استفاده از روش‌های کاهش‌دهنده اثرات سوء تنش‌های محیطی نظیر استفاده از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی مانند پاکلوبوترازول (Yazdani et al., 2007)، اسیدسالیسیلیک (Nazari Kia, 2011; Salarpour Ghoraba and Farahbakhsh, 2014) است. اسیدسالیسیلیک یک ترکیب فنولیکی طبیعی است که نقش تنظیم‌کنندگی در فرآیندهای فیزیولوژیکی (نظیر باز و بسته شدن روزنه‌ها، القای گل‌دهی، رشد و نمو، سنتز اتیلن و تنفس) و بیوشیمیایی در گیاهان دارد (Horvath et al., 2007; Raskin, 1992). محققین معتقدند که تحت تنش خشکی و شوری در گیاهان زیتون، پرتقال و زیتون تلخ تیمار شده با اسیدسالیسیلیک در مقایسه با گیاهان تیمار نشده از سطح برگ، وزن خشک اندام‌های هوایی و مقدار کلروفیل کل بالاتری برخوردار بودند (Aliniaefard et al., 2016; AL-Taey, 2009; Kouhifayegh et al., 2013; Nazari Kia, 2011); نتایج

آذرماه (۳ روز قبل از شروع تیمارهای آبیاری) بر روی نهال‌ها صورت گرفت به صورتی که در کلیه گیاهان، اندام‌های هوایی کاملاً خیس شد. جهت تهیه محلول اسیدسالیسیلیک، پودر اسیدسالیسیلیک در ۵۰۰ میلی لیتر آب دو بار تقطیر با غلظت ده برابر نسبت به بیشترین غلظت موردنظر حل شد و سپس برای تهیه غلظت‌های موردنظر با آب مقطر رقیق‌سازی صورت گرفت. سپس با توجه به میزان تبخیر و تعرق روزانه تحت رژیم‌های آبیاری ۱۰۰ (شاهد)، ۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه قرار داده شدند و هر ده روز یک‌بار عمل آبیاری صورت گرفت (Khaleghi et al., 2014). به منظور اعمال تیمار آبیاری، ۶ گلدان به‌عنوان گیاه مرجع در کنار سایر گلدان‌ها قرار گرفت که با توزین این گلدان‌ها میزان آب آبیاری مشخص شد. بدین گونه که ابتدا گلدان‌های مرجع آبیاری کامل شده و سپس وزن این گلدان‌ها در حالت ظرفیت مزرعه‌ای (بعد از گذشت ۲۴ ساعت) محاسبه گردید. سپس، بعد از گذشت ۱۰ روز دوباره گلدان‌ها وزن شده و اختلاف وزن اولیه و ثانویه به‌عنوان میزان آب آبیاری ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه در نظر گرفته شد و برحسب آن تیمارهای آبیاری ۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق محاسبه و اعمال گردید (Arji et al., 2002; Khaleghi et al., 2012) و پس از گذشت یک ماه از شروع آزمایش تنش خشکی (جهت مؤثر واقع شدن تیمارها) پارامترهای از قبیل کلروفیل a، b و کل، کربوهیدرات‌های محلول کل و پرولین به فواصل هر ۳۰ روز یک‌بار (۳۰ روز بعد از اعمال تیمار، ۶۰ روز بعد از اعمال تیمار و ۹۰ روز بعد از اعمال تیمار) اندازه‌گیری شد. همچنین پارامترهای رشدی نظیر سطح برگ (با استفاده از دستگاه Leaf area meter مدل Delta-T Devices LTD ساخت کشور انگلستان)، تعداد برگ، قطر ساقه، وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ در پایان آزمایش اندازه‌گیری شد.

جهت اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول کل و

(Babalara et al., 2014; Seddighi et al., 2012).

بنابراین با بررسی منابع فوق‌الذکر مشاهده می‌شود که اطلاعات علمی گسترده‌ای در مورد تأثیر اسیدسالیسیلیک بر گیاهان باغی وجود دارد لذا این پژوهش باهدف بررسی اثر سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک و آبیاری بر برخی شاخص‌های رشدی و بیوشیمیایی رقم "کنسروالیا" به اجرا درآمد.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر چهار سطح مختلف اسیدسالیسیلیک (صفر، نیم، یک و دو میلی‌مولار) و سه سطح آبیاری ۱۰۰ (شاهد)، ۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه بر برخی شاخص‌های رشدی و بیوشیمیایی زیتون رقم "کنسروالیا (Konservalia)"، پژوهشی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و به روش اندازه‌گیری تکراری با سه تکرار (هر تکرار شامل دو گلدان) در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۵ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز به اجرا درآمد.

در این پژوهش ۷۲ نهال دوساله تکثیر یافته با قلمه ساقه زیتون رقم کنسروالیا با قطر (حدود ۸ میلی‌متر) و ارتفاع تقریباً یکسان (حدود ۹۰ سانتی‌متر) از مرکز تولید و پرورش نهال امام رضا واقع در باغ‌ملک (۱۳۵ کیلومتری شرق اهواز) تهیه و به منظور سازگاری با محیط به مدت یک ماه تا شروع آزمایش (آبان‌ماه ۱۳۹۴) در گلخانه نگهداری گردید و آبیاری نهال‌ها در مدت سازگاری با محیط به‌طور کامل صورت گرفت. پس از سازگاری، با آماده‌سازی مخلوط خاکی به نسبت (۱:۱:۱) یک‌سوم ماسه، یک‌سوم خاک زراعی و یک‌سوم کود حیوانی پوسیده، نهال‌های دوساله رقم "کنسروالیا" زیتون در ۷۲ گلدان ۱۱ کیلویی (با ابعاد ۱۹×۱۶) قرار داده شدند. اسیدسالیسیلیک مورد استفاده (با فرمول شیمیایی  $C_7H_6O_3$  و وزن مولکولی ۱۳۸/۱۲ گرم بر مول) متعلق به شرکت مرک آلمان بود و عمل محلول‌پاشی یک‌بار با چهار غلظت (صفر، نیم، یک و دو میلی‌مولار) در

تعرق گیاه، محلول پاشی با ۲ میلی مولار اسیدسالیسیلیک موجب افزایش سطح برگ در مقایسه با سایر تیمارها شد. در آبیاری ۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه، محلول پاشی با ۲ میلی مولار اسیدسالیسیلیک سبب افزایش سطح برگ در مقایسه با گیاهان محلول پاشی نشده گردید، به گونه‌ای که سطح برگ در گیاهان محلول پاشی شده با ۲ میلی مولار اسیدسالیسیلیک و آبیاری شده با ۶۶ درصد تبخیر و تعرق گیاه در مقایسه با گیاهان محلول پاشی نشده با اسیدسالیسیلیک به میزان ۱۳/۲۵ درصد افزایش داشت.

### قطر ساقه

اثر متقابل آبیاری  $\times$  اسیدسالیسیلیک بر قطر ساقه نشان داد (جدول ۱) که با کاهش مقدار آب آبیاری از قطر ساقه کاسته شد. کمترین مقدار قطر ساقه مربوط به گیاهان آبیاری شده با ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه (۶/۸۱ میلی متر) و عدم محلول پاشی بود در حالی که استعمال اسیدسالیسیلیک سبب بهبود قطر ساقه در گیاهان آبیاری شده با ۳۳ و ۶۶ درصد تبخیر و تعرق گیاه شد.

### وزن تر و خشک ریشه

با عنایت به جدول مقایسه میانگین خصوصیات رشدی (جدول ۱) مشخص گردید که با کاهش مقدار آب از وزن تر و خشک ریشه کاسته شد. نتایج حاکی از آن است که در رژیم آبیاری ۶۶ درصد تبخیر و تعرق گیاه و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه، وزن تر ریشه، در گیاهان تیمار شده با اسیدسالیسیلیک نسبت به گیاهان تیمار نشده از مقادیر بالاتری برخوردار بود. وزن خشک ریشه نیز در گیاهان آبیاری شده با ۶۶ درصد تبخیر و تعرق گیاه، محلول پاشی با دو میلی مولار اسیدسالیسیلیک سبب افزایش ۱/۶۶ برابری نسبت به گیاهان محلول پاشی نشده گردید و در گیاهان آبیاری شده با ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه، محلول پاشی با دو میلی مولار اسیدسالیسیلیک سبب افزایش ۱/۲۸ برابری نسبت به گیاهان محلول پاشی نشده در همین رژیم آبیاری شد.

پرو لین برگ، ابتدا از برگ عصاره گیری صورت گرفت. سپس جهت اندازه گیری پرو لین از روش Bates *et al.* (1973) و جهت اندازه گیری قندهای محلول کل از روش Irigoyen *et al.* (1992) و به منظور استخراج و اندازه گیری میزان کلروفیل از روش Lichtenthaler and Wellburn (1983) استفاده شد.

جهت آنالیز داده‌ها از نرم افزارهای SAS و MSTATC و همچنین جهت مقایسه میانگین داده‌ها از روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج و یک درصد استفاده شد. شایان ذکر است در طی آزمایش، نهال‌های زیتون در گلخانه تحت دمای متوسط روزانه ۲۷-۳۳ درجه سانتی گراد و شبانه ۱۹-۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی  $33 \pm 5$  درصد و با شدت نور طبیعی قرار داده شده بودند.

## نتایج و بحث

### خصوصیات رشدی

#### تعداد برگ

با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۱) مشخص شد که با کاهش مقدار آب از ۱۰۰ به ۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه از تعداد برگ گیاه کاسته شد. به گونه‌ای که کمترین تعداد برگ (۸۸/۳۳) مربوط به گیاهان آبیاری شده با ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه و محلول پاشی نشده با اسیدسالیسیلیک بود. همچنین تعداد برگ در گیاهان محلول پاشی شده با ۲ میلی مولار اسیدسالیسیلیک و آبیاری شده با ۶۶ درصد تبخیر و تعرق گیاه در مقایسه با گیاهان محلول پاشی نشده در همین رژیم آبیاری ۱/۱۹ برابر افزایش نشان داد و همین روند نیز برای گیاهان آبیاری شده با رژیم آبیاری ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه و محلول پاشی شده با غلظت ۲ میلی مولار اسیدسالیسیلیک مشاهده شد (جدول ۱).

#### سطح برگ

نتایج جدول مقایسه میانگین حاکی از آن است که با کاهش مقدار آب، از میزان سطح برگ کاسته شد (جدول ۱). همچنین در گیاهان آبیاری شده با ۱۰۰ درصد تبخیر و

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و اسیدسالیسیلیک بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی زیتون رقم کنسروالیا

Table 1. Mean comparison of interaction between irrigation and salicylic acid on morphological traits of 'Konservalia' olive

وزن خشک برگ (گرم)	وزن تر برگ (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن تر ساقه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	قطر ساقه (میلی‌متر)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	تعداد برگ	اسیدسالیسیلیک (میلی مولار)	آبیاری (درصد تبخیر و تعرق) Irrigation (%ETc)
Leaf Dry Weight (g)	Leaf Fresh Weight (g)	Stem Dry Weight (g)	Stem Fresh Weight (g)	Root Dry Weight (g)	Root Fresh Weight (g)	Stem Diameter (mm)	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Leaf Number	Salicylic Acid (mM)	
7.51 <sup>bc</sup>	10.14 <sup>a</sup>	19.15 <sup>ab</sup>	27.36 <sup>b</sup>	3.92 <sup>a</sup>	4.82 <sup>af</sup>	8.64 <sup>a</sup>	6190.7 <sup>b</sup>	163.67 <sup>af</sup>	0	100
8.38 <sup>a</sup>	10.03 <sup>a</sup>	18.82 <sup>b</sup>	28.33 <sup>a</sup>	3.79 <sup>a</sup>	4.64 <sup>a</sup>	8.7 <sup>a</sup>	5815.02 <sup>c</sup>	165.00 <sup>a</sup>	0.5	
7.25 <sup>a</sup>	9.90 <sup>a</sup>	18.97 <sup>b</sup>	27.6 <sup>b</sup>	3.70 <sup>a</sup>	4.55 <sup>a</sup>	8.93 <sup>a</sup>	5716.86 <sup>c</sup>	161.78 <sup>a</sup>	1	
7.74 <sup>b</sup>	10.16 <sup>a</sup>	19.65 <sup>a</sup>	27.58 <sup>b</sup>	3.76 <sup>a</sup>	4.41 <sup>a</sup>	8.56 <sup>a</sup>	6760.99 <sup>a</sup>	162.11 <sup>a</sup>	2	
4.30 <sup>dc</sup>	6.17 <sup>e</sup>	13.05 <sup>e</sup>	22.21 <sup>f</sup>	1.83 <sup>fg</sup>	2.73 <sup>d</sup>	7.38 <sup>d</sup>	4160.9 <sup>g</sup>	105.22 <sup>e</sup>	0	66
5.70 <sup>d</sup>	7.17 <sup>d</sup>	13.55 <sup>d</sup>	23.47 <sup>d</sup>	2.85 <sup>c</sup>	3.82 <sup>b</sup>	7.9 <sup>b</sup>	4676.1 <sup>f</sup>	116.00 <sup>c</sup>	0.5	
5.37 <sup>d</sup>	7.26 <sup>d</sup>	15.91 <sup>c</sup>	23.38 <sup>d</sup>	2.60 <sup>d</sup>	3.77 <sup>b</sup>	7.47 <sup>cd</sup>	5346.8 <sup>e</sup>	109.00 <sup>d</sup>	1	
5.57 <sup>d</sup>	7.93 <sup>c</sup>	15.70 <sup>c</sup>	24.33 <sup>c</sup>	3.05 <sup>b</sup>	3.95 <sup>b</sup>	7.55 <sup>c</sup>	5517.1 <sup>d</sup>	125.83 <sup>b</sup>	2	
3.50 <sup>f</sup>	5.51 <sup>a</sup>	11.46 <sup>f</sup>	21.38 <sup>g</sup>	1.72 <sup>g</sup>	2.19 <sup>e</sup>	6.81 <sup>f</sup>	3157.1 <sup>j</sup>	83.33 <sup>h</sup>	0	33
4.11 <sup>e</sup>	6.7 <sup>e</sup>	13.10 <sup>e</sup>	20.82 <sup>g</sup>	2.01 <sup>f</sup>	2.90 <sup>d</sup>	7.13 <sup>e</sup>	3360.2 <sup>i</sup>	92.2 <sup>g</sup>	0.5	
4.13 <sup>e</sup>	6.30 <sup>e</sup>	13.20 <sup>e</sup>	22.41 <sup>e</sup>	2.3 <sup>de</sup>	3.21 <sup>c</sup>	7.22 <sup>e</sup>	3473.3 <sup>i</sup>	91.16 <sup>g</sup>	1	
4.12 <sup>e</sup>	6.22 <sup>e</sup>	13.70 <sup>d</sup>	22.57 <sup>e</sup>	2.21 <sup>ef</sup>	3.11 <sup>c</sup>	7.13 <sup>e</sup>	3863.1 <sup>h</sup>	97.52 <sup>f</sup>	2	

\* در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف یکسان، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد معنی‌دار نیستند.

\* In each column, means followed by the same letter are not significant at  $p \leq 0.01$ , according to Duncan Multiple Test.

### وزن تر و خشک ساقه

در واقع وزن تر و خشک ساقه نیز روندی مشابه وزن تر و خشک ریشه داشت. به طوری که در تیمارهای آبیاری ۶۶ درصد تبخیر و تعرق گیاه و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه و عدم محلول پاشی با اسید سالیسیلیک، مقدار وزن تر ساقه، کمتر از گیاهان محلول پاشی شده با اسید سالیسیلیک بود. همچنین وزن تر ساقه در گیاهان تیمار شده با ۶۶ درصد تبخیر و تعرق گیاه و محلول پاشی شده با دو میلی مولار اسید سالیسیلیک ۲۴/۳۳ گرم و در گیاهان تیمار شده با ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه و محلول پاشی شده با دو میلی مولار اسید سالیسیلیک ۲۲/۵۷ گرم بود (جدول ۱). کمترین مقدار وزن خشک ساقه نیز (۱۱/۴۶ گرم) مربوط به گیاهان تیمار شده با رژیم آبیاری ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه و تیمار نشده با اسید سالیسیلیک بود در حالی که در همین رژیم آبیاری در گیاهان تیمار شده با ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک مقدار وزن خشک ساقه ۱۳/۷۰ گرم به دست آمد.

### وزن تر و خشک برگ

کمترین وزن تر برگ (۵/۵۱ گرم) در گیاهان آبیاری شده با ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه و عدم محلول پاشی با اسید سالیسیلیک به دست آمد. اثر برهمکنش آبیاری و اسید سالیسیلیک بر وزن خشک برگ نیز نشان داد که در گیاهان محلول پاشی نشده با اسید سالیسیلیک و آبیاری شده با ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه، ۶۶ درصد تبخیر و تعرق گیاه و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه، وزن خشک برگ به ترتیب ۷/۵۱، ۴/۳ و ۳/۵ گرم بود (جدول ۱). همچنین وزن خشک برگ در گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک نسبت به گیاهان تیمار نشده با اسید سالیسیلیک در سطوح آبیاری ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه، ۶۶ درصد تبخیر و تعرق گیاه و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه از مقادیر بالاتری برخوردار بود. بیشترین وزن خشک برگ (۸/۳۸ گرم)

در گیاهان تیمار شده با ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک و کامل آبیاری شده به دست آمد (جدول ۱). نتایج این مطالعه نشان داد که تنش خشکی (کم آبی) سبب کاهش وزن تر و خشک ساقه، برگ و ریشه، تعداد برگ، قطر ساقه و سطح برگ شد (جدول ۱). نتایج مشابهی نیز توسط برخی محققین گزارش شده است، به طوری که این محققین بیان کردند که در ارقام مختلف زیتون، تنش خشکی باعث کاهش تعداد برگ، سطح برگ، قطر ساقه، ارتفاع نهال، وزن تر و خشک شاخه، برگ و ریشه شد (Arzani and Arji, 2002; Arji et al., 2004; Gholami and Gholami, 2019; Khaleghi, 2012; Yazdani et al., 2007). برخی از مطالعه‌ها علت کاهش رشد گیاهان در شرایط تنش خشکی را به دلیل محدود شدن فتوسنتز، آن‌هم به واسطه کاهش نفوذ دی‌اکسید کربن به داخل روزنه‌ها و فضای بین سلولی می‌دانند (Di Vaio et al., 2012).

یافته‌های این آزمایش نشان داد که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک بر مقدار وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ، سطح برگ و تعداد برگ و قطر ساقه افزوده شد. نتایج مشابهی نیز در بررسی اثر اسید سالیسیلیک بر رشد رویشی دانهال پسته به دست آمد که بیانگر بهبود و افزایش شاخص‌های رویشی (طول ساقه، تعداد و سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی) در شرایط تنش بود (Bastam, 2011). مطالعات دیگری نیز نشان داد که اسید سالیسیلیک باعث افزایش سطح برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی در مقایسه با عدم مصرف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی شد (Mehrabian Moghaddam et al., 2011; Nazari kia, 2011; Normohamadi, 2011). برخی محققین علت تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های رشدی را بهبود و افزایش یافتن فتوسنتز و بالا بودن میزان محتوی نسبی آب و پتانسیل آب در اثر استعمال اسید سالیسیلیک می‌دانند (Singh and Usha, 2003).



آبیاری شده با تیمار آبیاری کامل و کمترین مقدار مربوط به تیمار آبیاری با ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه در ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از اعمال تیمار بود. مقدار کاهش کلروفیل b در ۹۰ روز بعد از اعمال تیمار در گیاهان آبیاری شده با ۳۳ درصد و ۶۶ درصد تبخیر و تعرق نسبت به گیاهان کامل آبیاری شده به ترتیب برابر با ۶۹/۶۲ و ۴۶/۸۳ درصد بود.

اثر متقابل آبیاری و اسیدسالیسیلیک بر کلروفیل b نیز نشان داد (جدول ۳) که در رژیم های کم آبی کلروفیل b کاهش یافت. بدین گونه که میزان کلروفیل b در گیاهان محلول پاشی نشده با اسیدسالیسیلیک و تحت تیمارهای آبی ۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه در مقایسه با گیاهان شاهد (آبیاری کامل و محلول پاشی نشده با اسیدسالیسیلیک) اختلاف معنی دار داشت. در واقع کمترین مقدار کلروفیل b (۰/۲۳) میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به تیمار ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاهی و محلول پاشی با غلظت صفر میلی مولار اسیدسالیسیلیک بود و بیشترین مقدار کلروفیل b مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاهی با غلظت دو میلی مولار اسیدسالیسیلیک که برابر با ۰/۸۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ بود.

## محتوی کلروفیل a

مطابق با جدول (۲) با گذشت زمان و با کاهش مقدار آب آبیاری، مقدار کلروفیل a کاهش یافت. کمترین کلروفیل a در ۹۰ روز پس از اعمال تیمار، مربوط به گیاهان تیمار شده با آبیاری ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه بود (۰/۴۵ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) حال آن که در این زمان در گیاهان شاهد بیشترین مقدار کلروفیل a (۱/۲۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) به دست آمد.

با توجه به جدول (۳) مشخص شد که در رژیم های کم آبی (۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه)، گیاهان محلول پاشی شده با غلظت های ۰/۵، ۱ و ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک، کلروفیل a بیشتری در مقایسه با گیاهان محلول پاشی نشده داشتند. در حالی که در آبیاری کامل، مقدار کلروفیل a بین گیاهان محلول پاشی شده با اسیدسالیسیلیک و محلول پاشی نشده، از نظر آماری اختلافی وجود نداشت.

## کلروفیل b

با عنایت به جدول (۲)، بالاترین مقدار کلروفیل b در ۹۰ و ۶۰ روز پس از اعمال تیمار مربوط به گیاهان

جدول ۲- اثر زمان و آبیاری بر محتوی کلروفیل برگ زیتون رقم کنسروالیا

Table 2. Effect of time and irrigation on leaf chlorophyll content of 'konservalia' olive

کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر) Total Chlorophyll (mg/g F.W.)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll b (mg/g F.W.)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll a (mg/g F.W.)	روز بعد از تیمار Days After Treatment	آبیاری (درصد تبخیر و تعرق) Irrigation (%ETc)
1.85 <sup>b</sup>	0.68 <sup>c</sup>	1.16 <sup>bf</sup>	30	100
2.10 <sup>a</sup>	0.93 <sup>a</sup>	1.17 <sup>b</sup>	60	
2.08 <sup>a</sup>	0.79 <sup>b</sup>	1.29 <sup>a</sup>	90	
1.15 <sup>c</sup>	0.36 <sup>e</sup>	0.78 <sup>c</sup>	30	66
1.19 <sup>c</sup>	0.45 <sup>d</sup>	0.74 <sup>d</sup>	60	
1.06 <sup>d</sup>	0.42 <sup>d</sup>	0.64 <sup>e</sup>	90	
0.78 <sup>f</sup>	0.23 <sup>f</sup>	0.55 <sup>f</sup>	30	33
0.76 <sup>f</sup>	0.24 <sup>f</sup>	0.51 <sup>g</sup>	60	
0.69 <sup>g</sup>	0.24 <sup>f</sup>	0.45 <sup>h</sup>	90	
8.02	7.58	6.35		ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)

\* در هر ستون، میانگین های دارای حروف یکسان، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح یک درصد معنی دار نیستند.

\* In each column, means followed by the same letter are not significant at  $p \leq 0.01$ , according to Duncan Multiple Test.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و اسیدسالیسیلیک بر محتوی کلروفیل، کربوهیدرات محلول کل و پرولین برگ زیتون رقم کنسروالیا

Table 3. Mean comparison of interaction between irrigation and salicylic acid on chlorophyll content, total soluble carbohydrate and proline of 'konservalia' olive

پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر) Proline ( $\mu\text{mol/g F.W.}$ )	کربوهیدرات محلول کل (میلی گرم بر گرم وزن تر) Total Soluble Carbohydrat ( $\text{mg/g F.W.}$ )	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر) Total Chlorophyll ( $\text{mg/g F.W.}$ )	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll b ( $\text{mg/g F.W.}$ )	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll a ( $\text{mg/g F.W.}$ )	اسید سالیسیلیک (میلی مولار) Salicylic Acid (mM)	آبیاری (درصد تبخیر و تعرق) Irrigation (%ETc)
12.41 <sup>g</sup>	36.88 <sup>h</sup>	1.89 <sup>a</sup>	0.65 <sup>b</sup>	1.23 <sup>af</sup>	0	100
12.42 <sup>g</sup>	37.12 <sup>h</sup>	2.05 <sup>a</sup>	0.82 <sup>a</sup>	1.23 <sup>a</sup>	0.5	
12.37 <sup>g</sup>	36.57 <sup>h</sup>	1.98 <sup>a</sup>	0.84 <sup>a</sup>	1.18 <sup>a</sup>	1	
12.48 <sup>g</sup>	37.30 <sup>h</sup>	2.12 <sup>a</sup>	0.89 <sup>a</sup>	1.23 <sup>a</sup>	2	
14.21 <sup>f</sup>	46.32 <sup>g</sup>	1.06 <sup>b</sup>	0.41 <sup>d</sup>	0.64 <sup>c</sup>	0	66
15.97 <sup>e</sup>	50.20 <sup>f</sup>	1.19 <sup>b</sup>	0.52 <sup>c</sup>	0.77 <sup>b</sup>	0.5	
15.57 <sup>e</sup>	49.62 <sup>f</sup>	1.15 <sup>b</sup>	0.48 <sup>c</sup>	0.73 <sup>b</sup>	1	
17.24 <sup>d</sup>	55.23 <sup>e</sup>	1.15 <sup>b</sup>	0.47 <sup>c</sup>	0.75 <sup>b</sup>	2	
18.95 <sup>c</sup>	64.90 <sup>d</sup>	0.64 <sup>d</sup>	0.23 <sup>g</sup>	0.45 <sup>f</sup>	0	33
20.65 <sup>b</sup>	67.74 <sup>b</sup>	0.79 <sup>c</sup>	0.35 <sup>e</sup>	0.54 <sup>d</sup>	0.5	
21.20 <sup>b</sup>	67.11 <sup>b</sup>	0.73 <sup>c</sup>	0.29 <sup>f</sup>	0.51 <sup>d</sup>	1	
22.68 <sup>a</sup>	72.49 <sup>a</sup>	0.79 <sup>c</sup>	0.37 <sup>e</sup>	0.52 <sup>d</sup>	2	
8.41	6.24	9.33	8.82	8.7		ضرب تغییرات (درصد)
						C.V. (%)

\* در هر ستون، میانگین های دارای حروف یکسان، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح یک درصد معنی دار نیستند.

\* In each column, means followed by the same letter are not significant at  $p \leq 0.01$ , according to Duncan Multiple Test.

### کلروفیل کل

عدم محلول پاشی سبب افزایش مقدار کلروفیل کل گشته است به طوری که در گیاهان محلول پاشی شده با ۲ میلی مولار اسیدسالیسیلیک در رژیم آبیاری ۶۶ درصد و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه به ترتیب ۱/۰۸ و ۱/۲۳ برابر نسبت به گیاهان محلول پاشی نشده در این دو رژیم آبیاری، میزان کلروفیل کل افزایش یافته است.

نتایج این آزمایش با مطالعات انجام شده بر روی ارقام بلیدی و میشن، ماری، زرد، روغنی زیتون تحت شرایط تنش خشکی که نشان داد، میزان کلروفیل a، b و کل در این ارقام تحت تنش خشکی کاهش یافت، مطابقت داشت (Arji et al., 2004; Arzani and Arji, 2002; Yazdani et al., 2007). به نظر می رسد در شرایط تنش آب با بسته شدن روزنه های برگ، غلظت دی اکسید کربن در بافت مزوفیل برگ کاهش یافته و در نتیجه با مختل شدن واکنش های تاریکی فتوسنتز، محصولات حاصل از

طبق جدول (۲)، با گذشت زمان از ۳۰ روز بعد از تیمار به ۹۰ روز بعد از تیمار، تنش کم آبی سبب کاهش مقدار کلروفیل کل شد. در ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از اعمال تیمار، کمترین مقدار کلروفیل کل مربوط به تیمار آبیاری ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه (۰/۶۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) و بیشترین مقدار کلروفیل کل، مربوط به تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه (۲/۱۰ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) بود

اثر متقابل آبیاری و اسیدسالیسیلیک بر کلروفیل کل نیز نشان داد (جدول ۳) که محلول پاشی یا عدم محلول پاشی در گیاهان کامل آبیاری شده بر میزان کلروفیل کل تأثیری نداشته در حالی که در گیاهانی که در حدود ۳۰ و ۷۰ درصد از کل آبیاری از آن ها دریغ شده است محلول پاشی با اسیدسالیسیلیک در مقایسه با

و همچنین جلوگیری از تخریب اکسین و افزایش پرولین، سبب پایداری غشا و باعث ایجاد تحمل به شرایط تنش می‌شود (Horvath et al., 2007; Nazar et al., 2015).

### کربوهیدرات محلول کل

اثر متقابل آبیاری و اسیدسالیسیلیک بر کربوهیدرات محلول کل نیز نشان داد (جدول ۳) که کمترین مقدار کربوهیدرات محلول کل برگ، مربوط به گیاهان شاهد (محلول پاشی یا عدم محلول پاشی با اسیدسالیسیلیک) بود و بیشترین مقدار کربوهیدرات محلول کل مربوط به گیاهان آبیاری شده با رژیم ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه و محلول پاشی شده با غلظت دو میلی مولار اسیدسالیسیلیک بود. محلول پاشی گیاهان با اسیدسالیسیلیک در گیاهان در معرض تنش کم آبی، سبب افزایش غلظت کربوهیدرات محلول کل برگ گردید بدین معنا که در گیاهان محلول پاشی شده با غلظت دو میلی مولار، اسیدسالیسیلیک و آبیاری شده با ۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر تعرق گیاه، مقدار کربوهیدرات محلول کل برگ، به ترتیب ۵۵/۲۳ و ۷۲/۴۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ شد در حالی که در همین رژیم آبیاری در گیاهان فاقد محلول پاشی مقدار کربوهیدرات محلول کل برگ به ترتیب ۴۶/۳۲ و ۶۴/۹۰ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ به دست آمد. نتایج مشابهی سایر محققین در خصوص افزایش میزان کربوهیدرات کل در شرایط تنش آبی در گیاه زیتون گزارش نمودند که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت (Khaleghi, 2012; Rozban, 2009).

نتایج تحقیقات حاکی از آن است که خشکی تأثیر مهمی بر میزان کربوهیدرات‌ها و نوع کربوهیدرات‌ها در گیاهان برجا می‌گذارد. به طوری که کربوهیدرات‌های مرکب نامحلول به کربوهیدرات‌های ساده محلول تجزیه می‌شوند. در واقع تحت شرایط تنش، نسبت ساکاروز به نشاسته افزایش و نشاسته بیشتر تجزیه شده و این امر منجر به افزایش کربوهیدرات‌های محلول می‌گردد (Kameli and Losel, 1993). همچنین نتایج این آزمایش

واکنش‌های روشنایی نظیر ATP، NADPH مصرف نشده و در چنین شرایطی رادیکال سوپراکسید ( $O_2^-$ )، پراکسید هیدروژن ( $H_2O_2$ ) و رادیکال هیدروکسیل (OH) تشکیل شده که سبب اکسید شدن لیپیدها، تغییر ساختمان پروتئین‌ها و اکسید شدن گروه‌های سولفیدریل، غیرفعال شدن آنزیم‌ها، بی‌رنگ شدن و یا از بین رفتن رنگ‌دانه‌هایی مانند کلروفیل و سایر ترکیبات رنگیزه‌ای در گیاه می‌شود. همچنین در اثر تنش خشکی به دلیل کاهش پتانسیل آب برگ و افزایش یافتن مواد تنظیم کننده رشد گیاهی نظیر آبسزیک اسید، فعالیت آنزیم کلروفیلاز به طور ناگهانی افزایش یافته که این آنزیم سبب تجزیه کلروفیل برگ می‌گردد (Mittler, 2002; Turkan et al., 2005).

همچنین نتایج این آزمایش نشان داد که محتوی کلروفیل (کلروفیل a، b و کل) در نهال‌های آبیاری شده با ۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه و محلول پاشی شده با اسیدسالیسیلیک نسبت به گیاهان محلول پاشی نشده با اسیدسالیسیلیک از مقدار بالاتری برخوردار بود که این نتایج با نتایج آزمایش انجام شده بر روی گیاه زیتون، ذرت، خردل، توت‌فرنگی و گندم که نشان داد که اسیدسالیسیلیک باعث افزایش سطح برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی و مقدار کلروفیل کل، محتوی نسبی آب برگ، در مقایسه با عدم مصرف اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش خشکی شد، مطابقت داشت (Mehrabian Moghaddam et al., 2011; Nazari Kia, 2011; Normohamadi, 2011).

ثابت شده که ترکیبات فنولیکی از قبیل اسیدسالیسیلیک بر روی فرآیندهای بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی از قبیل فتوسنتز، جذب یون‌ها، نفوذپذیری غشا، فعالیت آنزیم‌ها، نقش مهمی دارد. برخی محققین معتقدند که اسیدسالیسیلیک از طریق جلوگیری از اثر منفی تنش اکسیداتیو در غشا (پراکسیداسیون لیپیدها) و همچنین افزایش فتوسنتز و کمک به ساخت کلروفیل و جلوگیری از تجزیه کلروفیل

در طی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از اعمال تیمار، مربوط به گیاهان آبیاری شده با ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه و محلول پاشی شده با غلظت دو میلی مولار اسیدسالیسیلیک (به ترتیب ۲۱/۳۳، ۲۲/۹۵ و ۲۳/۶۵ میکرو مول بر گرم وزن تر برگ) در حالی که کمترین مربوط به تیمار آبیاری کامل به دست آمد. همچنین در شرایط تنش کم آبی (۶۶ درصد تبخیر و تعرق گیاه ETC ۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه) با گذشت زمان از ۳۰ تا ۹۰ روز، محلول پاشی گیاه با اسیدسالیسیلیک سبب افزایش پرولین گردید به گونه ای که کمترین مقدار پرولین پس از ۹۰ روز از محلول پاشی، در هر دو رژیم آبیاری ۶۶ درصد تبخیر و تعرق گیاه و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه در گیاهان محلول پاشی نشده با اسیدسالیسیلیک گزارش گردید که این نتایج حاکی از آن است که در شرایط تنش کم آبی، محلول پاشی با اسیدسالیسیلیک می تواند سبب افزایش پرولین برگ گیاه شود.

نشان داد که استفاده از اسیدسالیسیلیک سبب افزایش کربوهیدرات های محلول کل در شرایط تنش شد که این افزایش می تواند مرتبط با تنظیم اسمزی باشد که این نتایج با نتایج آزمایش انجام شده بر روی گیاه زیتون، توت فرنگی مطابقت داشت (Demiralay *et al.*, 2013; Nazari Kia, 2011; Normohamadi, 2011).

### پرولین برگ

اثر متقابل آبیاری و اسیدسالیسیلیک بر پرولین نیز نشان داد (جدول ۴) که با کاهش مقدار آب آبیاری بر میزان پرولین برگ افزوده شد. همچنین مشخص گردید که در گیاهان محلول پاشی شده با اسیدسالیسیلیک مقدار پرولین از افزایش بیشتری برخوردار بود. بیشترین مقدار پرولین (۲۲/۶۸ میکرو مول بر گرم وزن تر برگ) مربوط به گیاهان آبیاری شده با ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه و محلول پاشی شده با ۲ میلی مولار اسیدسالیسیلیک بود. با عنایت به جدول (۴) بیشترین مقدار پرولین برگ

جدول ۴- اثر زمان و آبیاری و اسیدسالیسیلیک بر پرولین  
Table 4. Effect of time and irrigation and salicylic acid on proline

روز بعد از تیمار Days After Treatment			اسیدسالیسیلیک (میلی مولار) Salicylic acid (mM)	آبیاری (درصد تبخیر و تعرق) Irrigation (%ETC)
90	60	30		
12.35 <sup>j</sup>	12.97 <sup>i</sup>	12.91 <sup>it</sup>	0	100
12.45 <sup>j</sup>	13.41 <sup>i</sup>	12.97 <sup>i</sup>	0.5	
13.00 <sup>i</sup>	12.17 <sup>j</sup>	11.08 <sup>k</sup>	1	
13.24 <sup>i</sup>	12.44 <sup>j</sup>	12.95 <sup>i</sup>	2	
21.24 <sup>c</sup>	19.48 <sup>d</sup>	17.00 <sup>f</sup>	0	66
14.03 <sup>h</sup>	13.29	14.43 <sup>h</sup>	0.5	
14.61 <sup>g</sup>	14.04 <sup>h</sup>	14.00 <sup>h</sup>	1	
13.31 <sup>i</sup>	13.23 <sup>i</sup>	13.00 <sup>i</sup>	2	
25.66 <sup>a</sup>	24.25 <sup>b</sup>	21.13 <sup>c</sup>	0	33
19.49 <sup>d</sup>	18.21 <sup>e</sup>	17.24 <sup>f</sup>	0.5	
18.49 <sup>e</sup>	17.55 <sup>f</sup>	16.72 <sup>f</sup>	1	
18.33 <sup>e</sup>	17.41 <sup>f</sup>	16.53 <sup>f</sup>	2	
			7.33	ضریب تغییرات (درصد)
				C.V. (%)

\* در هر ستون، میانگین های دارای حروف یکسان، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح یک درصد معنی دار نیستند.

\* in each column, means followed by the same letter are not significant at  $p \leq 0.01$ , according to Duncan Multiple Test.

کل و پرولین شد مطابقت داشت ( Normohamadi, 2011). محققین معتقدند اسیدسالیسیلیک با کاهش میزان تنش اکسایشی و افزایش مقدار پرولین نقش حفاظتی از غشاها و اندامک‌های سلولی از جمله ماشین پروتئین‌سازی سلول و ساختار پروتئین‌ها و آنزیم‌ها بر عهده داشته و از اکسایش یا تجزیه آن‌ها می‌کاهد (Horvath et al., 2007; Nazar et al., 2015).

### نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که با کاهش مقدار آب از ۱۰۰ به ۶۰ و ۳۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه، مقدار محتوی کلروفیل برگ (کلروفیل a, b و کل)، وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ، تعداد و سطح برگ و قطر ساقه کاهش در حالی که بر مقدار کربوهیدرات‌های محلول کل و پرولین برگ افزوده شد. همچنین مشخص گردید که در رژیم‌های آبیاری ۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق، محلول‌پاشی با غلظت دو میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک سبب افزایش در وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ، تعداد و سطح برگ، قطر ساقه، محتوای کلروفیل، مقدار پرولین و کربوهیدرات‌های محلول کل برگ در مقایسه با گیاهان فاقد محلول‌پاشی با اسیدسالیسیلیک شد؛ که به نظر می‌رسد که اسیدسالیسیلیک به دلیل افزایش فعالیت محتوی کلروفیل، کربوهیدرات‌های محلول کل و پرولین و همچنین کاهش میزان تنش اکسایشی (پراکسیداسیون چربی) و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سلول موجب تعدیل و کاهش اثرات منفی تنش خشکی در گیاه زیتون شده است.

نتایج مطالعات (Rozban (2009) در پسته و Arji and Arzani (2002) در زیتون با نتایج این آزمایش مطابقت داشت که نشان داد که با کاهش مقدار آب میزان پرولین برگ افزایش یافت. همچنین (Khaleghi (2012) نشان داد که بیشترین مقدار پرولین برگ گیاه زیتون مربوط به تیمار آبیاری ۳۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه بود. در واقع تجمع پرولین در اثر تنش خشکی یک واکنش عمومی است که به دلیل سنتز پرولین در بافت، ممانعت از اکسیداسیون پرولین و جلوگیری از شرکت پرولین در ساخت پروتئین‌ها صورت می‌گیرد. تنش آبی از اکسیداسیون پرولین در میتوکندری جلوگیری می‌نماید و نفوذپذیری غشاءهای میتوکندری را تغییر می‌دهند. همچنین از شرکت پرولین در ساخت پروتئین به‌وسیله تنش آبی جلوگیری می‌شود. همچنین نتایج این آزمایش نشان داد که در گیاهان تیمار شده با اسیدسالیسیلیک در سطوح آبی ۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه مقدار پرولین برگ نسبت به گیاهان محلول‌پاشی نشده بیشتر بود. در واقع می‌توان چنین استدلال نمود که محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در هر سه غلظت آن منجر به افزایش پرولین در شرایط تنش کم آبی شد که این نتایج با بررسی اثر کاربرد اسیدسالیسیلیک بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه توت‌فرنگی تحت تنش خشکی که نشان داد که محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک بر رقم کردستان در شرایط تنش خشکی موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ، میزان کربوهیدرات‌های محلول

### References

- Ahmed, F. F., Mansour, A. E. M. and Merwad, M. A. (2015). Physiological studies on the effect of spraying salicylic acid on fruiting of sukary mango trees. *International Journal of ChemTech Research*, 8(4), 2142-2149.
- AL-Taey, D. K. A. (2009). Effect of spraying acetyl salicylic acid to reduce the damaging effects of salt water stress on orange plants (*Citrus sinensis* L.). *Journal of Kerbala University*, 7(2), 192-202.
- Aliniaiefard, S., Hajilou, J. and Tabatabaei, S. J. (2016). Photosynthetic and growth responses of olive to proline and salicylic acid under salinity condition. *Not Bot Horti Agrobo*, 44(2), 579-585.

- Anonymous. (2016). *Statistics on agriculture. Office of Statistics and Information Technology of Agriculture Ministry*. Tehran: Ministry of Agriculture Press.
- Arji, I., Arzani, K. and Ebrahizadeh, H. (2004). Quantitative study of proline and soluble sugars of five olive (*Olea europaea* L.) cultivars under drought stress conditions. *Iranian Journal of Biology*, 16(4), 47-59. [In Farsi]
- Arji, I., Arzani, K. and Mirlatifi, M. (2002). Effect of different irrigation amounts on physiological and anatomical responses of olive (*Olea europaea* L. cv. Zard). *Journal of Soil and Plant Sciences*, 16(1), 112-120. [In Farsi]
- Arzani, K. and Argi, I. (2002). The response of young potted olive plants cv. 'Zard' to water stress and deficit irrigation. *Acta Horticulturae*, 586,419-422.
- Babalar, M., Asgarpour, A. and Mohhamadali Asgari, M. (2014). The effect of pre and postharvest treatment of salicylic acid and putrescine on some fruit quality of granny smith apple. *Journal of Horticultural Science*, 28(4), 479-486. [In Farsi]
- Arzani, K. and Yazdani, N. (2008). The influence of drought stress and paclobutrazol on quantitative changes of proteins in olive (*Olea europaea* L.) Cultivars Bladi and Mission. *Acta Horticultura*, 791, 527-530.
- Bastam, N. (2011). *Effect of salicylic acid and ascorbic acid on pistachio seedlings growth under salinity stress*. M.S. Thesis, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. [in Farsi]
- Bates, L., Waldren. R. P. and Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39(1), 205-207.
- Demiralay, M., Saglam, A. and Kadioglu, A. (2013). Salicylic acid delays leaf rolling by inducing antioxidant enzymes and modulating osmoprotectant content in *Ctenanthe setosa* under osmotic stress. *Turkish Journal of Biology*, 37(1), 1205-1216.
- Di Vaio, C., Marrab, F. P., Scaglione, G., La Manti, M. and Caruso, T. (2012). The effect of different vigour olive clones on growth dry matter partitioning and gas exchange under water deficit. *Scientia Horticulturae*, 134, 72-78.
- Gholami, R. and Gholami, H. (2019). The effect of drought stress on some vegetative and physiological characteristics of superior local olive genotypes (*Olea europaea* L.) in pot conditions. *Plant Productions*, 41(4), 15-28. [In Farsi]
- Horvath, E., Szalai, G. and Janda, T. (2007). Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *Journal of Plant Growth Regulation*, 26(3), 290-300.
- Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez-Diaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum*, 84(1), 55-60.
- Kameli, A. and Losel, D. M. (1993). Carbohydrates and water status in wheat plants under water stress. *New Phytologist*, 125(3), 609-614.
- Khaleghi E., Arzani, K., Moallemi, M. and Barzegar, M. (2014). Studying the effect of using kaolin on fluorescence and chlorophyll content in leaves of olive seedling (*Olea europaea* L. cv Dezful) under water deficit stress. *Plant Productions*, 37(2), 127-139. [In Farsi]
- Khaleghi, E. (2012). *Response of young olive plants cv. 'Dezful' to Kaolin and water stress and mature olive trees cv. 'Zard' to Kaolin under specific environmental conditions of Fasa city*. Ph.D. Thesis.

- Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. [In Farsi]
- Kouhifayegh, S. H., Hakimi, M. H., Mosleh Arany, A., Mirshamsi, H. A. and Kiani, B. (2013). The effects of sodium nitroproside and salicylic acid on some physiological characteristics of *Melia azedarach* under salinity conditions. *Arid Biome Scientific and Research Journal*, 3(2), 62-71. [In Farsi]
- Lichtenthaler, H. K. and Wellburn, A. R. (1983). Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, 11(5), 591-592.
- Mehrabian Moghaddam, N., Arvin, M. J., Khajuee Nezhad, Gh. R. and Maghsoudi, K. (2011). effect of salicylic acid on growth and forage and grain yield of maize under drought stress in field conditions. *Seed and Plant Production Journal*, 27(1), 41-55. [In Farsi]
- Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidant and stress tolerance. *Annual Review of Plant Science*, 7(9), 405-415.
- Mousavi, A., Lessani, H., Babalar, M., Talaei, A. R. and Fallahi, E. (2008). Influence of salinity on chlorophyll, leaf water potential, total soluble sugars and mineral nutrients in two young olive plants. *Journal of Plant Nutrition*, 31(11), 1906-1916.
- Nazar, R., Umar, S., Khan, N. A. and Sareer, O. (2015). Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation under drought stress. *South African Journal of Botany*, 98, 84-94.
- Nazari Kia, H. (2011). *Effect of salicylic acid on morphological and physiological traits of two olive cultivars (Koronaki and Dezphul) under drought stress*. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran. [In Farsi]
- Normohamadi, S. (2011). *Effect of salicylic acid application on some physiological traits of strawberry under drought stress*. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Kordestan University, Kordestan, Iran. [In Farsi]
- Raskin, I. (1992). Role of salicylic acid in plants. *Journal of of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43, 439-463.
- Rozban, M. R. (2009). *Investigating of physiological mechanisms of drought tolerance in three pistachio seedling rootstocks (Pistacia vera L.)*. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. [In Farsi]
- Salarpour Ghoraba, F. and Farahbakhsh, H. (2014). Effects of drought stress and salicylic acid on morphological and physiological traits of (*Foeniculum Vulgare* Mill). *Journal of Crops Improvement*, 1(3), 765-778. [In Farsi]
- Seddighi, A.; Gholami, M.; Sarikhani, H.; Ershadi, A. (2012). The effect of salicylic acid and gibberelic acid on fruit ripening, anthocyanin and ethylene production in sweet cherry cv. Mashhad. *Journal of Horticultural Science*, 26(2), 141-146. . [In Farsi]
- Singh, B. and Usha, K. (2003). Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation*, 39(2), 37-141.
- Turkan, I., Bor, M., Ozdemir, F. and Koca, H. (2005). Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought - tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Science*, 168(1), 223-231.
- Yazdani, N., Arzani, K. and Arji, I. (2007). The amelioration effect of paclobutrazol on water stress on olives (*Olea europaea* cv. Belidi and Mission). *Iranian Journal of Agricultural Science*, 38(2), 287-296. [In Farsi]

Zarabi, M., Talaei, M., Soleimani, E. and Haddad, R. (2010). The role of physiological and biochemical changes of six Olive cultivar exposed to drought. *Journal of Horticultural Science*, 24(2), 234-244. [in Farsi]



© 2019 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)