

تأثیر اسید سالیسیلیک بر برخی از خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی زیتون رقم کنسروالیا تحت شرایط کم آبی

نرگس شفیعی^۱، اسمعیل خالقی^{۲*} و نوراله معلمی^۳

۱، ۲، ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۲۰)

چکیده

پژوهشی به منظور بررسی اثر چهار سطح مختلف اسید سالیسیلیک (صفر، نیم، یک و دو میلی مولار) و سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه) بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی زیتون رقم کنسروالیا، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ای بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار (هر تکرار شامل دو گلدان)، در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۵ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل اسید سالیسیلیک در آبیاری بر وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ، سطح برگ و ارتفاع گیاه، در سطح ۱ درصد مؤثر بود. همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سه سطح آبیاری (۱۰۰ ETC، ۶۶٪ ETC و ۳۳٪ ETC)، مقدار وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ در گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک نسبت به گیاهان تیمار نشده با اسید سالیسیلیک، از مقادیر بالاتری برخوردار بود. کمترین مقدار محتوای نسبی آب برگ، پتانسیل آب ساقه و بیشترین مقاومت روزنه‌ای، مربوط به تیمار آبیاری ۳۳ درصد تبخیر و تعرق و بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ، پتانسیل آب ساقه و کمترین مقاومت روزنه‌ای، مربوط به تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه بود. همچنین مشخص شد که در شرایط تنش کم آبی (۶۶ ETC و ۳۳ ETC)، محلول پاشی با ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک، سبب بهبود و افزایش پتانسیل آب ساقه، محتوای نسبی آب برگ و سبب کاهش مقاومت روزنه‌ای گردید. لذا پیشنهاد می‌گردد که به منظور تعدیل تنش خشکی در نهال‌های جوان زیتون، از اسید سالیسیلیک با غلظت ۲ میلی مولار استفاده گردد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل آب ساقه، تبخیر و تعرق، تنش خشکی، محتوای نسبی آب برگ، مقاومت روزنه‌ای.

Effect of salicylic acid on some morphological and physiological characteristics of olive cv. 'Konservalia' under water deficit condition

Narges Shafiei¹, Esmail Khaleghi^{2*} and Noorollah Moallemi³

1, 2, 3. Former M. Sc. Student, Assistant Professor and Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

(Received: Apr. 29, 2017 - Accepted: Nov. 11, 2017)

ABSTRACT

An experimental was conducted in order to investigate the effect of different levels of salicylic acid (0, 0.5, 1 and 2 mM) and three levels of irrigation [100, 66 and 33 percent evapotranspiration] on some morphological and physiological characteristics of olive cv. 'Konservalia' as factorial based on a randomized complete block design with three replications in greenhouse of Agricultural Faculty of Shahid Chamran University of Ahvaz in 2015-2016. Results of ANOVA table showed that interaction of salicylic acid and irrigation had significant effect on fresh and dry root weight, stem and leaf, leaf area and plant height at $P < 0.01$. So that, in the three levels irrigation (100% ETC, 66% ETC and 33% ETC), 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. Plants irrigated with 33% ETC had lowest amount of leaf relative water content, stem water potential and had highest stomatal resistance while highest amount of leaf relative water content, stem water potential and lowest stomatal resistance were in plants irrigated with 100% ETC. Also, it was known that spraying with 2 mM salicylic acid increased leaf relative water content, stem water potential, but stomatal resistance was declined in water deficit stress conditions. Therefore, it is recommended to apply 2 mM salicylic acid to modify drought stress in young olive saplings.

Keywords: Drought Stress, evapotranspiration, relative water content, stomatal resistance, stem water potential.

* Corresponding author E-mail: khaleghi@scu.ac.ir

مقدمه

زیتون بانام علمی اولنا اوروپنا^۱ از خانواده اولئاسه^۲ و جزء گیاهان مقاوم به شرایط خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌آید. این گیاه در صنعت میوه‌کاری ایران از جایگاه و اهمیت خاصی برخوردار است (Sadeghi, 2010); به‌طوری‌که بیش از ۱۰۲ هزار هکتار از اراضی کشور، زیر کشت زیتون می‌باشد. این آمار نشان‌دهنده توسعه روزافزون کشت این محصول است (Anonymous, 2011). در این راستا استفاده از روش‌هایی با هدف افزایش کارایی مصرف آب و بهینه‌سازی مصرف آن، امری ضروری به‌شمار 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) و همچنین استفاده از روش‌های تعدیل‌کننده و کاهنده اثرات سوء تنش‌های محیطی، نظیر استفاده از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی مانند پاکلوبوترازول (Yazdani et al., 2007)، اسید سالیسیلیک (Horvath et al., 2007; Nazari Kia, 2011; Salarpour et al., 2014) و استفاده از مواد غیرتنظیم‌کننده رشد مانند اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها (Dolatabadian et al., 2009) و موادی با ماهیت ضد تعرقی (Glenn et al., 2010; Khaleghi, 2012; Kaleghi et al., 2012) و همچنین محلول‌پاشی برخی از مواد معدنی از قبیل کلسیم و پتاسیم (Sadrzadeh & Moallemi, 2007) می‌باشد.

اسید سالیسیلیک با نام شیمیایی ۲- هیدروکسی بنزوئیک اسید، یک ترکیب فنلی طبیعی و از تنظیم‌کننده‌های درون‌زای رشد است که در بیش‌تر گیاهان حضور دارد و امروزه به‌عنوان تعدیل‌کننده تنش خشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ترکیب تنظیم‌کننده، در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیک نظیر باز و بسته‌شدن روزنه‌ها، القای گلدهی، رشد و نمو، سنتز اتیلن و تنفس نقش دارد و می‌تواند سبب ایجاد تحمل به تنش‌های زنده و غیرزنده در گیاهان گردد (Raskin, 1992; Horvath et al., 2007). محققین معتقدند که تحت تنش خشکی، گیاهان

تیمار شده با اسید سالیسیلیک در مقایسه با گیاهان تیمار نشده، از سطح برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی و مقدار کلروفیل کل بالاتری برخوردار بودند (Mehrabian Moghaddam et al., 2011; Nazari Kia, 2011; Salarpour Ghoraba & Farahbakhsh, 2014). همچنین اثر اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ارقام کروناکی 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 پروکلین و کربوهیدرات افزوده شد؛ در حالی‌که محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک توانست آسیب ناشی از تنش خشکی را تا حدی جبران نماید (Nazari Kia, 2011). در تحقیق انجام‌شده بر روی دانه‌های پسته، مشخص شد که اسید سالیسیلیک سبب بهبود و افزایش پارامتری رشدی در شرایط تنش شد (Bastam, 2011). برخی محققین معتقدند که استفاده از اسید سالیسیلیک در گیاه گندم، ذرت، سویا و خردل، میزان فتوسنتز را تحت شرایط تنش خشکی افزایش دهد (Khan et al., 2003; Mohamed & Ahmed, 2010; Nazar et al., 2015). نتایج اثر کاربرد اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه توت‌فرنگی تحت تنش خشکی، نشان داد که با افزایش تنش خشکی، محتوای نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای در ارقام کردستان و کوئین‌الیزای کاهش یافت. درحالی‌که در رقم کردستان، محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ، میزان کربوهیدرات‌های محلول کل و پروکلین برگ شد (Normohamadi et al., 2011). اسید سالیسیلیک با کاهش میزان تنش اکسایشی و افزایش مقدار پروکلین، 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. مضافاً اینکه محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر روی گیاهان، با افزایش توان ضد اکسایشی از جمله کاروتنوئیدها، موجب کاهش مقدار پراکسید لیپیدها و آب‌اکسیژنه و حفاظت بیشتر از غشاهای سلولی و

1. *Olea europaea* L.

2. *Oleaceae*

آبیاری صورت گرفت (Arji et al., 2002; Khaleghi et al., 2012). به منظور اعمال تیمار آبیاری، ۶ گلدان به عنوان 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 به عنوان 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., 2012; Khaleghi et al., 2002) و پس از گذشت یک ماه از شروع آزمایش (جهت مؤثر واقع شدن تیمارها) پارامترهای فیزیولوژیکی (پتانسیل آب برگ، محتوای نسبی آب برگ و مقاومت روزنه‌ای) و پارامترهای مورفولوژیکی نظیر سطح برگ (با استفاده از دستگاه Leaf area meter مدل Delta-T Devices LTD ساخت کشور انگلستان) و ارتفاع گیاه 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 سایر خصوصیات مورفولوژیکی نظیر وزن تر و خشک‌ریشه، ساقه و برگ در پایان آزمایش اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری پتانسیل آب ساقه با استفاده از دستگاه محفظه فشار (مدل SKPM 1400 ساخت کشور انگلستان) و با روش (Cameron et al., 1999)، محتوای نسبی آب برگ به روش (Singh & Usha, 2003) و مقاومت روزنه‌ای با دستگاه پرمتر (مدل AP4 ساخت کشور انگلستان) و به روش (Khaleghi, 2012) استفاده شد. جهت آنالیز داده‌ها از نرم‌افزارهای MSTATC (جهت آنالیز صفاتی که فقط یکبار در پایان آزمایش اندازه‌گیری شدند) و SAS (جهت آنالیز صفاتی که به فواصل هر ۳۰ روز یکبار اندازه‌گیری شدند) و همچنین جهت مقایسه میانگین داده‌ها از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج و یک درصد استفاده شد. لازم به ذکر است که جهت آنالیز خصوصیتی که در زمان‌های مشخص اندازه‌گیری شده بودند از روش اندازه‌گیری تکراری استفاده شد.

فتوسنتزی و رنگیزه‌های فتوسنتزی شده و از کاتابولیسم کلروفیل جلوگیری می‌کند (Horvath et al., 2015; Nazar et al., 2007). بنابراین با عنایت به وجود محدودیت آب و شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک کشور، این پژوهش به منظور بررسی اثر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و آبیاری بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی زیتون رقم کنسروالیا به اجرا درآمد.

مواد و روشها

به منظور بررسی اثر چهار سطح مختلف اسید سالیسیلیک (صفر، نیم، یک و دو میلی‌مولار) و سه سطح آبیاری (۱۰۰ (شاهد)، ۶۶ و ۳۳ درصد تبخیر و تعرق گیاه (ETc)) بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی زیتون رقم کنسروالیا، پژوهشی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ای بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار (هر تکرار شامل دو گلدان)، در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۵ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز با مختصات جغرافیایی، ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شمالی از نصف‌النهار گرینویچ و ارتفاع حدود ۲۲ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. در این پژوهش ۷۲ نهال دوساله زیتون رقم کنسروالیا با قطر و ارتفاع تقریباً یکسان 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 (آبان ماه ۱۳۹۴) در گلخانه نگهداری گردید. پس از سازگاری، با آماده‌سازی مخلوط خاکی به نسبت یک سوم ماسه، یک سوم خاک زراعی و یک سوم کود حیوانی پوسیده، نهال‌های دوساله رقم کنسروالیا زیتون در ۷۲ گلدان ۱۴ لیتری قرار داده شدند. اسید سالیسیلیک مورد استفاده متعلق به شرکت مرک آلمان بود و عمل محلول‌پاشی یکبار با چهار غلظت (صفر، نیم، یک و دو میلی‌مولار) در آذرماه بر روی آنها 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

نتایج

خصوصیات مورفولوژیکی

وزن تر و خشک ریشه

نتایج جدول ۱ نشان داد که اثر برهمکنش آبیاری و اسید سالیسیلیک بر وزن تر و خشک ریشه در سطح ۱ درصد مؤثر بود و با کاهش مقدار آب، وزن تر و خشک ریشه کاهش یافت. به طوری که در گیاهان فاقد محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و آبیاری شده با ETC ۰.۶۶ و ETC ۰.۳۳، وزن تر ریشه، به ترتیب ۴/۸۲، ۲/۷۳ و ۲/۱۹ گرم بود. نتایج حاکی از آن است که در رژیم آبیاری ETC ۰.۶۶ و ETC ۰.۳۳، وزن تر ریشه، در گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک نسبت به گیاهان تیمار نشده، از مقادیر بالاتری برخوردار بود. وزن خشک ریشه نیز در گیاهان آبیاری شده با ETC ۰.۶۶ محلول پاشی و دو میلی مولار اسید سالیسیلیک، سبب افزایش ۱/۶۶ برابری نسبت به گیاهان محلول پاشی نشده گردید و در گیاهان آبیاری شده با ETC ۰.۳۳ و محلول پاشی با دو میلی مولار اسید سالیسیلیک، سبب افزایش ۱/۲۸ برابری نسبت به گیاهان محلول پاشی نشده در همین رژیم آبیاری شد.

وزن تر و خشک ساقه

با عنایت به جدول مقایسه میانگین معلوم گردید که اثر برهمکنش آبیاری و اسید سالیسیلیک بر وزن تر و خشک ساقه در سطح ۱ درصد مؤثر بود. در واقع

وزن تر و خشک ساقه نیز روندی مشابه وزن تر و خشک ریشه داشت. به طوری که در تیمارهای آبیاری ETC ۰.۶۶ و ETC ۰.۳۳ 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 ETC ۰.۶۶ و محلول پاشی شده با دو میلی مولار اسید سالیسیلیک ۲۴/۳۳ گرم و در گیاهان تیمار شده با ETC ۰.۳۳ 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 ETC ۰.۳۳ 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 که از نظر آماری در سطح ۱٪، اختلاف معنی دار آماری وجود داشت.

وزن تر و خشک برگ

محلول پاشی با اسید سالیسیلیک، در گیاهان آبیاری شده با ETC ۰.۶۶ و ETC ۰.۳۳، در سطح ۱ درصد، سبب بهبود و افزایش وزن تر برگ در مقایسه با گیاهان محلول پاشی نشده شد. کمترین وزن تر برگ (۵/۵۱ گرم) در گیاهان آبیاری شده با ETC ۰.۳۳ و عدم محلول پاشی با اسید سالیسیلیک بود.

جدول ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و اسید سالیسیلیک بر وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ زیتون رقم کنسروالیا

Table 1. Means comparison of interaction between irrigation and salicylic acid on fresh and dry weight of root, stem and leaf of 'Konservalia' olive

Irrigation	Salicylic Acid (mM)	Root Fresh Weight (g)	Root Dry Weight (g)	Stem Fresh Weight (g)	Stem Dry Weight (g)	Leaf Fresh Weight (g)	Leaf Dry Weight (g)
100%ETc	0	4.82±0.53 ^{af}	3.92±0.40 ^a	27.36±0.42 ^b	19.15±0.40 ^{ab}	10.14±0.13 ^a	7.51±0.29 ^{bc}
	0.5	4.64±0.12 ^a	3.79±0.30 ^a	28.33±0.31 ^a	18.82±0.92 ^b	10.03±0.19 ^a	8.38±0.58 ^a
	1	4.55±0.26 ^a	3.70±0.50 ^a	27.6±0.24 ^b	18.97±0.53 ^b	9.90±0.28 ^a	7.25±0.50 ^a
	2	4.41±0.28 ^a	3.76±0.13 ^a	27.58±0.32 ^b	19.65±0.65 ^a	10.16±0.17 ^a	7.74±0.34 ^b
66%ETc	0	2.73±0.17 ^d	1.83±0.26 ^{fg}	22.21±0.11 ^f	13.05±0.20 ^e	6.17±0.55 ^e	4.30±0.60 ^{dc}
	0.5	3.82±0.13 ^b	2.85±0.12 ^c	23.47±0.28 ^d	13.55±0.24 ^d	7.17±0.34 ^d	5.70±0.47 ^d
	1	3.77±0.16 ^b	2.60±0.14 ^d	23.38±0.30 ^d	15.91±0.60 ^c	7.26±0.25 ^d	5.37±0.21 ^d
	2	3.95±0.18 ^b	3.05±0.15 ^b	24.33±0.45 ^c	15.70±0.43 ^c	7.93±0.35 ^c	5.57±0.32 ^d
33%ETc	0	2.19±0.13 ^e	1.72±0.14 ^g	21.38±0.58 ^g	11.46±0.40 ^f	5.51±0.49 ^a	3.50±0.26 ^f
	0.5	2.90±0.21 ^d	2.01±0.17 ^f	20.82±0.13 ^g	13.10±0.17 ^e	6.72±0.19 ^e	4.11±0.45 ^e
	1	3.21±0.15 ^a	2.31±0.27 ^{de}	22.41±0.36 ^e	13.20±0.23 ^e	6.30±0.69 ^e	4.13±0.38 ^e
	2	3.11±0.12 ^a	2.21±0.29 ^{ef}	22.57±0.21 ^e	13.70±0.39 ^d	6.22±0.30 ^e	4.12±0.39 ^e

† در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف یکسان، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱٪ 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.

درحالی که بیشترین سطح برگ مربوط به تیمار آبیاری کامل و محلول پاشی با ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک، پس از گذشت ۹۰ روز بعد از محلول پاشی (۸۳۲۶/۲۶ سانتی متر مربع) به دست آمد. با توجه به شکل B-۱ و C مشخص گردید که در شرایط تنش کم آبی (۰.۶۶ETc) و (۰.۳۳ETc)، با گذشت زمان، از ۳۰ تا ۹۰ روز محلول پاشی گیاه با اسید سالیسیلیک، سبب افزایش سطح برگ گردید؛ به گونه‌ای که بیشترین سطح برگ پس از ۹۰ روز از محلول پاشی، در هر دو رژیم آبیاری ۰.۶۶ETc و ۰.۳۳ETc، در گیاهان محلول پاشی شده با ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک گزارش گردید که این نتایج حاکی از آن است که در شرایط تنش کم آبی، محلول پاشی با اسید سالیسیلیک می‌تواند سبب افزایش سطح برگ گیاه شود.

خصوصیات فیزیولوژیکی

محتوای نسبی آب برگ

مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری در زمان بر محتوای نسبی آب برگ نشان داد که کمترین مقدار محتوای نسبی آب برگ (۵۴/۱۲ درصد) مربوط به تیمار آبیاری ۰.۳۳ ETc (در ۹۰ روز بعد از اعمال تیمار) و بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ (۹۴/۷۷ درصد) مربوط به تیمار آبیاری ۰.۱۰۰ ETc (در ۹۰ روز بعد از اعمال تیمار) بود که این نتایج بیانگر وجود یک همبستگی مثبت بین میزان آب و محتوای نسبی آب برگ بود. به طوری که با کاهش مقدار آب آبیاری، محتوای نسبی آب برگ نیز کاسته شد. همچنین این مطالعه نشان داد که در ۹۰ روز بعد از اعمال تیمار، با کاهش تقریبی ۷۰ درصدی آب، محتوای نسبی آب برگ در گیاهان آبیاری شده با ۰.۳۳ ETc، در حدود ۵۰ درصد نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت (جدول ۲).

پتانسیل آب ساقه

مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری در زمان بر پتانسیل آب ساقه (جدول ۲) نشان داد که کمترین پتانسیل آب ساقه مربوط به گیاهان آبیاری شده با ۰.۳۳ ETc پس از ۹۰ روز بعد از اعمال تیمارها (۲/۲۵- مگاپاسکال) بود، حال آنکه در گیاهان کامل آبیاری شده و گیاهانی که تحت رژیم آبیاری ۰.۶۶ ETc

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 ۰.۱۰۰ ETc، ۰.۶۶ ETc و ۰.۳۳ ETc، 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 ۰.۱۰۰ ETc، ۰.۶۶ ETc و ۰.۳۳ ETc، 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).

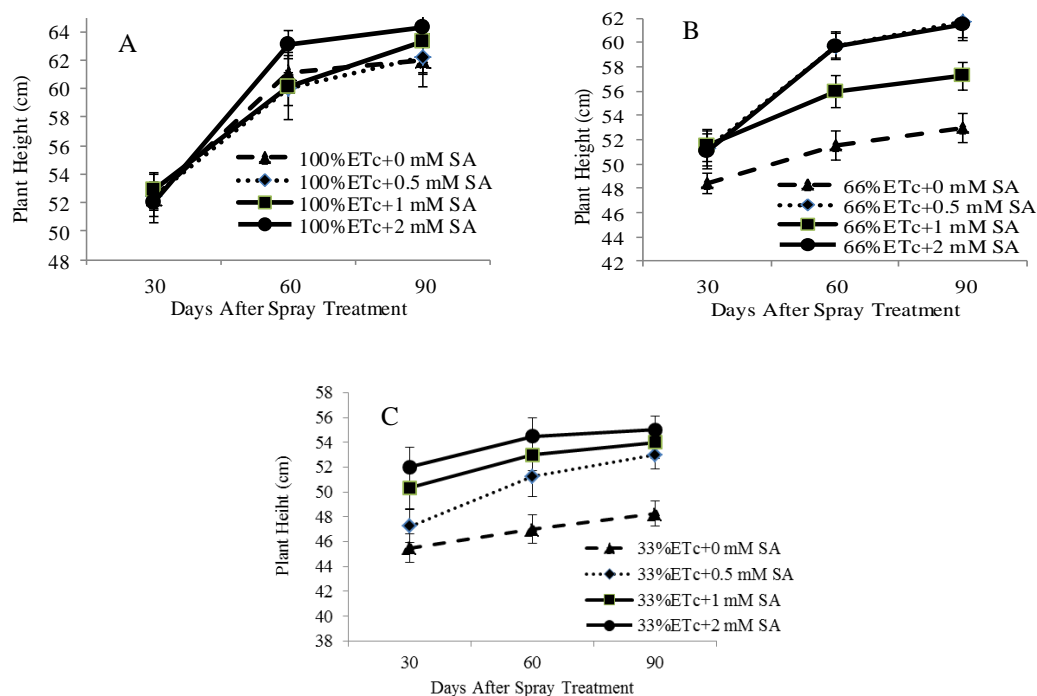
ارتفاع گیاه

با عنایت به شکل ۱ (A، B و C) در طی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز بعد از محلول پاشی، کمترین مقدار ارتفاع گیاه مربوط به گیاهان آبیاری شده با رژیم آبیاری ۰.۳۳ ETc و محلول پاشی شده با غلظت صفر میلی مولار اسید سالیسیلیک و بیشترین مقدار ارتفاع گیاه مربوط به گیاهان کامل آبیاری شده و تیمار شده با ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک (۶۴/۳۲ سانتی متر) بود. همچنین ارتفاع گیاه در ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از محلول پاشی در گیاهان محلول پاشی شده با اسید سالیسیلیک، در رژیم آبیاری ۰.۶۶ ETc و ۰.۳۳ ETc نسبت به گیاهان محلول پاشی نشده در همین رژیم آبیاری، بیشتر بود. در واقع، بیشترین ارتفاع گیاه در شرایط تنش کم آبی (۰.۶۶ ETc و ۰.۳۳ ETc) در ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از محلول پاشی، در گیاهان محلول پاشی شده با غلظت ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک بدست آمد (شکل B-۱ و C-۱) که این نتایج حاکی از آن است که در شرایط تنش کم آبی، محلول پاشی با اسید سالیسیلیک سبب افزایش ارتفاع گیاه گردید.

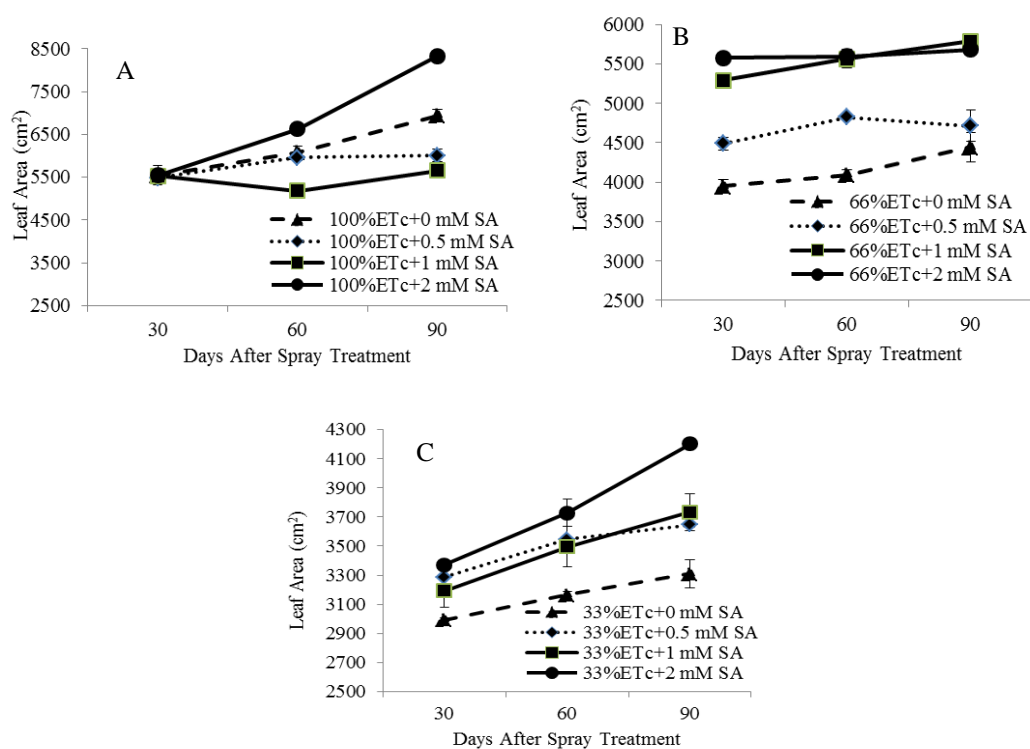
سطح برگ

با عنایت به شکل ۲ (A، B و C) کمترین سطح برگ در طی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از اعمال تیمار، مربوط به گیاهان آبیاری شده با ۰.۳۳ ETc و محلول پاشی شده با غلظت صفر میلی مولار اسید سالیسیلیک (به ترتیب ۳۳۷۰/۶۰، ۳۷۲۸/۴۰ و ۴۲۰۰/۴۰ سانتی متر مربع) بود؛

قرار گرفته بودند، پتانسیل آب ساقه پس از ۹۰ روز از اعمال تیمار، به ترتیب ۰/۹- و ۱/۹۶- بود (جدول ۲). نتایج مبین کاهش پتانسیل آب ساقه، با کاهش مقدار آب در طی زمان‌های آزمایش بود.



شکل ۱. اثر متقابل زمان × آبیاری × اسید سالیسیلیک بر ارتفاع گیاه زیتون رقم کنسروالیا
 Figure 1. Effect of Time× Irrigation× Salicylic acid interaction on Plant Height of 'Konservalia' Olive



شکل ۲. اثر زمان × آبیاری × اسید سالیسیلیک بر سطح برگ زیتون رقم کنسروالیا
 Figure 2. Effect of Time× Irrigation× Salicylic acid on Leaf Area of 'Konservalia' Olive

نشان داد که پس از گذشت ۶۰ روز از اعمال تیمار، در گیاهانی که تحت تنش کم آبی بودند، مقاومت روزنه‌ای برگ افزایش یافت. کمترین مقاومت روزنه‌ای برگ در ۹۰ روز پس از اعمال تیمار، مربوط به تیمار آبیاری ETC ۱۰۰٪ (۲/۰۱) ثانیه بر سانتی‌متر) و بیشترین مقاومت روزنه‌ای برگ در ۹۰ روز پس از اعمال تیمار مربوط به تیمار آبیاری ETC ۳۳٪ (۵/۵) ثانیه بر سانتی‌متر) بود. با توجه به جدول ۳ مشخص شد که باگذشت زمان از ۳۰ به ۹۰ روز پس از محلول‌پاشی، در گیاهان محلول‌پاشی شده با اسید سالیسیلیک در مقایسه با گیاهان فاقد محلول‌پاشی بر مقدار مقاومت روزنه‌ای کمتر افزوده شد، به‌گونه‌ای که در ۹۰ روز پس از اعمال تیمار، در گیاهان محلول‌پاشی شده با ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک، میزان مقاومت روزنه‌ای ۴/۳۳ ثانیه بر سانتی‌متر گزارش شد، ولی در گیاهان تیمارنشده این شاخص برابر با ۶/۳۳ ثانیه بر سانتی‌متر بود.

نتایج جدول مقایسه میانگین اثر زمان × اسید سالیسیلیک (جدول ۳) نشان داد که در ۳۰ روز پس از اعمال تیمار در گیاهان تیمار شده با نیم میلی‌مولار اسید سالیسیلیک، پتانسیل آب ساقه نسبت به بقیه تیمارها بیشتر بود (۱/۳۶- مگاپاسکال) و کمترین مقدار پتانسیل آب ساقه، در ۹۰ روز بعد از اعمال تیمار و در گیاهان محلول‌پاشی شده با یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بود. و در تمامی سطوح اسید سالیسیلیک، با گذشت زمان از ۳۰ روز به ۶۰ و ۹۰ روز، از مقدار پتانسیل آب ساقه کاسته شد؛ اما به‌طور کلی نتایج حاکی از آن بود که فقط غلظت نیم میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در هر سه زمان توانست سبب افزایش پتانسیل آب ساقه گردد.

مقاومت روزنه‌ای

جدول ۲ (اثر زمان × آبیاری بر مقاومت روزنه‌ای برگ)

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل زمان و آبیاری بر محتوی نسبی آب برگ، پتانسیل آب ساقه و مقاومت روزنه‌ای زیتون رقم کنسروالیا

Table 2. Means comparison of interaction between time and irrigation on leaf relative water content, stem water potential and stomatal resistance of 'Konservalia' olive

Irrigation	Time (Days After Spray Treatment)	Leaf Relative Water Content (%)	Stem Water Potential (MPa)	Stomatal Resistance (s/m)
100%ETc	30	93.33±0.78 ^{af}	-0.82±0.11 ^d	2.11±0.15 ^t
	60	93.67±0.87 ^a	-0.80±0.11 ^d	2.30±0.30 ^f
	90	94.77±1.74 ^a	-0.90±0.13 ^d	2.01±0.10 ^f
66%ETc	30	70.96±1.02 ^b	-1.54±0.15 ^e	2.90±0.10 ^e
	60	66.01±1.25 ^c	-1.48±0.13 ^e	4.10±0.30 ^{cd}
	90	64.44±1.58 ^c	-1.96±0.16 ^b	4.26±0.30 ^c
33%ETc	30	56.92±0.79 ^d	-2.09±0.14 ^b	3.9±0.10 ^{cd}
	60	54.18±1.08 ^e	-2.12±0.12 ^{ab}	5.17±0.10 ^b ^c
	90	54.12±1.02 ^e	-2.25±0.13 ^a	5.50±0.30 ^a

† در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف یکسان، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱٪ معنی‌دار نیستند.

† in each column, means followed by the same letter are not significant at P≤0.01, according to Duncan Multiple Test.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل زمان و اسید سالیسیلیک بر پتانسیل آب ساقه و مقاومت روزنه‌ای زیتون رقم کنسروالیا

Table 3. Means comparison of interaction between time and salicylic acid on stem water potential and stomatal resistance of 'Konservalia' olive

Salicylic Acid (mM)	Time (Days After Spray Treatment)	Stem Water Potential (MPa)	Stomatal Resistance (s/m)
0	30	-1.51±0.03 ^{bcf}	2.7±0.28 ^g
	60	-1.54±0.01 ^c ^{cd}	5.75±0.11 ^b
	90	-1.55±0.03 ^{cd}	6.33±0.26 ^a
0.5	30	-1.35±0.02 ^a	2.41±0.22 ^b
	60	-1.46±0.05 ^b	4.11±0.49 ^f
	90	-1.45±0.07 ^b	5.01±0.20 ^c
1	30	-1.54±0.03 ^{cd}	2.56±0.15 ^{fg}
	60	-1.58±0.04 ^{cd}	4.53±0.34 ^{df}
	90	-1.69±0.04 ^e	4.94±0.30 ^c
2	30	-1.53±0.05 ^c	2.46±0.12 ^g
	60	-1.47±0.07 ^{bc}	4.87±0.42 ^{cd}
	90	-1.62±0.05 ^d	4.33±0.46 ^f

† در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف یکسان، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱٪ معنی‌دار نیستند.

† in each column, means followed by the same letter are not significant at P≤0.01, according to Duncan Multiple Test.

بحث

یافته‌های این آزمایش نشان داد که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک بر مقدار وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ، سطح برگ و ارتفاع گیاه افزوده شد. نتایج مشابهی نیز در بررسی اثر اسید سالیسیلیک بر رشد رویشی دانها پسته بدست 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 و مقدار کلروفیل کل، محتوی نسبی آب برگ، در مقایسه با عدم مصرف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی شد (Mehrabian Moghaddam *et al.*, 2011; Nazari *et al.*, 2011; Normohamadi, 2011; Kia, 2011). برخی محققین علت تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های رشدی را بهبود و افزایش یافتن فتوسنتز و بالابودن میزان محتوی نسبی آب و پتانسیل آب در اثر استعمال اسید سالیسیلیک می‌دانند (Singh & Usha, 2003). برخی محققین معتقدند که اسید سالیسیلیک از طریق جلوگیری از اثر منفی تنش اکسیداتیو در غشا (پراکسیداسیون لیپیدها) و همچنین افزایش فتوسنتز و جلوگیری از تخریب اکسین و افزایش پرولین، سبب پایداری غشا و باعث ایجاد تحمل به شرایط تنش و افزایش رشد می‌شود (Horvath *et al.*, 2007; Nazar *et al.*, 2015).

محتوای نسبی آب برگ، پتانسیل آب ساقه و مقاومت روزه‌ای، به‌عنوان شاخص‌هایی از وضعیت آبی گیاه می‌باشند. نتایج این آزمایش نشان داد که با کاهش مقدار آب، محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل آب ساقه کاهش و مقاومت روزه‌ای افزایش یافت ولی محلول‌پاشی گیاهان با اسید سالیسیلیک، سبب بهبود و افزایش محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل آب ساقه و کاهش مقاومت روزه‌ای برگ شد. نتایج این آزمایش، با آزمایش‌های صورت‌گرفته بر روی توت‌فرنگی، که نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش محتوی نسبی آب برگ، پتانسیل آب ساقه و افزایش مقاومت روزه‌ای برگ و محلول‌پاشی گیاه با اسید سالیسیلیک، سبب افزایش محتوی نسبی آب

نتایج این مطالعه نشان داد که تنش خشکی (کم‌آبی) سبب کاهش وزن تر و خشک ساقه، برگ و ریشه، ارتفاع و سطح برگ شد (جدول ۱ و شکل ۱ و ۲). نتایج مشابهی نیز توسط برخی محققین گزارش شده است، به‌طوری‌که این محققین بیان کردند که در ارقام مختلف زیتون، تنش خشکی باعث کاهش سطح برگ، ارتفاع نهال، وزن تر و خشک شاخه، برگ و ریشه شد (Arzani & Arji, 2002; Arji *et al.*, 2004; Yazdani *et al.*, 2007; Khaleghi, 2012). علاوه بر این، نتایج به‌دست‌آمده از تأثیر مقادیر مختلف آبیاری بر عکس‌العمل‌های فیزیولوژیکی و رشدی نهال‌های جوان زیتون ارقام ماری، زرد، بیلدی، میشن و روغنی، مشخص کرد که تنش شدید خشکی (۱/۵- مگاپاسکال)، باعث کاهش رشد قطری تنه و وزن تر و خشک شاخه، برگ و ریشه شد (Arji *et al.*, 2002). که این یافته‌ها با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. برخی از مطالعه‌ها علت کاهش رشد گیاهان در شرایط تنش خشکی را به دلیل محدود شدن فتوسنتز، آن‌هم به‌واسطه کاهش نفوذ دی‌اکسیدکربن به داخل روزه‌ها و فضای بین‌سلولی می‌دانند (Ahmadi, 2000; Di Vaio *et al.*, 2012). همچنین گزارش‌های دیگری حاکی از آن است که در شرایط تنش آبی، کاهش رشد از مصرف بالای ATP جهت آبکافت (هیدرولیز) کربوهیدرات‌ها و از کاهش نرخ فتوسنتز و سطح برگ نشأت می‌گیرد (Di Vaio *et al.*, 2012)؛ علاوه بر این، علت کاهش رشد ریشه و وزن تر و خشک‌ریشه در تنش خشکی را می‌توان به‌واسطه تأثیر مستقیم و غیرمستقیم کاهش آب بر رشد و وزن تر و خشک‌ریشه اعلام نمود. در واقع تنش خشکی، به‌واسطه تأثیر بر تورژسانس سلول ریشه، به‌طور مستقیم منجر به کاهش رشد ریشه می‌شود و به‌طور غیرمستقیم، آن‌هم به‌واسطه کاهش در کارایی فتوسنتز ناشی از عدم جذب آب کافی توسط ریشه است، که این مساله باعث کاهش در تخصیص کربوهیدرات کافی به ریشه شده که در نتیجه از میزان رشد ریشه و وزن تر و خشک ریشه کاسته می‌شود (Flexas & Medrano, 2002; Khaleghi, 2012).

انسداد روزنه و افزایش در مقاومت روزنه‌ای حادث می‌شود، که کاربرد اسید سالیسیلیک، به‌واسطه مهار رادیکال‌های آزاد اکسیژن و با افزایش ظرفیت سیستم ضد اکسایشی و با افزایش مقدار پتاسیم، سبب افزایش فشار آماس سلولی، افزایش محتوی نسبی آب و پتانسیل آب و در نتیجه کاهش مقاومت روزنه‌ای برگ می‌گردد (Raskin, 1992; Delavari Parizi *et al.*, 2012).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که تحت تنش خشکی، پارامترهای رویشی گیاه کاهش می‌یابد؛ در حالی‌که این پارامترها در گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک نسبت به گیاهان تیمار نشده، در شرایط تنش کم‌آبی، از مقادیر بالاتری برخوردار بود. همچنین مشخص شد که در گیاهان تحت تنش آبیاری، تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک سبب بهبود و افزایش پتانسیل آب ساقه، محتوی نسبی آب برگ و سبب کاهش مقاومت روزنه‌ای نسبت به گیاهان فاقد محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک شد؛ همچنین سبب بهبود و افزایش پارامترهای رشدی، در طی تنش کم‌آبی گردید؛ لذا پیشنهاد می‌گردد که به‌منظور تعدیل تنش خشکی در نهال‌های جوان زیتون، از اسید سالیسیلیک با غلظت ۲ میلی‌مولار استفاده گردد.

برگ، پتانسیل آب ساقه و کاهش مقاومت روزنه‌ای گردید، مطابقت داشت (Nazari Kia, 2011; Normohamadi, 2011). محققین افزایش در محتوی نسبی آب برگ و پتانسیل آب ساقه توسط اسید سالیسیلیک را به‌واسطه نقش آن در تنظیم و افزایش آنزیم‌های ضد اکسایشی و ترکیبات دارای گونه‌های اکسیژن فعال در گیاه و افزایش مقدار پتاسیم می‌دانند (Kabiri *et al.*, 2014; Ghaderi *et al.*, 2015). در واقع اسید سالیسیلیک با افزایش آنزیم‌های ضد اکسایشی، مانع از حمله رادیکال‌های آزاد به سلول شده و که این امر موجب عدم تغییر و تخریب سیتوپلاسم سلولی توسط رادیکال‌های آزاد می‌شود؛ در نتیجه نشت الکترولیتی و کاهش محتوی نسبی آب سلولی رخ نخواهد داد. همچنین بیان شده است که کاربرد اسید سالیسیلیک سبب افزایش میزان پلی‌آمین‌های پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین در گیاه شده که این امر می‌تواند به یکپارچگی و به حفظ غشا تحت شرایط تنش خشکی کمک کند (Raskin, 1992; Horvath *et al.*, 2007).

محتوی نسبی آب برگ، پتانسیل آب ساقه و مقاومت روزنه‌ای، به‌عنوان شاخص‌هایی از وضعیت آبی گیاه می‌باشند. بر اساس تحقیقات صورت‌گرفته، بیان شده است که در شرایط تنش خشکی، به دلیل کاهش فشار تورژسانس و افزایش اسید آبسزیک،

REFERENCES

- Ahmadi, A. (2000). Stomatal and nonstomatal limitations of photosynthesis under water stress conditions in wheat plant. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 31(4), 813-825. (in Farsi)
- Anonymous. (2011). *Statistics on agriculture*. Office of Statistics and Information Technology of Agriculture Ministry. Ministry of Agriculture Press, Tehran.
- Arji, I., Arzani, K. & 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. & 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. & Arji, I. (2000). The effect of water stress and deficit irrigation on young potted olive cv "Local-Roghani Roodbar". *Acta Horticulturae*, 537(2), 879-875.
- Arzani, K. & Arji, I. (2002). The response of young potted olive plants cv. 'Zard' to water stress and deficit irrigation. *Acta Horticulturae*, 586, 419-422.
- 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, Iran.
- Cameron, R. W., Harrison- Murray, R. S. & Seott, M. A. (1999). The use of controlled water stress to manipulate growth of container- grown Rhododendron CV. Happy. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 47, 161-169.

9. Delavari Parizi, M., Baghizadeh, A., Enteshari, S. H. & Khosrow Manouchehri Kalantari, K. (2012). The study of the interactive effects of salicylic acid and salinity stress on induction of oxidative stress and mechanisms of tolerance in *Ocimum basilicum* L. *Journal of Plant Biology*, 4(12), 25-36. (in Farsi)
10. Di Vaio, C., Marrab, F. P., Scaglione, G., La Manti, M. & 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.
11. Dolatabadian, A., Modarres Sanavy, S. A. M. & Sharifi, M. (2009). Effect of water deficit stress and foliar application of ascorbic acid on antioxidants enzymes activity and some biochemical's changes in leaves of grain corn (*Zea maize* L.). *Iranian Journal of Biology*, 22, 408-422. (in Farsi)
12. Flexas, J. & Medrano, H. (2002). Drought inhibition of photosynthesis in C3 plants: Stomatal and nonstomatal limitation revisited. *Annals of Botany*, 89, 183-189.
13. Ghaderi, N., Normohammadi, S. & Javadi, T. (2015). Morpho-physiological responses of strawberry (*Fragaria×ananassa*) to exogenous salicylic acid application under drought stress. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17, 167-178
14. Glenn, D. M., Cooley, N., Rob Walker, R. & Clingeffer, P. (2010). Impact of kaolin particle film and water deficit on wine grape water use efficiency and plant water relations. *Hortscience*, 45(8), 1178-1187.
15. Hamada, A. M. & Al-Hakimi, A. M. A. (2001). Salicylic acid versus salinity drought induced stress on wheat seedlings. *Rostlina Vyroba*, 47, 444-450.
16. Horvath, E., Szalai, G. & Janda, T. (2007). Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *Journal of Plant Growth Regulation*, 26, 290-300.
17. Kabiri, R., Nasibi, F. & Farahbakhsh, H. (2014). Effect of exogenous salicylic acid on some physiological parameters and alleviation of drought stress in nigella sativa plant under hydroponic culture. *Plant Protection Science*, 50(1), 43-51.
18. 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, Iran.
19. Khaleghi E., Arzani, K., Moallemi, M. & 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. *Journal of Plant Production*, 37(2), 127-139. (in Farsi)
20. Khan, W., Prithiviraj, B. & Smith, D. L. (2003). Photosynthetic response of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology*, 160, 485-492.
21. Mehrabian Moghaddam, N., Arvin, M. J., Khajuee Nezhad, Gh. R. & 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)
22. Mohamed, A. & Ahmed, L. (2010). Response of wheat cultivars to drought and salicylic acid. *American-Eurasian Journal of Agronomy*, 3(1), 1-7.
23. Nazar, R., Umar, S., Khan, N. A. & 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.
24. 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, Iran.
25. Normohamadi, S. (2011). *Effect of salicylic acid application on some physiological traits of strawberry under drought stress*. M.S. Thesis. Faculty of Agriculture. University of Kurdistan, Iran.
26. Raskin, I. (1992). Role of salicylic acid in plants. *Journal of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43, 439-463.
27. 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, Iran.
28. Salarpour Ghoraba, F. & 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)
29. Sadeghi, H. (2010). *Management of olive orchards*. Avaye Masih Press.
30. Sadrzadeh, M. & Moallemi, N. (2006). Effect of water stress and potassium on growth traits of two olive cultivars 'Zard' and 'Baghmalek'. *Agricultural Research*, 6(4), 2-10.
31. Singh, B. & Usha, K. (2003). Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation*, 39, 37-141.
32. Yazdani, N., Arzani, K. & Arji, I. (2007). The amelioration effect of paclobutrazol on water stress on olives (*Olea europaea*) cv. Bliidi and Mission. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 38(2), 287-296. (in Farsi)