

ارزیابی تحمل به شوری در شش ژنوتیپ زیتون (*Olea europaea* L.) در محیط کنترل شده

## Evaluation of Salinity Tolerance in Six Olive (*Olea europaea* L.) Genotypes in Controlled Environment

علی اصغر زینانلو<sup>۱</sup>، مریم دودانگه<sup>۲</sup> و سید مهیار طاووسی<sup>۳</sup>

۱- دانشیار، پژوهشکده میوه های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.  
۲ و ۳- کارشناس، پژوهشکده میوه های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۳

### چکیده

زینانلو، ع. ا.، دودانگه، م. و طاووسی، س. م. ۱۳۹۹. ارزیابی تحمل به شوری در شش ژنوتیپ زیتون (*Olea europaea* L.) در محیط کنترل شده. مجله نهال و بذر ۳۶: ۳۱۷-۳۳۳.

محدودیت منابع آبی و شور بودن آب و خاک از عوامل مهم بازدارنده توسعه کشت زیتون می‌باشد. بنابراین در این شرایط انتخاب ارقام متحمل به شوری از اهمیت زیادی برخوردار است. در این پژوهش تحمل به شوری شش رقم و ژنوتیپ برتر زیتون (کنسروالیا، کرونیکی، امین، اوزینه ۲، Ds8 و D1) در سه سطح شوری (۰، ۵۰، ۲۰۰ میلی‌مول در لیتر کلروسدیم) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار ارزیابی شد. نتایج نشان داد با افزایش شوری بر مقدار سدیم در بافت ریشه، ساقه و برگ افزوده شد. غلظت سدیم، کلر و پتاسیم در این بافت‌ها تحت تاثیر ژنوتیپ و تیمار شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با افزایش غلظت نمک از مقدار پتاسیم و نسبت  $K^+/Na^+$  در ریشه، ساقه و برگ به طور معنی‌دار ( $p < 0/01$ ) کاسته شد. مقدار انتقال کلر از ریشه به برگ و ساقه در ژنوتیپ‌های حساس بیشتر از ژنوتیپ‌های متحمل بود. شوری سبب کاهش شدید سطح برگ در رقم کنسروالیا و ژنوتیپ D1 شد. از نظر شاخص خسارت تنش شوری بر گیاه، رقم امین و ژنوتیپ Ds8 بدون علائم خسارت تنش شوری بودند و رقم کنسروالیا و ژنوتیپ D1 بیشترین خسارت ناشی از تنش شوری را نشان داد. با توجه نتایج این پژوهش رقم امین و ژنوتیپ Ds8 را به عنوان متحمل، ژنوتیپ امید بخش اوزینه ۲ و رقم کرونیکی را به ترتیب نسبتاً حساس و حساس و رقم کنسروالیا و ژنوتیپ امید بخش D1 خیلی حساس شناسایی شدند.

واژه های کلیدی: زیتون، سطح برگ، نسبت  $K^+/Na^+$ ، کلور سدیم و شاخص تحمل شوری.

## مقدمه

پیشگیری از انتقال نمک به شاخه‌ها و برگ‌ها و یا جابجایی یون‌های سمی در برگ‌ها است (Tabatabaei, 2006; Bracci *et al.*, 2008; Fernández, 2014). این سازکار در ریشه‌ها قرار دارد، جلوگیری از انتقال آن بیش از ممانعت از جذب آن است (Benlloch *et al.*, 1991).

تبادل  $K^+$  در غشای جداکننده‌ی پروتوپلاست از دیواره‌ی سلولی (Plasmalemma) ممکن است مرتبط با تنظیم انتقال  $Na^+$  به شاخه‌ها باشد. علاوه بر این ممکن است تحمل به شوری مربوط به قابلیت تجمع نمک در واکوئل برگ‌های زیتون باشد (Loreto and Bonghi, 1987). در زیتون‌های تحت تنش شوری که مقدار  $Cl^-$  آن بیش از ۸۰ میلی‌مول در بافت تر بود، مقدار فتوسنتز کاهش یافت و در مرفولوژی گیاه تغییر ایجاد شد (Bonghi and Loreto, 1989).

تحمل به شوری در ارقام مختلف زیتون متفاوت است (Tattini, 1994). در بررسی رفتار چهار رقم زیتون با اعمال تیمارهای شوری نتایج نشان داد رقم رویال دکازولا و کرونیکی به دلیل فعالیت بالای آنزیم‌های کاتالاز (Catalase = CAT) و گلوکاتایون ردوکتاز (Glutathione Reductase = GSH) نسبت به شوری متحمل تر بودند (Regni *et al.*, 2019). مقدار تجمع یون سدیم در برگ در هر دو رقم کرونیکی و رویال دکازورلا

زیتون با نام علمی *Olea europaea* L. بیش از ۱۰ میلیون هکتار سطح زیر کشت در دنیا با شرایط اقلیمی مدیترانه با تابش آفتاب زیاد، سرما خشکی و شوری به خوبی سازگاری یافته است (Gucci and Tattini, 1997; Fernández, 2014). زیتون در برخی مناطق ایران به صورت خودرو وجود دارد و کشت آن به صورت تجاری نیز انجام می‌شود. در ایران با جمع آوری بیش از ۱۰۰ ژنوتیپ بومی و ایجاد کلکسیون، نسبت به ارزیابی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر اقدام شده است (Zeinanloo, 2018).

محدودیت منابع آبی و نیاز روز افزون به تولید مواد غذایی، استفاده از منابع آب شور در تولید محصولات کشاورزی را ایجاب می‌کند. اما برای این کار نیاز به شناخت ارقام متحمل به شوری است. واکنش به شوری ابتدا در سرشاخه به وجود می‌آید که به نظر می‌رسد باید مرتبط با علائم سمیت  $Na^+$  باشد (Roy *et al.*, 2014). اثر شوری می‌تواند سبب بسته شدن روزنه‌ها شده و از رشد برگ جلوگیری نماید (Munns and Termaat, 1986). در یک دوره طولانی غلظت سمی از یونها در سرشاخه‌ها تشکیل می‌شود. به ویژه در برگ‌های پیر، سبب پیری زودرس و در نهایت کاهش عملکرد و مرگ گیاه می‌شود (Munns and Tester, 2008).

سازکار تحمل به شوری در زیتون به دلیل

انتخاب ارقام یا پایه متحمل به شوری جهت توصیه کشت در اراضی شور بود.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش تحمل به شوری شش رقم و ژنوتیپ زیتون: کنسروالیا (Conservolia) رقمی بسیار پرمحصول کنسروی با میوه بزرگ با میانگین وزن حدود ۷ گرم و حساس به سرما و شوری، در حال حاضر بیشترین رقم کنسروی تکثیری در ایران را این رقم تشکیل می‌دهد، کرونیکی (Koroneiki) رقم روغنی با کیفیت روغن عالی، بسیار پرمحصول و مناسب کشت متراکم، حساس به سرما است، امین رقمی خیلی پاکوتاه مناسب برای کشت فوق متراکم و پرمحصول، و ژنوتیپ‌های امید بخش اوزینه ۲ با منشا استان گلستان، D1 و DS8 با منشا استان کرمانشاه (Zeinanloo, 2018; Zeinanloo, 2010) و سطوح تیمار شوری با استفاده از کلرور سدیم در سه غلظت (۰، ۵۰، ۲۰۰ میلی‌مول در لیتر) ارزیابی شد.

نهال‌ها با طول حدود ۸۰ سانتیمتر پس از شستشوی ریشه‌ها در بستر کشت ماسه و پرلیت با نسبت ۱:۱ در گلدان کشت شدند. این آزمایش با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و در هر تکرار سه نهال در محل گلخانه پژوهشگاه میوه‌های معتدله و سردسیری از مهر ۱۳۹۶ لغایت اردیبهشت ۱۳۹۷ اجرا شد.

(Royal De Cazorla) در تیمار ۲۰۰ میلی‌مول در مقایسه با صفر میلی‌مول به مقدار زیادی افزایش یافت. افزایش یون سدیم در برگ کرونیکی نسبت به رویال بیشتر بود در صورتیکه غلظت این یون در ریشه رقم رویال بیشتر بود. مقدار غلظت یون  $K^+$  در برگ کرونیکی در دوره تنش شوری افزایش یافت ولی در رقم رویال ثابت ماند. مقدار پتاسیم ریشه در رقم رویال در دوره تنش شوری کاهش یافت ولی در کرونیکی تغییر قابل ملاحظه‌ای نداشت (Mousavi et al., 2019).

در بررسی تیمار شوری ۱۲۰ میلی‌مول در دو رقم لچینو (Leccino) (حساس) و فرانتویو (Frantoio) (متحمل) توسط روسی و همکاران (Rossi et al., 2015) نتایج نشان داد غلظت  $Na^+$  در ریشه و ساقه هر دو رقم نسبت به شاهد به طور معنی‌دار بیشتر بود. ولی مقدار  $Na^+$  فقط در برگ رقم حساس لچینو نسبت به شاهد بیشتر بود. مقدار پتاسیم ریشه در تیمار شاهد نسبت به تیمار شوری به طور معنی‌دار بالا بود و در رقم فرانتویو ۲۳۸ درصد نسبت به رقم حساس لچینو بیشتر بود. محاسبه قابلیت انتقال (Translocation factor (Tf)) و تجمع  $Na^+$  در بخش‌های هوایی تفاوت در مقاومت به شوری را در دو رقم حساس و متحمل (فرانتویو  $Tf = ۰/۰۵$  و در رقم لچینو  $Tf = ۱/۰۶$ ) نشان داد.

هدف از اجرای این پژوهش ارزیابی تحمل به شوری در شش رقم و ژنوتیپ زیتون برای

۱- رشد طبیعی و برگ ها بدون علائم (خیلی متحمل)

۳- رشد تقریبا طبیعی و نوک برخی از برگ ها دارای لکه سوختگی و با پیچیدگی (متحمل).

۵- رشد به شدت کند شده، بیشتر برگ ها پیچ خورده و فقط تعداد طویل می شوند (نیمه متحمل).

۷- رشد کاملا متوقف شده بیشتر برگ ها خشک شده و برخی گیاهان خشک شده (حساس).

۹- تقریبا همه گیاهان خشک شده و یا در حال خشک شدن (خیلی حساس).

داده‌های حاصله با استفاده از نرم افزار Minitab version 17 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و میانگین ها با استفاده از آزمون توکی مقایسه شدند.

### نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده ها نشان داد اثر سطوح شوری بر مقدار تجمع سدیم، پتاسیم و کلر در ریشه، ساقه و برگ، مقدار  $K^+/Na^+$  در این اندام ها و میزان خسارت شوری در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (ارائه نشده است). ارقام و ژنوتیپ های زیتون نیز از نظر سطح برگ، افزایش وزن گیاه، میزان خسارت شوری، مقدار تجمع سدیم، پتاسیم و کلر در ریشه، ساقه و برگ، مقدار  $K^+/Na^+$  در این اندام ها به جز  $K^+/Na^+$  در ریشه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار داشتند (ارائه نشده

در دو هفته اول برای جلوگیری از شوک انتقال فقط با آب شهری با هدایت الکتریکی (Ec) حدود ۸۵۰ میکرو زیمنس آبیاری شدند. از پایان هفته دوم برای تغذیه نهال ها از محلول غذایی هوگلند یک دوم قدرت استفاده شد. اعمال تیمارهای شوری از هفته سوم شروع شد هر هفته ۰/۲۵ لیتر محلول هوگلند و حاوی تیمار کلرور سدیم به گلدانها داده شد. طول دوره اعمال تیمار شوری ۱۶۰ روز بود.

صفات رویشی (رشد طولی، تعداد برگ و اندازه سطح برگ، علائم تنش شوری و ریزش برگ) اندازه گیری شد. در پایان کلیه اندام های نهال ها پس از شستشو با آب مقطر برای اندازه گیری مقدار سدیم، پتاسیم و کلر در ریشه، ساقه و برگ مورد استفاده قرار گرفت و درصد انتقال و تجمع این عناصر از ریشه به ساقه و برگ نیز محاسبه شد. همچنین نسبت انتقال کلر (Tf) به روش (Rossi et al., 2015) محاسبه گردید.

محتوای سدیم و پتاسیم به روش هضم خشک اندازه گیری شد (Gupta, 2000). برای اندازه گیری کلر نمونه گیاهی را به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۵ سانتیگراد خشک و یک گرم از پودر خشک آن برای انجام مراحل هضم خشک به روش امامی (Imami, 1996) استفاده شد. برای ثبت و درجه بندی علائم اثر سمیت تجمع یون کلر و سدیم در برگ ها، از روش گریگوریو و همکاران (Gregorio et al., 1997) به شرح زیر انجام شد:

است). اوزینه ۲ و رقم امین بود (جدول ۱). اما نتیجه اثر متقابل رقم × تیمار شوری نشان داد ژنوتیپ Ds8 در تیمار ۲۰۰ میلی مول بر لیتر بیشترین و رقم امین در تیمار شاهد دارای کمترین مقدار  $Na^+$  در ریشه بودند. تحمل به شوری در زیتون و مقدار انتقال یون سدیم از ریشه به برگ ها بیشتر بستگی به رقم و ژنوتیپ مورد بررسی دارد (Gucci and Tattini. 1997).

مقایسه میانگین ها نشان داد با افزایش شوری بر مقدار  $Na^+$  در ریشه، ساقه و برگ افزوده شد (جدول ۱). بیشترین مقدار سدیم در بافت ریشه در تیمار ۲۰۰ میلی مول بر لیتر بود. بیشترین تجمع سدیم در ریشه در رقم کرونیکی و کمترین آن به ترتیب با ۱/۰۲٪ و ۱/۰۷۶٪ در ماده خشک ریشه ژنوتیپ های امید بخش

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر سطوح شوری و ژنوتیپ بر محتوی سدیم، کلر و پتاسیم در اندام های مختلف زیتون

Table 1. Mean comparison of salinity levels and genotype effect on sodium ( $Na^+$ ), chlorine ( $Cl^-$ ) and potassium ( $K^+$ ) content in different olive organs

	سدیم (درصد ماده خشک)			کلر (درصد ماده خشک)			پتاسیم (درصد ماده خشک)		
	$Na^+$ (% dry weight)			$Cl^-$ (% dry weight)			$K^+$ (% dry weight)		
	ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه	برگ
	Root	Stem	Leaf	Root	Stem	Leaf	Root	Stem	Leaf
	Salinity level						سطح شوری		
0 mM l <sup>-1</sup>	0.70c	0.28a	0.310b	1.20c	1.04c	1.02b	0.19a	0.14a	0.23a
50 mM l <sup>-1</sup>	1.12b	0.70b	0.716a	1.58b	1.11b	1.25a	0.17b	0.12b	0.21b
200 mM l <sup>-1</sup>	1.67a	0.87a	0.773	2.04a	1.38a	1.22a	0.15c	0.11b	0.19c
	Genotype						ژنوتیپ		
D1	1.12ac	0.62b	0.60c	1.35b	1.33a	1.38a	0.15d	0.13a	0.23a
Koroneiki	1.33a	0.82a	0.84a	1.50ab	1.16ab	1.14c	0.20ab	0.12ab	0.22ab
Consortolia	1.08bc	0.56b	0.63c	1.38b	1.25ab	1.25b	0.14d	0.10b	0.21bc
Ds8	1.28ab	0.50b	0.26d	1.80ab	1.13ab	1.05d	0.22a	0.13a	0.18d
Amin	1.08bc	0.64b	0.49c	1.50ab	1.08b	1.00d	0.18bc	0.14a	0.20c
Ozineh2	1.02c	0.57b	0.80ab	1.99a	1.10b	1.14c	0.15d	0.12ab	0.22ab

میانگین هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different the 5% probability level- using Tukey test.

برگ در تیمار ۲۰۰ میلی مول بر لیتر در ژنوتیپ امید بخش اوزینه ۲ و کرونیکی به دست آمد. ژنوتیپ امید بخش Ds8 دارای کمترین مقدار  $Na^+$  بود. در بررسی اثر ژنوتیپ مشاهده شد که

مقایسه میانگین اثر رقم × اثر متقابل رقم و شوری، رقم کرونیکی در تیمار ۲۰۰ میلی مول بر لیتر دارای بیشترین مقدار سدیم در ساقه بود (جدول ۲). بیشترین مقدار تجمع سدیم در

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری × رقم بر محتوی سدیم، کلر و پتاسیم در اندام های مختلف زیتون

Table 2. Mean comparison of salinity × cultivar interaction effect on sodium (Na<sup>+</sup>), chlorine (Cl<sup>-</sup>) and potassium (K<sup>+</sup>) content in different olive organs

ژنوتیپ Genotype	سدیم (درصد ماده خشک) Na <sup>+</sup> (% dry weight)			کلر (درصد ماده خشک) Cl <sup>-</sup> (% dry weight)			پتاسیم (درصد ماده خشک) K <sup>+</sup> (% dry weight)		
	ریشه Root	ساقه Stem	برگ Leaf	ریشه Root	ساقه Stem	برگ Leaf	ریشه Root	ساقه Stem	برگ Leaf
0 mM l <sup>-1</sup> صفر میلی مول در لیتر									
D1	0.64h	0.21g	0.23fg	1.10b	0.95b	0.99e	0.16be	0.15ac	0.27a
Koroneiki	0.95dh	0.42dg	0.71bd	1.03b	1.08b	1.09de	0.21ab	0.12ad	0.22bd
Consorvolia	0.73eh	0.26g	0.41df	1.03b	1.08b	1.04de	0.15be	0.09d	0.21be
Ds8	0.66gh	0.21g	0.10g	2.04ab	1.01b	0.97e	0.23a	0.16ab	0.21be
Amin	0.58h	0.33eg	0.19g	1.00b	1.01b	0.97e	0.21ab	0.16ab	0.23bc
Ozineh2	0.64h	0.38eg	0.24fg	1.02b	1.15b	1.06de	0.20ac	0.14ad	0.24ab
50 mM l <sup>-1</sup> ۵۰ میلی مول در لیتر									
D1	1.10ch	0.85bc	0.86ab	1.03b	1.04b	1.85a	0.12de	0.12ad	0.23ac
Koroneiki	1.37be	0.88ab	0.81ac	1.92ab	1.03b	1.19cd	0.18ad	0.11ad	0.23ac
Consorvolia	0.95dh	0.62ce	0.72bc	1.18b	1.37b	1.19cd	0.13ce	0.10cd	0.23ac
Ds8	1.21bf	0.64ce	0.33eg	1.20b	1.15b	1.11de	0.21ab	0.13ad	0.17ef
Amin	1.18bg	0.64ce	0.55ce	1.65ab	1.01b	0.99e	0.15be	0.19ad	0.18df
Ozineh2	0.90eh	0.59cf	1.10ab	2.49a	1.03b	1.15cd	0.10de	0.10d	0.24ac
200 mM l <sup>-1</sup> ۲۰۰ میلی مول در لیتر									
D1	1.62ac	0.80bc	0.72bc	1.91ab	1.99a	1.31c	0.13de	0.12ad	0.20cf
Koroneiki	1.67ab	1.18a	1.00ab	1.67ab	1.39b	1.15d	0.21ab	0.12ad	0.21be
Consorvolia	1.58ac	0.80bc	0.76ac	1.92ab	1.30b	1.53b	0.14ce	0.11bd	0.19cf
Ds8	1.96a	0.67bd	0.35eg	2.30a	1.24b	1.06de	0.17ad	0.11bd	0.15ef
Amin	1.46ad	0.97ab	0.75bc	1.96ab	1.23b	1.05de	0.21ab	0.13ad	0.20be
Ozineh2	1.52ac	0.84bc	1.06	2.47a	1.13b	1.19cd	0.14ce	0.12ad	0.20cf

میانگین هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی ندارند.  
Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level- using Tukey test.

این ژنوتیپ می باشد. مقدار سدیم در ریشه با افزایش غلظت تیمار شوری زیاد شده و نسبت به شاخه و برگ مقدار آن بیشتر می شود (Chartzoulakis *et al.*, 2002).

ساقه به عنوان اندام حدواسط ریشه و برگ می تواند با تجمع بخشی از یون های Na<sup>+</sup> و Cl<sup>-</sup> در خود از انتقال آنها به برگ جلوگیری کند. با افزایش غلظت نمک در همه ژنوتیپ ها بر مقدار غلظت Na<sup>+</sup> در ساقه افزوده شد. در

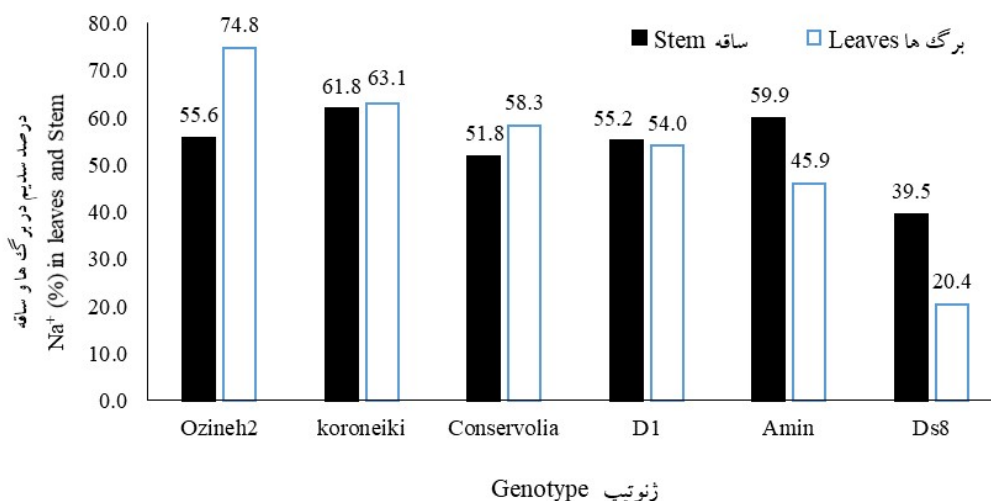
رقم کرونیکی بالاترین تجمع Na<sup>+</sup> در برگ و Ds8 کمترین مقدار را داشت (جدول ۱).

مقدار سدیم ریشه در کلیه ارقام نسبت به ساقه و برگ بیشتر بود. به عبارتی مقدار تجمع سدیم از ریشه به بخش هوایی گیاه سیر نزولی داشت. کمترین مقدار تجمع یون سدیم در ریشه ژنوتیپ امید بخش اوزینه ۲ بود. این بیانگر ضعف و عدم قابلیت ممانعت از عبور سدیم از ریشه به سمت بخش هوایی در

انتقال آن به برگ، با ۶۳٪ پس از ژنوتیپ امید بخش اوزینه ۲ قرار گرفت (شکل ۱). مقدار  $Na^+$  در برگ رقم امین و ژنوتیپ Ds8 کمتر از مقدار آن در ساقه بود. مقدار  $Na^+$  در برگ رقم کنسروالیا و اوزینه ۲ بیش از ساقه و در کرونیکی و D1 برابر ساقه بود (شکل ۱). بیشترین مقدار تفاوت بین انتقال سدیم از ساقه به برگ در ژنوتیپ Ds8 (۱۹/۱ درصد) به دست آمد. در مقابل در ارقام کرونیکی، کنسروالیا و ژنوتیپ امید بخش اوزینه ۲ بازدارندگی انتقال سدیم از ساقه به برگ کمتر بود. به طوری که مقدار سدیم در برگ اوزینه ۲/۱۹ درصد بیشتر از ساقه بود. ژنوتیپ Ds8 با کمترین مقدار سدیم در برگ نشان داد که تنها ۲۰ درصد از سدیم ریشه به برگ انتقال یافت. این ویژگی سبب افزایش تحمل به شوری در Ds8 شد.

ژنوتیپ D1 این افزایش ۲۸۴ درصد بیش از تیمار شاهد بود و کمترین افزایش در ژنوتیپ امید بخش اوزینه ۲ با ۱۲۱ درصد به دست آمد (جدول ۱). البته در ژنوتیپ امید بخش اوزینه ۲ پایین بودن مقدار تجمع سدیم در ساقه نه به دلیل پایین بودن مقدار انتقال سدیم از ریشه به ساقه است بلکه به دلیل قابلیت کم بازدارندگی ساقه از انتقال آن به برگ ها بود.

در بررسی نسبت سدیم انتقالی از ریشه به اندام‌های هوایی مشخص شد بیشترین مقدار انتقال سدیم به برگ در ژنوتیپ امید بخش اوزینه ۲ بود (شکل ۱). این نسبت در ساقه ژنوتیپ امید بخش اوزینه ۲ حدود ۵۵ درصد و در برگ آن ۷۴ درصد بیشتر از ریشه بود. هرچند رقم کرونیکی با ۸۴/۰ درصد سدیم در ماده خشک برگ، بیشترین مقدار را داشت اما از نظر درصد



شکل ۱: درصد انتقال سدیم از ریشه به ساقه و برگ ها در شش ژنوتیپ زیتون

Fig.1. Sodium transfer (%) from root to stem and leaves in six olive genotypes

پایین بودن کلر در ریشه بیانگر انتقال بخش زیادی از کلر جذب شده به بافت‌های هوایی به ویژه برگ می‌باشد. مقدار کلر در ساقه نسبت به ریشه در همه ارقام کاهش داشت، ولی در رقم کنسروالیا و ژنوتیپ D1 این کاهش بسیار کم بود. رقم امین دارای کمترین مقدار کلر و ژنوتیپ D1 بیشتر مقدار کلر در بافت ساقه بود (جدول ۱). بیشینه تجمع  $Cl^-$  در برگ ژنوتیپ D1 و کمینه آن در رقم امین به دست آمد. اما اثر متقابل ژنوتیپ  $\times$  شوری نشان داد ژنوتیپ D1 با ۱/۸۵ درصد بیشترین و رقم امین با ۰/۹۹ درصد در تیمار شوری ۵۰ میلی‌مول کمترین مقدار  $Cl^-$  را داشت (جدول ۲).

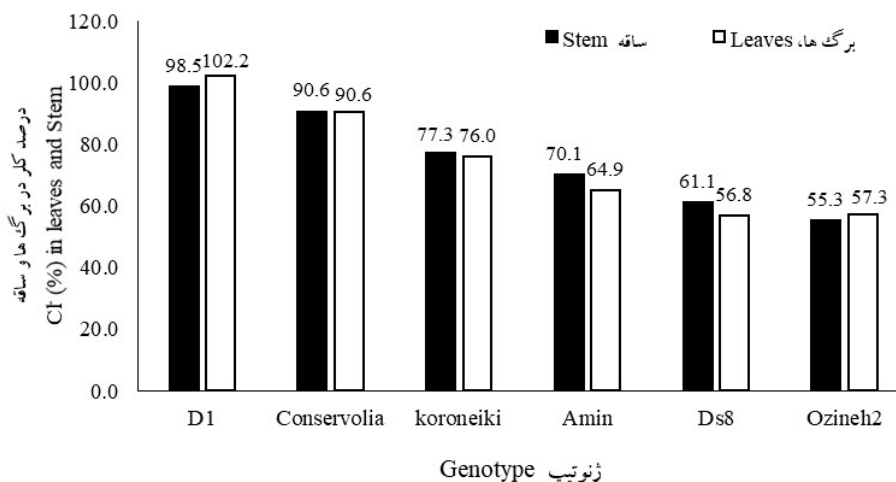
بررسی میزان انتقال کلر از ریشه به برگ نشان داد بیشترین مقدار با ۱۰۲ درصد در ژنوتیپ D1 و کمترین مقدار آن در ژنوتیپ‌های اوزینه ۲ و Ds8 به ترتیب با ۵۷/۳ درصد و ۵۶/۸ درصد بود (شکل ۲). درصد انتقال  $Cl^-$  از ریشه به ساقه تقریباً مشابه با انتقال آن به برگ بود. تنها در رقم امین و ژنوتیپ Ds8 مقدار کلر انتقال یافته به برگ کمتر از ساقه بود. به عبارتی ساقه این ژنوتیپ‌ها از انتقال  $Cl^-$  به برگ جلوگیری کرد. نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش غلظت تیمارشوری باعث افزایش مقدار  $Na^+$  و  $Cl^-$  در همه اندام‌های گیاه شد. این پدیده توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Chartzoulakis *et al.*, 2002; Zarei, *et al.*, 2016).

اثر سمیت کلر در بخش هوایی گیاه در

توانمندی زیتون در انباشتن نمک در واکوئل برگ‌ها از سازکارهای دیگر تحمل به شوری در زیتون است (Bongi and Loreto, 1989). در پژوهشی بر روی ارقام یونانی گزارش شده است در برگ کالاماتا (Kalamata) تنها ۳۰ درصد سدیم ریشه تجمع یافته ولی در رقم آدرامیتینی (Adramitini) ۹۹ درصد سدیم ریشه در برگ نیز بود (Chartzoulakis *et al.*, 2009). با افزایش غلظت NaCl مقدار جذب یون سدیم و کلر در برگ ارقام کرونیکی و ماستوئیدس افزایش یافت ولی در رقم کرونیکی بیشتر بود (Chartzoulakis *et al.*, 2006b). یکی از سازکارهای مقاومت به شوری جلوگیری از انتقال یون سدیم و کلر جذب شده از ریشه به تاج می‌باشد (Tattini *et al.*, 1995)

با افزایش شوری بر مقدار کلر ریشه، ساقه و برگ به طور معنی دار افزوده شد. هر چند در مقدار کلر برگ بین تیمار ۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مول بر لیتر افزایش معنی دار ایجاد نشد. بیشترین مقدار کلر در تیمار ۲۰۰ و ۵۰ میلی‌مول بر لیتر در ریشه ژنوتیپ امید بخش اوزینه ۲ و کمترین آن در ریشه ژنوتیپ D1 در تیمار ۵۰ میلی‌مول بر لیتر بود. در مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که کمترین مقدار کلر در ریشه رقم کنسروالیا و ژنوتیپ D1 تجمع یافت. ژنوتیپ امید بخش اوزینه ۲ در مقایسه میانگین‌های اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و شوری دارای بیشترین مقدار کلر در ریشه بود (جدول ۱ و ۲).





شکل ۲- درصد انتقال یون کلر از ریشه به ساقه و برگ در شش ژنوتیپ زیتون

Fig. 2. Chlorine transfer (%) from root to stem and leaf in six olive and genotypes

$K^+$  و عدم تعادل عناصر معدنی می شود (Tattini *et al.*, 1995).

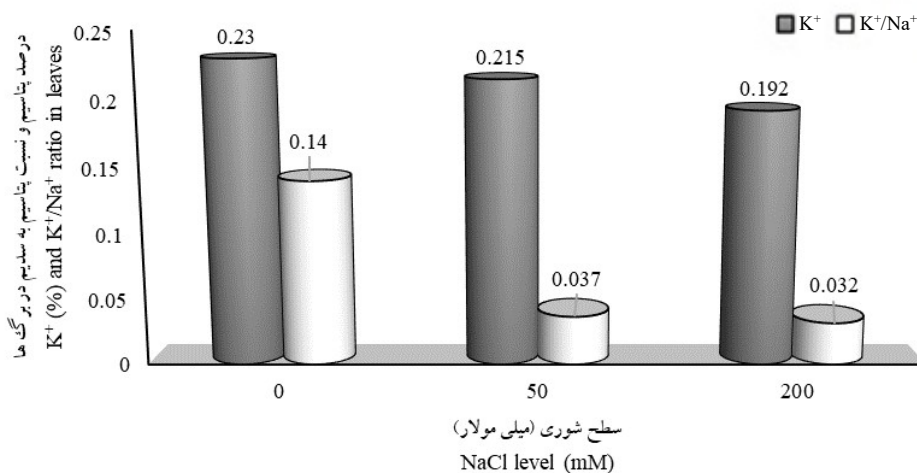
اعمال تنش شوری موجب کاهش مقدار پتاسیم و نسبت  $K^+/Na^+$  در ریشه، ساقه و برگ شد (جدول ۱ و شکل ۳). با افزایش شوری از مقدار  $K^+$  در ریشه و برگ ها کاسته می شود (Loupassaki *et al.*, 2002; Olyaei *et al.*, 2015). مقایسه میانگین ها نشان داد بیشترین مقدار پتاسیم در ریشه ژنوتیپ Ds8 و کمترین آن در ریشه رقم کنسروالیا بود (جدول ۱). جذب یون پتاسیم تحت تاثیر کاتیون های موجود در محلول خاک قرار می گیرد و غلظت بالای  $Na^+$  معمولاً منجر به کاهش جذب  $K^+$  می شود و این می تواند مشکلات متابولیسمی در گیاه بوجود آورد (Loreto and Bonghi, 1987). وجود مقدار زیاد پتاسیم در ریشه ژنوتیپ Ds8 بیانگر قابلیت

تفکیک ارقام و ژنوتیپ های متحمل به شوری کاملاً مشخص بود. به طوری که بیشترین مقدار کلر ساقه و برگ در ژنوتیپ D1 و رقم کنسروالیا وجود داشت (جدول ۱). در مقابل کمترین مقدار کلر برگ در رقم امین و ژنوتیپ Ds8 وجود داشت و این دو رقم کمترین مقدار خسارت برگ را داشتند.

نسبت انتقال کلر از ریشه به برگ در ژنوتیپ D1 و رقم کنسروالیا به ترتیب ۱/۰۲ و ۰/۰۹ و در رقم امین و ژنوتیپ Ds8 به ترتیب ۰/۵۶ و ۰/۵۷ بود. در بعضی از گیاهان چند ساله تجمع  $Cl^-$  در بخش هوایی موجب بازدارندگی در فتوسنتز شده در صورتی که  $Na^+$  ترجیحاً در بافت های چوبی ریشه و ساقه باقی می ماند (Flowers and Yeo 1988). تجمع  $Na^+$  و  $Cl^-$  در برگ یکی از فرایندهایی است که منجر به کاهش ظرفیت فتوسنتز برگ و احتمالاً کاهش مقدار

بیشترین مقدار سدیم ریشه، ولی دومین رقم با بیشترین پتاسیم در ریشه بود (جدول ۱). این خصوصیت می تواند تحمل به شوری را در این رقم بهبود بخشد.

جذب زیاد پتاسیم توسط ریشه آن در رقابت با یون سدیم موجود در محیط ریشه بود (جدول ۱) که می تواند یکی از دلایل تحمل بالا به شوری این ژنوتیپ باشد. رقم کرونیکی با داشتن



شکل ۳- اثر سطح شوری بر مقدار پتاسیم و نسبت  $K^+/Na^+$  در برگ ها

Fig. 3. The effect of salinity levels on potassium content and  $K^+/Na^+$  ratio of leaves

اگر  $Na^+$  به عنوان یک اسمولیت در کاهش پتانسیل اسمزی همانند  $K^+$  عمل کند ولی نمی تواند در فعالیتهای آنزیمی و تولید پروتئین هایی که  $K^+$  در آن نقش دارد عمل نماید (Marschner, 1995). بنابراین متابولیسم گیاه با تغییر نسبت  $K^+/Na^+$  در شرایط تنش شوری تغییر می کند. سمیت  $Na^+$  در فرایند متابولیسمی در نتیجه رقابت آن با  $K^+$  برای گرفتن مکانهای مربوطه، غیر فعال کردن آنزیمها و فعالیتهای اساسی سلول می باشد (Tabatabaei, 2006 and Olyaei, et al., 2015).

مقدار پتاسیم ساقه در همه ارقام و ژنوتیپ های زیتون نسبت به ریشه و برگ کمتر بود. بیشترین مقدار پتاسیم ساقه در رقم امین و ژنوتیپ Ds8 و کمترین آن در کنسروالیا بود (جدول ۱). در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × شوری، با افزایش غلظت شوری بیشترین کاهش پتاسیم برگ در ژنوتیپ D1 ایجاد شد. کمترین مقدار پتاسیم برگ در ژنوتیپ Ds8 در تیمار ۲۰۰ میلی مول بر لیتر بود. تنش شوری در تیمار ۵۰ و ۲۰۰ میلی مول بر لیتر NaCl به ترتیب سبب کاهش ۷۳/۵٪ و ۷۷/۱۴٪ در مقدار نسبت  $K^+/Na^+$  برگ نسبت به شاهد شد (شکل ۳).

۱۳/۵ درصد در امین، ۸/۸ درصد در کنسروالیا و ۴/۵ درصد در رقم کرونیکی نسبت به شاهد ایجاد کرد (جدول ۱). بنابراین یکی از دلایل تحمل نسبی ارقام امین و کرونیکی به شوری می تواند قابلیت زیاد در جذب و انتقال پتاسیم به برگ ها باشد.

یکی از علائم مورفولوژیکی اثر شوری در زیتون کاهش سطح برگ است (Munns and Termaat, 1986). نتایج نشان داد با افزایش غلظت شوری از سطح برگ کل و وزن برگ کاسته شد. کاهش سطح برگ در تیمار ۵۰ و ۲۰۰ میلی مول بر لیتر به ترتیب ۳۰/۷ درصد و ۳۹/۵۸ درصد نسبت به شاهد بود (جدول ۳).

در تیمارهای شوری ژنوتیپ Ds8 بیشترین مقدار نسبت  $K^+/Na^+$  را نشان داد. در این مورد گزارش شده تحمل بالای رقم فرانتویو نسبت به رقم حساس لچینو به شوری مربوط به دفع سدیم از ریشه و نگهداری نسبت مناسبی از  $K^+/Na^+$  در برگ های جوان و بافت های رویشی فعال بود (Tattini, 1994). هرچند مقدار نسبت  $K^+/Na^+$  در برگ نسبت به ساقه و ریشه بیشتر بود، اما تنش شوری سبب کاهش شدید  $K^+/Na^+$  برگ شد (شکل ۳). این نتیجه به دلیل کاهش ۱۶ درصد پتاسیم و افزایش ۱۴۹ درصد در  $Na^+$  برگ بود. در تیمار ۲۰۰ میلی مول بر لیتر کاهش پتاسیم برگ به میزان ۱۸/۶ درصد در اوزینه ۲،

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح شوری و ژنوتیپ بر صفات رشدی و خسارت برگ (شاخص تحمل شوری)

Table 3. Mean comparison of salinity levels and genotype effect on growth traits and leaf injury (Salt tolerance index = STI)

	خسارت برگ			
	سطح برگ (سانتیمتر مربع) Leaf area (cm <sup>2</sup> )	وزن برگ (گرم) Leaf weight (g)	رشد شاخه (سانتیمتر) Shoot growth (cm)	(شاخص تحمل شوری) Leaf injury (STI)
	Salinity level			سطح شوری
0 mM l <sup>-1</sup>	292.60a	5.50a	5.93a	1.37b
50 mM l <sup>-1</sup>	202.77b	4.73ab	0.77b	2.48a
200 mM l <sup>-1</sup>	176.98b	3.91b	1.33b	3.14a
	Genotype			ژنوتیپ
D1	194.10c	3.46c	2.90	3.29ab
Koroneiki	240.60bc	4.9bc	2.03	2.33b
Consortvolia	36.04d	1.02d	2.02	4.03a
Ds8	216.70c	5.12bc	4.46	1.00c
Amin	340.80a	7.25a	2.02	1.00c
Ozineh2	316.50ab	6.54ab	2.38	2.33b

میانگین هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی ندارند.

Means, in each column for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level- using Tukey test.

کنسروالیا در شرایط نرمال بزرگتر از رقم امین است (Zeinloo, 2010).

اثر شوری موجب کاهش وزن کل برگ در تیمار ۲۰۰ میلی مول بر لیتر به میزان ۲۸/۹ درصد نسبت به شاهد شد (جدول ۳). وزن کل برگ سبز باقی مانده بر روی گیاه در پایان تیمار تنش شوری نشان داد بیشترین مقدار در رقم امین با میانگین ۱۰/۸۴ گرم در تیمار ۵۰ میلی مول و کمترین مقدار در رقم کنسروالیا ۰/۱۹ گرم در تیمار ۲۰۰ میلی مول بود (جدول ۴).

اثر متقابل ژنوتیپ و شوری نشان داد در تیمار ۲۰۰ میلی مول بر لیتر بیشترین سطح برگ در رقم امین و کمترین آن در رقم کنسروالیا بود (جدول ۴). در رقم کنسروالیا سطح برگ در تیمار ۲۰۰ میلی مول بر لیتر نسبت به تیمار شاهد ۹۳/۰۴ درصد کاهش نشان داد در صورتی که این کاهش در رقم امین ۲۳ درصد بود (جدول ۴). کاهش سطح کل برگ در کنسروالیا به دلیل کاهش اندازه و ریزش شدید برگ ها بود. در صورتی که اندازه برگ رقم

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ × شوری بر خصوصیات رشدی و خسارت برگ (شاخص تحمل شوری)

Table 2. Mean comparison of genotype × salinity interaction effect on growth characteristics and leaf injury (Salt tolerance index = STI)

ژنوتیپ Genotype	سطح برگ (سانتیمتر مربع) Leaf area (cm <sup>2</sup> )	وزن برگ (گرم) Leaf weight (g)	رشد شاخه (سانتیمتر) Shoot growth (cm)	خسارت برگ
				(شاخص تحمل به شوری) Leaf injury (STI)
0 mM l <sup>-1</sup> صفر میلی مول در لیتر				
D1	401.50ab	6.79bd	4.32ab	1.44c
Koroneiki	355.60ad	6.02bf	6.24ab	1.00c
Consorvolia	87.30fh	2.54fg	4.71ab	2.11bc
Ds8	198.30cg	4.09dg	10.78a	1.00c
Amin	309.00ae	4.73cf	4.71ab	1.00c
Ozineh2	403.50ab	8.84ab	4.84ab	1.00c
50 mM l <sup>-1</sup> ۵۰ میلی مول در لیتر				
D1	13.00gh	0.10g	0.46	3.66bc
Koroneiki	190.70ch	4.50ef	0.52	2.33bc
Consorvolia	14.60gh	0.33g	0.85	3.44bc
Ds8	189.90ch	4.60cf	0.50	1.00c
Amin	475.00a	10.84a	1.50	1.00c
Ozineh2	178.40dh	3.04eg	0.80	1.00c
200 mM l <sup>-1</sup> ۲۰۰ میلی مول در لیتر				
D1	168.00ch	3.48dg	3.92ab	4.77ab
Koroneiki	175.50dh	4.10cf	0.80b	3.00bc
Consorvolia	6.07h	0.19g	0.53b	6.55a
Ds8	261.80bf	6.60be	2.1ab	1.00c
Amin	237.90bf	6.17be	0.95b	1.00c
Ozineh2	367.30ac	7.73ac	0.71b	2.55bc

میانگین هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی ندارند. Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly at the 5% probability level- using Tukey test.

شوری با استفاده از روش گریگوریو و همکاران (Gregorio *et al.*, 1997) نشان داد رقم امین و ژنوتیپ Ds8 در ۲۷ نهال مورد استفاده در سطح شوری بدون هیچ علائم خسارت بودند و کلیه برگ‌های آنها در گروه یک (خیلی متحمل) قرار گرفت (شکل ۴). در گروه ۳ (متحمل)، ارقام کرونیکی و کنسروالیا و ژنوتیپ‌های اوزینه ۲ و D1 دارای نهال‌های با علایم آسیب دیدگی در سطح شوری ۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مول بر لیتر بودند. در گروه ۵ (نیمه متحمل)، ژنوتیپ D1 با شش نهال با برگ‌های آسیب دیده بیشترین حساسیت را نشان داد. در گروه ۷ (حساس)، رقم کنسروالیا و ژنوتیپ D1 به ترتیب با ۱۰ و پنج نهال خشک شده بیشترین حساسیت به شوری را نشان دادند.

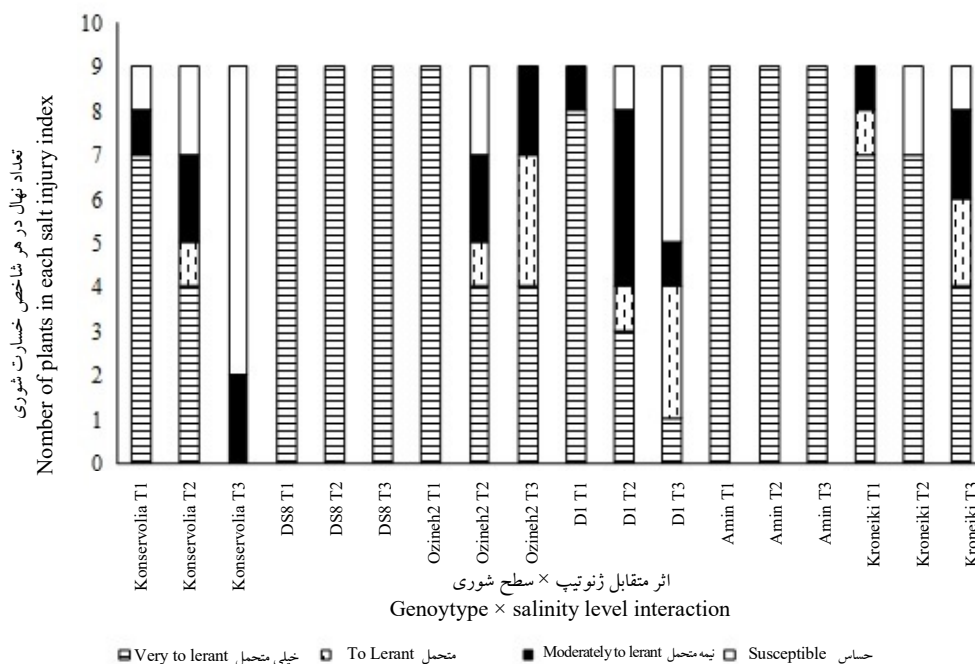
با توجه به اینکه رقم امین و ژنوتیپ Ds8 دارای کمترین مقدار تجمع  $Na^+$  و  $Cl^-$  در برگ بودند و بیشترین جلوگیری از انتقال کلر و سدیم ریشه به برگ را داشتند، توانستند کمترین خسارت برگ را نشان دهند. بنابراین این دو ژنوتیپ به عنوان ژنوتیپ متحمل به شوری و مناسب برای کشت در اراضی شور شناسایی شدند. میزان تحمل به شوری در شش ژنوتیپ و رقم مورد بررسی را می‌توان بر اساس شاخص‌های خسارت شوری (شکل ۴) و نتایج تجمع یون‌های سمی سدیم و به ویژه کلر در برگ، به ترتیب حساسیت به شوری،  $Ds8 <$  امین  $<$  اوزینه ۲  $<$  کرونیکی  $<$  D1  $<$  کنسروالیا گروه بندی کرد.

رقم امین دارای بیشترین وزن کل برگ ۷/۲۵ گرم و رقم کنسروالیا کمترین با مقدار ۱/۰۲ گرم بود (جدول ۳).

اثر تیمار شوری بر شاخص تحمل شوری نشان داد با افزایش سطح شوری بر خسارت اندام‌های رویشی افزوده شد. رقم کنسروالیا با شاخص ۴/۰۳ بیشترین خسارت و پس از آن ژنوتیپ D1 با شاخص ۳/۲۹ قرار داشت (جدول ۳). رقم امین و ژنوتیپ Ds8 دارای شاخص یک بودند. اثر متقابل ژنوتیپ  $\times$  شوری نشان داد بیشترین خسارت بر رقم کنسروالیا و ژنوتیپ D1 در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مول بر لیتر بود (جدول ۴). نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داده است که سطح برگ در ارقام مورد آزمایش در سطح شوری بالای ۲۵ میلی‌مول بر لیتر کاهش یافت (Chartzoulakis *et al.*, 2006a) و در شوری بالای ۱۵۰ میلی‌مول بر لیتر ریزش برگ روی داد (Tabatabaei, 2006).

رشد طولی شاخه‌ها در تیمارهای شوری دارای کاهش معنی‌دار نسبت به شاهد بود. بیشترین رشد شاخه مربوط به ژنوتیپ Ds8 با ۱۰/۷۸ سانتیمتر در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمار ۵۰ میلی‌مول در ژنوتیپ D1 با ۰/۴۶ سانتیمتر بود (جدول ۴). ولی بین دو تیمار شوری تفاوت معنی‌دار مشاهده نگردید. همچنین ارقام زیتون از این نظر تفاوت معنی‌دار نداشتند. این یافته‌ها با نتایج روسی و همکاران (Rossi *et al.*, 2015) مطابقت داشت.

بررسی شدت خسارت و شاخص تحمل به



شکل ۴- علائم و خسارت در سطوح شوری در ژنوتیپ ها و ارقام مختلف زیتون با شاخص های: خیلی متحمل: برگ بدون خسارت، متحمل: برگ با سوختگی انتهایی و پیچیدگی، نیمه متحمل: بخشی از برگ ها خشک و یا ریزش نموده، حساس: برگ ها ریخته و برخی از نهالها خشک شده و یا در حال خشک شدن.

Fig. 4. The symptoms and damage in salinity levels in different olive cultivars and gnotypes with damage indexes: very tolerant: leaves without symptom, tolerant: leaves with tip whitish, moderately tolerant: some leaves dried or dropped, susceptible: leaves dropped and some plants dead or dying.

آماری و کارکنان ایستگاه تحقیقات زیتون طارم  
برای تهیه قلمه ارقام زیتون سپاسگزاری  
می کنند.

سپاسگزاری  
نگارندگان از آقای دکتر امیر عباس  
تقی زاده برای انجام تجزیه های و تحلیل های

## References

- Benlloch, M., Arboleda, F., Barranco, D., and Fernandez-Escobar, R. 1991.**  
Response of young olive trees to sodium and boron excess in irrigation water.  
HortScience 26: 867–870.

- Bongi, G., and Loreto, F. 1989.** Gas-exchange Properties of salt stressed olive (*Olea europaea* L.) leaves. *Plant Physiology* 90: 1408–1416.
- Bracci, T., Minnocci, A., and Sebastiani, L. 2008.** In vitro olive (*Olea europaea* L.) cvs. Frantoio and Moraiolo microshoot tolerance to NaCl. *Plant Biosystem* 142: 563–571.
- Chartzoulakis, K., Loupassaki, M. Bertaki, M., and Androulakis, I. 2002.** Effects of NaCl salinity on growth, ion content and CO<sub>2</sub> assimilation rate of six olive cultivars. *Scientia Horticulturae* 96: 235-247.
- Chartzoulakis, K., Loupassak, M., and Bertaki, M. 2006a.** Response of 12 olive cultivars to NaCl salinity. pp. 403-406. In: *Proceedings of Olivebioteq, 2006.* Marsala-Mazzara del Vallo, Italy.
- Charzolakis, K., Psarras, G., Vemmos, S., Loupassaki, M., and Bertaki, M. 2006b.** Response of two olive cultivars to salt stress and potassium supplement. *Journal of Plant Nutrition* 29: 2063–2078.
- Flowers, T. J., and Yeo, A. R. 1988.** Ion relations of salt tolerance. pp. 392–413. In: Baker, D., Halls J. (eds) *Solute transport in plant cells and tissues.* Harlow: Longman.
- Gregorio, G. B., Senadhira, D., and Mendoza, R. D. 1997.** Screening rice for salinity tolerance. *IRRI discussion papers No. 22.* International Rice Research Institute. Manila (Philippines). 31 pp.
- Gucci, R., and Tattini, M. 1997.** Salinity tolerance in olive. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 21: 177–214.
- Gupta, P. K. 2000.** Soil, plant, water and fertilizer analysis. *Agrobios.* New Dehli, India. 350 pp.
- Fernandez, J., 2014.** Understanding olive adaptation to abiotic stresses as a tool to increase crop performance. *Environmental and Experimental Botany* 103: 158–179.
- Imami, A. 1996.** Plant decomposition methods. Publication No. 928. Soil and Water Research Institute. Agriculture research, Education and Extension organization Press. 128 pp. (in Persian).
- Loreto, F., and Bongi, G. 1987.** Control of photosynthesis under salt stress in olive. pp. 411–420. In: Prodi, F., Rossi, F., Cristoferi, G. (eds.) *Proceedings of the International*

- Conference on Agro-meteorology. Cesena, Italy.
- Loupassaki, M. H., Chartzoulakis, K., Sdigalaki, N. B., and Androulakis, I. I. 2002.** Effects of salt stress on concentration of nitrogen, phosphorus, calcium, magnesium and sodium in leaves, shoots and roots of six olive cultivars. *Journal of Plant Nutrition* 25: 2457–2482.
- Marschner, H. 1995.** Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. London. 889 pp.
- Mousavi, S., Regni, L., Bocchini, M., Mariotti, R., Cultrera, N., Mancuso, S., Googlani, J., Chakerolhosseini, M. R., Guerrero, C., Albertini, E., Baldoni, L., and Proietti, P. 2019.** Physiological, epigenetic and genetic regulation in some olive cultivars under salt stress. *Scientific Reports* 9: 1093, doi:org/10.1038/s41598-018-37496-5
- Munns, R., and Termaat, A. 1986.** Whole-plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology* 13: 143–160.
- Munns, R., and Tester, M. 2008.** Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59: 651–681.
- Olyaei, F., Baninasab, B., Ghobadi, C., and Gholami, M. 2015.** Ion content and its correlation with some physiological parameters in olive cultivars in response to salinity. *Iran Agricultural Research* 34 (2): 61-70.
- Regni, L., Marco Del Pino, A., Mousavi, S., Palmerini, C. A., Baladoni, L., Mariotti, R., Malrech, H., Gardi, T., Damato, R., and Proietti, P. 2019.** Behavior of four olive cultivars during salt stress. *Plant Science* 10: 1-9.
- Rossi, L., Francini, A., Minnocci, A., and Sebastiani L. 2015.** Salt stress modifies apoplastic barriers in olive (*Olea europaea* L.): a comparison between a salt-tolerant and a salt-sensitive cultivar. *Scientia Horticulturae* 192: 38–46.
- Roy, S. J., Negrao, S., and Tester, M. 2014.** Salt resistant crop plants. *Current Opinion in Biotechnology* 26: 115–124.
- Tabatabaei, S. J. 2006.** Effects of salinity and N on the growth, photosynthesis and N status of olive (*Olea europaea* L.) trees. *Scientia Horticulturae* 108: 432–438.
- Tattini, M. 1994.** Ionic relations of aeroponically-grown olive genotypes during salt



stress. *Plant and Soil* 161: 251–256.

**Tattini, M., Gucci, R., Coradeschi, M. A., Ponzio, C., and Everard, J. D. 1995.**

Growth, gas exchange and ion content in *Olea europaea* plants during salinity stress and subsequent relief. *Physiologia Plantarum* 95: 203–210.

**Zarei, M., Azizi, M. Rahemi, M., and Tehranifar, A. 2016.** Assessment of salinity

tolerance of three fig cultivars based on growth and physiological factors and ions distribution. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 17 (2): 247-260 (in Persian).

**Zeinanloo, A. A., 2010.** Olive cultivars for oil and table olive. Saie Gostar Publications.

Iran. 88 pp. (in Persian).

**Zeinanloo, A. A., 2018.** Evaluation and selection of superior olive genotypes with high

oil and yield. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 19 (2):171-184 (in Persian).