نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد ششم، شماره دوم، ۱۳۹۵
http://ejsms.gau.ac.ir

ارزیابی تحمل به شوری دو رقم زیتون بر اساس شاخص‌های رشد و تحلیل روابط رگرسیونی آن‌ها با شوری

محسن سیلسپور[۱]، *احمد گلچین[۲] و محمودرضا روزبان[۳]

[۱]دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان، [۲]استاد گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان،
[۳]استادیار گروه علوم باغبانی، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹٤/۲/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۹٤/۸/۹

چکیده

سابقه و هدف: شوری یکی از مهم‌ترین فاکتورهای محدودکننده تولید محصولات کشاورزی است، چرا که بیش‌تر گیاهان زراعی و باغی نسبت به شوری حساس هستند. از طرف دیگر، سطح قابل‌توجهی از اراضی جهان تحت‌تأثیر شوری است و این سطح روز به روز در حال افزایش است. تنش شوری با افزایش فشار اسمزی محلول خاک، باعث اختلال در تعرق، فتوسنتز و جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌شود. پژوهش‌های متعدد نشان داده‌اند که تحمل به شوری در برخی از درختان میوه از جمله درخت زیتون را می‌توان با استفاده از پایه‌های متحمل به شوری افزایش داد. این پژوهش با هدف ارزیابی تحمل به شوری دو رقم زیتون زرد و میشن، کمی کردن واکنش اندام‌های مختلف گیاه زیتون نسبت به شوری و تعیین حساسیت شاخص‌های رشد نسبت به شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش در گلخانه با پنج سطح شوری (صفر، ٤، ۸، ۱۲ و ۱٦ دسی‌زیمنس بر متر) و دو رقم زیتون میشن و زرد، در محیط کشت بدون خاک با ۱۰ تیمار و چهار تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد.

یافته‌ها: وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه، نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به ریشه و طول شاخساره در هر دو رقم در اثر شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و این کاهش در رقم زرد به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود. وزن خشک ساقه، برگ و ریشه در سطح شوری ۱٦ دسی‌زیمنس بر متر، به‌ترتیب ۸۰، ۸۰ و ٦۹ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری نشان دادند. از بین شاخص‌های مختلف رشد، سطح برگ بیش‌ترین و طول میان‌گره کم‌ترین حساسیت به شوری را نشان دادند. کاهش ۲۵ درصدی سطح برگ نسبی در رقم زرد در شوری ۲/۳ دسی‌زیمنس بر متر و در رقم میشن در شوری ۵/۰ دسی‌زیمنس بر متر اتفاق افتاد. کاهش ۲۵ درصدی عملکرد نسبی وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ و ریشه در رقم زرد به‌ترتیب در شوری‌های ۲/۸، ۲/۹ و ٤/٤ دسی‌زیمنس بر متر و در رقم میشن در شوری‌های ۵/۳، ٦/۱ و ٦/۹ دسی‌زیمنس بر متر اتفاق افتاد. سطح نسبی، تعداد نسبی، رطوبت نسبی و شاخص نسبی کلروفیل برگ‌های جدید با شوری رابطه رگرسیونی داشتند. شیب خط برازش در مورد این صفات نیز در رقم زرد منفی‌تر از رقم میشن بود که مؤید کاهش بیش‌تر متغیرهای وابسته سطح نسبی، تعداد نسبی، رطوبت نسبی و شاخص نسبی

* مسئول مکاتبه: agolchin@yahoo.com

کلروفیل برگ های جدید با متغیر مستقل شوری در این رقم بود. کاهش ٢٥ درصدی سطح نسبی، تعداد نسبی و رطوبت نسبی برگ‌های جدید و شاخص نسبی کلروفیل برگ‌های جدید در رقم میشن در شوری‌های ٥/٠٦، ٥/٥١، ٢٠/٣٩ و ١١/٥ و در رقم زرد در شوری‌های ٢/٣٣، ٢/٨١، ١٥ و ٨/٦١ اتفاق افتاد که حاکی از حساسیت بیش‌تر شاخص‌های رشد در رقم زرد نسبت به شوری بود. در مجموع، اگر عملکرد نسبی وزن خشک کل گیاه را به‌عنوان شاخص تحمل به شوری گیاه در نظر بگیریم، شیب خط برازش این شاخص با شوری در رقم زرد منفی‌تر از رقم میشن بود که مؤید حساسیت بیش‌تر این رقم به شوری بود. هم چنین کاهش ٢٥ درصدی عملکرد نسبی وزن خشک کل گیاه در رقم میشن در شوری ٧/٠ و در رقم زرد در شوری ٣/٦ دسی‌زیمنس بر متر اتفاق افتاد.

نتیجه‌گیری: در مجموع، ارزیابی شاخص های رشد و بررسی حساسیت آن‌ها به شوری نشان داد که رقم میشن در مقایسه با رقم زرد از تحمل بیش‌تری نسبت به شوری برخوردار است و برای کشت در نواحی با آب و خاک شور قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: تحمل، حساسیت، رگرسیون، شوری، زیتون

مقدمه

به‌دلیل گسترش روزافزون شوری خاک در جهان، این مسأله امروز مورد توجه زیاد قرار گرفته است (٣٤). بیش از ٨٠٠ میلیون هکتار از اراضی موجود در سراسر جهان تحت‌تأثیر شوری واقع شده‌اند که این مقدار معادل ٦ درصد از کل مساحت اراضی جهان می‌باشد (٣١). تنش شوری از طریق افزایش گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن‌دار در سلول‌های گیاه، موجب به وجود آمدن تنش اکسیداتیو در گیاه می‌شود (١٧) و همچنین با افزایش فشار اسمزی محلول خاک، باعث اختلال در تعرق، فتوسنتز و جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌شود (٢٧). پژوهش‌های متعدد نشان داده‌اند که تحمل به شوری در برخی از درختان میوه را می‌توان با استفاده از پایه‌های متحمل به شوری افزایش داد (٣٥). به‌عنون مثال مشخص شده است که برخی از پایه‌های انگور با ممانعت از جذب و انتقال سدیم یا کلر به قسمت‌های هوایی در برابر شوری مقاومت می‌کنند (١٣).

ارقام حساس و متحمل به شوری در درختان میوه مثل گلابی، زیتون، انار، انبه و آووکادو توسط پژوهشگران مختلف شناسایی و گزارش شده است (١٢، ٢٤، ٢٦). نتایج پژوهش‌های نشان داده است که گیاه زیتون نسبت به شوری نیمه‌متحمل بوده و می‌تواند تا سطح شوری ١٥٠ میلی‌مول نمک کلرور سدیم نیز به رشد خود ادامه دهد (٣٣، ٣٨). با این حال نتایج پژوهش‌های نشان می‌دهد که امکان کشت و کار زیتون در خاک با شوری متوسط وابسته به رقم آن است که به خصوصیات ژنتیکی ارقام باز می‌گردد (١، ٢٥). بنابراین انتخاب پایه‌های مناسب در نواحی شور برای تولید پایدار میوه امری اجتناب‌ناپذیر است (٢٤). تفاوت ارقام زیتون از لحاظ مقاومت به شوری در منابع متعددی ذکر شده است (٩، ١٠) و مشخص گردیده است که شدت کاهش رشد زیتون در اثر شوری به‌شدت به نوع رقم و سطح شوری وابسته است (٧). نتایج پژوهش سایر پژوهشگران نیز بر نقش بارز رقم در تحمل به شوری زیتون دلالت دارد (٩، ١٦). مشاهده شده است که رشد ریشه، طول ساقه، سطح برگ و وزن خشک ارقام مختلف زیتون از جمله ارقام کرونیکی، ماستوئیدیس، کالاماتا، آمفیزیس، کوتریکی و مگاریتیکی در سطوح متوسط و

بالای شوری تحت‌تأثیر قرار گرفته و کاهش می‌یابد (۹، ۱۰، ۲۳، ۳۹)، ولی شدت تأثیر شوری به نوع رقم و زمان اعمال شوری بستگی دارد (۹، ۳۹). نتایج بررسی سه سطح شوری (صفر، ٤٠ و ۸۰ میلی‌مول نمک طعام) بر روی زیتون رقم روغنی، نشان داد که با افزایش شوری، وزن خشک ساقه، برگ و ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (۱۹). در مطالعات دیگر نیز مشاهده گردید که طول ساقه، سطح برگ، وزن خشک و طول ریشه ارقام مختلف زیتون از جمله ارقام لچینو، چتولی، چالکیدیکیس، کردال، مانزانیلا، فرانتویی، کرونیکی و کنسروالیا در اثر شوری به‌شدت کاهش یافت (۲، ٦، ۹، ۲۱).

طی پژوهش دیگری در مورد ارزیابی تحمل به شوری روی پنج رقم زیتون (چملالی، چتویی، کرونیکی، آربکوئین و آربوسانا) مشخص شده که وزن خشک گیاه در اثر شوری کاهش یافت، اما میزان کاهش وزن خشک بین ارقام مختلف، متفاوت بود (۲۰) که این امر به از بین رفتن تعادل عناصر غذایی در برگ، ساقه و ریشه گیاه نسبت داده شد (۵، ۹).

نتایج پژوهش‌های نشان داده است که سطح برگ زیتون در اثر شوری بیش‌تر از سایر شاخص‌های رشد تحت‌تأثیر شوری قرار می‌گیرد (۷) و تأثیر شوری بر آن، شدیدتر از تأثیر شوری بر وزن خشک گیاه زیتون گزارش گردیده است (۱۰). کاهش وزن خشک گیاه زیتون نیز در اثر شوری محیط رشد در ارقام زیتون مانزانیلا، لسینو و بارنئا، چاکلیدی و چوندرولیا نیز گزارش گردیده است (۸، ۱۱، ۱۵، ۲۲، ۳۰، ۳۹).

زیتون از گیاهانی است که تحمل به شوری آن به‌صورت کمی بیان نشده است و در جداول ارایه شده تحمل به شوری در گیاهان، به‌عنوان گیاهی نسبتاً متحمل به شوری معرفی شده است، اما آستانه کاهش عملکرد و شیب کاهش عملکرد به شوری در ارقام مختلف تاکنون مطالعه و ارایه نشده است (١٤).

اگرچه تحمل به شوری برخی از ارقام زیتون به‌طور کیفی مورد بررسی قرار گرفته است، ولی همه ارقام تجاری از این نظر مورد مطالعه قرار نگرفته‌اند و پتانسیل آن‌ها برای کشت در خاک‌های شور مناطق خشک و نیمه‌خشک مشخص نمی‌باشد. از دیگر سو، حساسیت اندام‌های مختلف گیاه زیتون، از جمله ارقام میشن و زرد نیز تاکنون به‌صورت کمی نسبت به شوری مشخص نشده است. به همین دلیل، این پژوهش با هدف ارزیابی تحمل به شوری، کمی کردن واکنش اندام‌های مختلف گیاه نسبت به شوری و تعیین حساسیت شاخص‌های رشد نسبت به شوری در دو رقم زرد و میشن انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، پاسخ‌های رشدی زیتون ارقام زرد و میشن نسبت به سطوح مختلف شوری ناشی از کلرید سدیم در گلخانه پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران با متوسط دمای حداقل و حداکثر ۱۷ و ۳۷ درجه سانتی‌گراد بررسی گردید. رقم میشن رقمی است با منشأ آمریکایی، مقاوم به سرما، دومنظوره (کنسروی و روغنی)، خودگشن با میزان روغن بالا و مقاوم به سرما می‌باشد. رقم زرد نیز یک رقم دومنظوره (کنسروی و روغنی) و یکی از ارقام عمده زیتون ایرانی می‌باشد که بیش‌ترین سطح باغات زیتون شمال کشور را به خود اختصاص داده است که دلیل انتخاب آن برای مطالعه، پوشش وسیع سطح کشت آن می‌باشد.

بدین منظور، نهال‌های یک‌ساله ارقام یاد شده که از نظر ارتفاع و قطر ساقه همگن بودند، مورد استفاده قرار گرفتند. قبل از انتقال نهال‌ها به محیط کشت پرلیت (مخلوط پودری و سایز متوسط پرلیت به نسبت یک به یک حجمی) در گلدان، ریشه نهال‌ها

چندین بار با آب شسته شد تا خاک اطراف ریشه‌ها کامل زدوده شود. پس از انتقال نهال‌ها به داخل گلدان‌های ١٠ لیتری حاوی پرلیت، آبیاری آن‌ها با محلول غذایی با نصف غلظت محلول غذایی هوگلند صورت گرفت (١٨). نهال‌ها به‌مدت دو ماه بدون اعمال تیمارهای شوری، آبیاری شدند تا کاملاً در گلدان‌ها مستقر شوند. اعمال تیمارهای شوری شامل شوری‌های صفر، ٤، ٨، ١٢ و ١٦ دسی‌زیمنس بر متر (معادل صفر، ٤٤، ٨٨، ١٣٢ و ١٧٦ میلی‌مول در لیتر نمک طعام ساخت شرکت سیگما) از طریق انحلال مقادیر مناسب کلرور سدیم در محلول غذایی هوگلند به‌صورت تدریجی اعمال گردید. آبیاری گلدان‌ها هر دو روز یک‌بار به‌گونه‌ای انجام می‌شد که ٢٠ درصد آب آبیاری جهت شستشوی املاح از طریق زهکش خارج شود تا سطح شوری بستر داخل گلدان ثابت بماند.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با ١٠ تیمار و چهار تکرار اجرا شد. اعمال تیمارهای شوری به‌مدت ٢١ هفته ادامه داشت و پس از آن، هر نهال از محیط پرلیت خارج و ریشه آن با آب شسته شد. سپس هر نهال به ریشه، شاخساره جدید و برگ جدید تفکیک و بلافاصله توزین گردید. به‌منظور تعیین وزن خشک نهال‌ها، هر کدام از بافت‌های فوق دو بار با آب معمولی و یکبار با آب مقطر شسته شد و در آون در دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٧٢ ساعت خشک گردید. سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردید. برای سنجش سطح برگ، تعداد برگ‌های شاخساره‌های جدید (ایجاد شده پس از اعمال تیمارهای شوری)، شمارش و سطح آن‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Licor, Li-1300, USA) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. طول شاخساره جدید و فاصله میان‌گره‌ها با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری و ثبت شد.

اندازه‌گیری محتوای رطوبت نسبی برگ (LRWC[1]) نیز با استفاده از برگ‌های جوان کاملاً توسعه یافته صورت گرفت (٣٢). برای این منظور، پس از اندازه‌گیری وزن تر (FW[2]) برگ‌ها، آن‌ها به‌مدت ٢٤ ساعت در آب مقطر به حالت غوطه‌ور قرار داده شدند و وزن آماس (TW[3]) آن‌ها اندازه‌گیری شد. وزن خشک (DW[4]) برگ‌ها نیز پس از قرار دادن آن‌ها در آون به‌مدت ٤٨ ساعت و در درجه حرارت ٨٠ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری و محتوای رطوبت نسبی آن‌ها از طریق رابطه ١ محاسبه شد:

$$LRWC(\%) = [(FW - DW)/(TW - DW)] \times 100 \quad (١)$$

شاخص تحمل شاخساره و ریشه از تقسیم وزن خشک شاخساره یا ریشه در شرایط تنش به وزن خشک شاخساره یا ریشه در شرایط شاهد به‌دست آمد (١). شاخص کلروفیل برگ نیز چهار ماه پس از اعمال تیمارهای شوری با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD 502, Minolta, Japan) اندازه‌گیری گردید. بدین صورت که از هر بوته ٥ برگ توسعه‌یافته در رأس نهال انتخاب و مورد سنجش قرار گرفت و میانگین حسابی اعداد فوق مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن صورت پذیرفت. عملکرد نسبی شاخص‌های مختلف رشد (Y) با شوری (X) نیز تعیین گردید. شیب معادله درجه یک خط برازش هر یک از شاخص‌های رشد با شوری به‌عنوان ضریب حساسیت شاخص فوق نسبت به شوری در نظر گرفته شد. جهت تعیین روابط رگرسیونی شاخص‌های مختلف

1- Leaf Relative Water Content
2- Fresh Weight
3- Turger Weight
4- Dry Weight

رشد دو رقم زیتون میشن و زرد با شوری، ابتدا عملکرد نسبی هر شاخص محاسبه گردید. سپس با استفاده از نرم‌افزار اکسل اقدام به تعیین رابطه رگرسیونی بین شاخص‌های مختلف رشد با سطوح مختلف شوری شد. سپس با استفاده از روابط رگرسیونی محاسبه شده، سطح شوری که منجر به کاهش ۲۵ درصدی عملکرد نسبی هر صفت شود، محاسبه شد. خلاصه این محاسبات برای شاخص‌های مختلف رشد در جدول ۵ آورده شد.

نتایج و بحث

خلاصه نتایج تجزیه واریانس صفات رشد در جدول ۱ درج شده است. اثر رقم بر شاخص‌های رشد زیتون در جدول ۲، اثر شوری بر صفات رشد زیتون در جدول ۳ و اثرات متقابل رقم و شوری در جدول ٤ آورده شده است. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش نشان داد که اثرات اصلی فاکتورهای شوری و رقم روی همه صفات مورد مطالعه در سطح یک درصد آماری، معنی‌دار بود. همچنین، اثر متقابل شوری و رقم در صفات سطح برگ، تعداد برگ جدید در نهال، محتوای نسبی آب برگ، شاخص کلروفیل برگ، شاخص تحمل شاخساره و شاخص تحمل ریشه نیز در سطح یک درصد آماری معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات رشد زیتون.

Table 1. The variance analysis of olive growth parameters.

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک برگ جدید در نهال	وزن خشک شاخساره جدید در نهال	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی جدید در نهال	وزن خشک کل	طول شاخساره جدید در نهال	فاصله میان‌گره شاخساره جدید
		میانگین مربعات						
		Mean of square						
Sources of variations	Degree of freedom	New Leaf dry weight	New stem dry weight	Root dry weight	New shoot dry weight	Total dry weight	New stem elongation	New internode elongation
تکرار Replication	3	0.06^{ns}	0.00^{ns}	0.58^{ns}	0.12^{ns}	1.00^{ns}	46.6^{ns}	0.11^{ns}
اثر رقم Cultivar	4	4.40**	2.63**	22.8**	15.2**	75.2**	1092**	1.40**
اثر شوری Salinity	4	6.80**	16.20**	21.9**	23.6**	90.4**	2895**	1.00**
اثر متقابل Intraction	16	0.23^{ns}	0.22^{ns}	1.20^{ns}	0.55^{ns}	3.00^{ns}	30.3^{ns}	0.02^{ns}
اشتباه Error	72	0.10^{ns}	0.11^{ns}	1.20^{ns}	0.21^{ns}	1.70^{ns}	31.8^{ns}	0.01^{ns}

- درج علامت ** به معنی وجود تفاوت آماری معنی‌دار در سطح یک درصد است.
- درج علامت * به معنی وجود تفاوت آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

ادامه جدول ١-

Continue Table 1.

منابع تغییرات	درجه آزادی	سطح برگ جدید در نهال	تعداد برگ جدید در نهال	نسبت وزن اندام هوایی به وزن ریشه	محتوای نسبی آب برگ	شاخص کلروفیل برگ	شاخص تحمل اندام هوایی	شاخص تحمل ریشه
		میانگین مربعات						
Sources of variations	Degree of freedom	New leaf aria	Number of new leaf per plant	Shoot weight/ Root weight	RWC	Chlorophyll Index	Shoot tolerance	Root tolerance
		Mean of square						
تکرار Replication	3	349^{ns}	14.1^{ns}	0.016^{ns}	2.56^{ns}	1.36^{ns}	0.003^{ns}	0.02^{ns}
اثر رقم Cultivar	4	60996**	3572**	0.10^{ns}	96.10**	102**	0.32**	0.32**
اثر شوری Salinity	4	138036**	6388**	0.24**	596**	657**	0.89**	0.58**
اثر متقابل Intraction	16	2804**	109**	0.01^{ns}	14.1**	12.7**	0.02**	0.02*
اشتباه Error	72	226^{ns}	10.9^{ns}	0.036^{ns}	2.75^{ns}	1.8^{ns}	0.004^{ns}	0.011^{ns}

- درج علامت ** به معنی وجود تفاوت آماری معنی‌دار در سطح یک درصد است.
- درج علامت * به معنی وجود تفاوت آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

جدول ٢- مقایسه میانگین اثر رقم بر خصوصیات رشدی زیتون.

Table 2. Mean comparison of cultivar effects on olive growth parameters.

رقم	وزن خشک برگ جدید در نهال (گرم در نهال)	وزن خشک شاخساره جدید در نهال (گرم در نهال)	وزن خشک ریشه در نهال (گرم در نهال)	وزن خشک اندام هوایی جدید در نهال (گرم در نهال)	وزن خشک کل (گرم در نهال)	نسبت وزن خشک اندام هوایی جدید به ریشه	طول شاخساره جدید (سانتی‌متر)
Cultivar	New leaf dry weight (gr/Plant)	New stem dry weight (gr/Plant)	Root dry weight (gr/Plant)	New shoot dry weight (gr/Plant)	Total dry weight (gr/Plant)	Shoot weight/ Root weight	New stem elongation (cm)
میشن Mission	1.9^{a}	1.6^{a}	4.7^{a}	3.1^{a}	8.2^{a}	0.74^{a}	44.2^{a}
زرد Zard	1.2^{b}	1.03^{b}	1.3^{b}	2.3^{b}	5.4^{b}	0.65^{b}	33.7^{b}

- اعدادی که حروف انگلیسی مشابه دارند، تفاوت معنی‌دار آماری در سطح یک درصد با هم ندارند.

ادامه جدول ۲-

Continue Table 2.

رقم	فاصله میان‌گره (سانتی‌متر)	سطح برگ جدید (سانتی‌مترمربع)	تعداد برگ جدید در نهال	رطوبت نسبی برگ (%)	شاخص کلروفیل برگ	شاخص تحمل اندام هوایی	شاخص تحمل ریشه
Cultivar	New internode elongation (cm)	New leaf aria	Number of new leaf per plant	RWC	Chlorophyll Index	Shoot tolerance	Shoot tolerance
میشن Mission	2.2[a]	234[a]	56[a]	84.4[a]	43.5[a]	0.64[a]	0.75[a]
زرد Zard	1.8[b]	156[b]	37[b]	81.3[b]	40.3[b]	0.45[b]	0.57[b]

- اعدادی که حروف انگلیسی مشابه دارند، تفاوت معنی‌دار آماری در سطح یک درصد با هم ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف شوری بر خصوصیات رشدی زیتون.

Table 3. Mean comparison of salinity effects on olive growth parameters.

سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	وزن خشک برگ‌های جدید (گرم در نهال)	وزن خشک شاخساره جدید (گرم در نهال)	وزن خشک ریشه (گرم در نهال)	وزن خشک اندام هوایی جدید (گرم در نهال)	وزن خشک کل (گرم در نهال)	نسبت وزن خشک اندام هوایی جدید به وزن ریشه	طول شاخساره جدید (سانتی‌متر)
Salinity ($dS.m^{-1}$)	New leaf dry weight (gr/Plant)	New stem dry weight (gr/Plant)	Root dry weight (gr/Plant)	New shoot dry weight (gr/Plant)	Total dry weight (gr/Plant)	Shoot weight/ Root weight	New stem elongation (cm)
0	2.80[a]	2.39[a]	5.8[a]	5.19[a]	10.99[a]	0.94[a]	63.1[a]
4	2.10[b]	1.83[b]	5.2[a]	3.94[b]	9.20[b]	0.78[ab]	52.2[b]
8	1.63[c]	1.17[c]	4.0[b]	2.81[c]	6.81[c]	0.70[bc]	37.3[c]
12	0.82[d]	0.68[d]	2.7[c]	1.50[d]	4.25[d]	0.54[c]	25.7[d]
16	0.54[d]	0.48[e]	1.8[c]	1.02[e]	2.87[e]	0.52[c]	16.3[e]

- اعدادی که حروف انگلیسی مشابه دارند، تفاوت معنی‌دار آماری در سطح یک درصد با هم ندارند.

ادامه جدول ۳-

Continue Table 3.

سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	فاصله میان‌گره جدید (سانتی‌متر)	سطح برگ جدید (سانتی‌مترمربع)	تعداد برگ جدید در نهال	رطوبت نسبی برگ (درصد)	شاخص کلروفیل برگ	شاخص تحمل اندام هوایی	شاخص تحمل ریشه
Salinity ($dS.m^{-1}$)	New internode elongation (cm)	New leaf aria (cm^2)	Number of new leaf per plant	RWC (%)	Chlorophyll Index	Shoot tolerance	Root tolerance
0	2.42[a]	378[a]	85[a]	93.7[a]	52.3[a]	1.0[a]	1.0[a]
4	2.27[a]	270[b]	63[b]	88.3[b]	48.0[b]	0.75[b]	0.83[b]
8	2.01[b]	174[c]	44[c]	82.8[c]	43.2[c]	0.53[c]	0.70[c]
12	1.80[c]	97[d]	27[d]	77.2[d]	36.5[d]	0.28[d]	0.48[d]
16	1.54[d]	54[e]	14[e]	72.0[e]	29.6[e]	0.18[e]	0.32[e]

- اعدادی که حروف انگلیسی مشابه دارند، تفاوت معنی‌دار آماری در سطح یک درصد با هم ندارند.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر رقم و سطوح مختلف شوری بر خصوصیات رشد زیتون.

Table 4. Mean comparison of cultivar and salinity effects on olive growth parameters.

رقم	سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	وزن برگ‌های جدید (گرم در نهال)	وزن خشک شاخساره جدید (گرم در نهال)	وزن خشک ریشه (گرم در نهال)	وزن خشک اندام هوایی جدید (گرم در نهال)	وزن خشک کل (گرم در نهال)	نسبت وزن اندام هوایی جدید به وزن ریشه	طول شاخساره جدید (سانتی‌متر)
Cultivar	Salinity ($dS.m^{-1}$)	New leaf dry weight (gr/Plant)	New stem dry weight (gr/Plant)	Root dry weight (gr/Plant)	New shoot dry weight (gr/Plant)	Total dry weight (gr/Plant)	Shoot weight/ Root weight	New stem elongation (cm)
میشن Mission	0	2.89^{a}	2.57^{a}	6.6^{a}	5.47^{a}	11.59^{a}	0.97^{a}	66^{a}
	4	2.55^{b}	2.22^{a}	6.00^{a}	4.78^{a}	11.28^{a}	0.79^{ab}	58^{a}
	8	2.17^{b}	1.53^{b}	5.00^{ab}	3.71^{b}	8.71^{bc}	0.75^{abc}	45^{b}
	12	1.09^{d}	0.93^{c}	3.19^{cd}	2.03^{c}	5.22^{d}	0.63^{bcd}	32^{c}
	16	0.85^{d}	0.72^{cd}	2.61^{cd}	1.57^{cd}	4.18^{d}	0.61^{bcd}	20^{de}
زرد Zard	0	2.70^{a}	2.20^{a}	5.49^{ab}	4.91^{a}	10.40^{ab}	0.92^{ab}	60.25^{a}
	4	1.66^{c}	1.45^{b}	4.00^{bc}	3.11^{b}	7.11^{c}	0.78^{ab}	46.50^{b}
	8	1.09^{d}	0.82^{cd}	3.00^{cd}	1.92^{c}	4.92^{d}	0.64^{bcd}	29.75^{cd}
	12	0.55^{de}	0.42^{de}	2.30^{de}	0.98^{de}	3.28^{de}	0.45^{cd}	19.50^{de}
	16	0.24^{e}	0.23^{f}	1.09^{e}	0.47^{e}	1.56^{e}	0.44^{d}	12.75^{e}

- اعدادی که حروف انگلیسی مشابه دارند، تفاوت معنی‌دار آماری در سطح یک درصد با هم ندارند.

ادامه جدول ٤-

Continue Table 4.

رقم	سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	فاصله میان‌گره جدید (سانتی‌متر)	سطح برگ جدید (سانتی‌مترمربع)	تعداد برگ جدید در نهال	رطوبت نسبی برگ (درصد)	شاخص کلروفیل برگ	شاخص تحمل اندام هوایی	شاخص تحمل ریشه
Cultivar	Salinity ($dS.m^{-1}$)	New internode elongation (cm)	New leaf aria (cm^2)	Number of new leaf per plant	RWC (%)	Chlorophyll Index	Shoot tolerance index	Root Tolerance index
میشن Mission	0	2.60^{a}	391^{a}	89.5^{a}	93^{a}	52.2^{a}	1.0^{a}	1.0^{a}
	4	2.40^{b}	332^{c}	76.7^{c}	90.2^{b}	49.5^{b}	0.86^{b}	0.94^{a}
	8	2.22^{c}	223^{d}	55.7^{d}	84.5^{c}	44.2^{d}	0.68^{c}	0.83^{ab}
	12	2.00^{d}	138^{e}	37.7^{f}	79.7^{d}	39.5^{f}	0.36^{d}	0.55^{cd}
	16	1.80^{e}	85^{f}	22^{g}	74.5^{e}	32.2^{g}	0.28^{de}	0.45^{d}
زرد Zard	0	2.30^{bc}	365^{b}	81.3^{b}	94.5^{a}	52.5^{a}	1.0^{a}	1.0^{a}
	4	2.15^{cd}	207^{d}	49.7^{e}	86.5^{c}	46.5^{c}	0.63^{c}	0.72^{bc}
	8	1.80^{e}	126^{e}	33.0^{f}	81.2^{d}	42.2^{e}	0.38^{d}	0.55^{cd}
	12	1.60^{f}	56^{g}	16.0^{h}	74.7^{e}	33.5^{g}	0.19^{ef}	0.41^{d}
	16	1.28^{g}	24^{h}	7.25^{i}	69.5^{f}	27.0^{h}	0.09^{f}	0.18^{e}

- اعدادی که حروف انگلیسی مشابه دارند، تفاوت معنی‌دار آماری در سطح یک درصد با هم ندارند.

وزن خشک اندام‌های گیاهی: نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که پاسخ صفات رشد زیتون شامل وزن خشک برگ، ساقه و ریشه نسبت به تنش شوری، به سطوح شوری و نوع رقم بستگی دارد (جدول‌های ۲ و ۳). وزن خشک ساقه، ریشه و برگ در رقم میشن بیش‌تر از رقم زرد بود که ناشی از تفاوت ژنتیکی این دو رقم بود. شوری باعث کاهش رشد گیاه زیتون شد و وزن خشک برگ، ساقه و ریشه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد، به‌طوری‌که این صفات در تیمار شوری ۱٦ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۸۰، ۸۰ و ٦۹ درصد کاهش داشتند (جدول ۳). وزن خشک کل و وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه نیز تحت‌تأثیر تیمارهای شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های اوزان خشک اندام‌های گیاهی در دو رقم میشن و زرد نشان داد که در هر سطحی از شوری، میزان ماده خشک تولیدی رقم زرد کم‌تر بود. بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که رقم زرد از تحمل به شوری کم‌تری در مقایسه به رقم میشن برخوردار است (جدول ٤). با افزایش شوری، میزان آب سلول‌های برگ کاهش می‌یابد که این امر، کاهش سرعت طویل و تقسیم شدن سلول‌ها را به همراه داشته و باعث کوچک‌تر شدن اندازه برگ‌ها و کاهش سطح آن‌ها گردیده است که منتج به کاهش وزن خشک برگ شده است (۲٦). نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج تحمل‌کنان و گلچین (۲۰۱۱) مبنی بر کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه گیاه زیتون (ارقام زرد و کرونایکی) با افزایش سطح شوری از ٤ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مطابقت دارد (۳٦).

همچنین پژوهش‌های نامبردگان نشان داد که رقم کرونایکی از تحمل به شوری بیش‌تری نسبت به رقم روغنی برخوردار است. همچنین نتایج حاصله از این پژوهش با یافته‌های سایر پژوهشگران که بیان نمودند وزن خشک گیاه زیتون در اثر شوری کاهش می‌یابد نیز مطابقت دارد. آن‌ها دلیل کاهش را به از بین رفتن تعادل عناصر غذایی در برگ، ساقه و ریشه گیاه زیتون نسبت دادند، اما میزان این کاهش در بین ارقام مختلف مورد بررسی، متفاوت بود (۵، ۱۰، ۲۰، ۳۵).

نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به ریشه: نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به ریشه با افزایش شوری محیط کشت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و از ۰/۹٤ در تیمار شاهد به ۰/۵۲ در تیمار ۱٦ دسی‌زیمنس بر متر رسید که کاهش ٤٤ درصدی داشت (جدول ۳). مقدار این نسبت در سطوح مختلف شوری برای رقم زرد کم‌تر از رقم میشن بود، ولی اختلاف ارقام از این لحاظ معنی‌دار نبود (جدول ٤).

یافته‌ها نشان می‌دهند که ریشه کم‌تر از بخش هوایی تحت‌تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرد. شاید بتوان کاهش وزن خشک ریشه در شوری‌های بالا را به اختصاص یافتن کربن تولید شده به سایر مسیرهای متابولیک مؤثر در تحمل به تنش نسبت داد. گزارش شده که در زمان وقوع تنش شوری و خشکی، گسترش برگ متوقف، ولی جذب کربن هم‌چنان در حدود نزدیک به نرمال باقی می‌ماند. در این حالت کربن اضافی تولید شده ممکن است ذخیره شده و برای تنظیم پتانسیل اسمزی به‌کار رود، یا آن‌که به رشد ریشه اختصاص یابد (٤). نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج به‌دست آمده توسط چارتزولاکیس و همکاران (۲۰۰۲) که نشان دادند وزن اندام‌های هوایی گیاه زیتون در مقایسه با ریشه به مقدار بیش‌تری در اثر تنش شوری کاهش می‌یابد، مطابقت داشت (۱۰). هم‌چنین با نتایج به‌دست آمده توسط کوچ و همکاران (۲۰۱۰) مبنی بر کاهش نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه زیتون با شوری نیز مطابقت داشت (۲۰). عقیده بر آن است که نسبت بالاتر ریشه به اندام‌های هوایی، توانایی گیاه برای تحمل به خشکی و

شوری را بهبود می‌بخشد. به همین دلیل اغلب متخصصین فیزیولوژی این نسبت را به‌عنوان یک معیار مناسب برای گزینش ارقام متحمل به تنش‌های شوری و خشکی معرفی می‌کنند (۹، ۳۵، ۳۷، ۳۸).

طول شاخساره‌های جدید و فاصله میان‌گره: سطوح مختلف شوری باعث کاهش معنی‌دار طول شاخساره‌های جدید در نهال و فاصله میان‌گره‌ها گردید، به‌گونه‌ای که تیمار شوری ١٦ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش ٧٤ درصدی طول شاخساره‌ها و ٣٦ درصدی فاصله میان‌گره‌ها در مقایسه با تیمار شاهد گردید (جدول ۳). تأثیر شوری و رقم بر طول شاخساره‌ها و فاصله میان‌گره‌ها نشان داد که در همه سطوح شوری، این صفات در رقم میشن بیش‌تر از رقم زرد بود که حاکی از حساسیت بیش‌تر رقم زرد به شوری است (جدول ٤). نتایج این پژوهش با نتایج کوچ و همکاران (۲۰۱۰) که تغییرات ایجاد شده توسط شوری در پنج رقم زیتون (چملالی، چتویی، کرونیکی، آربکوئین و آربوسانا) را با استفاده از نمک کلرور سدیم مورد مطالعه قرار دادند، مطابقت دارد (۲۰). در تمامی ارقام مورد مطالعه، طول ساقه اصلی و فاصله میان‌گره‌ها کاهش یافت. چارتزولاکیس و همکاران (۲۰۰۲) نیز طی پژوهش دیگری نشان دادند که تحت تیمار شوری، طول شاخساره‌های جدید در تیمار ۲۰۰ میلی‌مول کلرور سدیم نسبت به تیمار شاهد ۷۸ درصد کاهش یافت که با نتایج این پژوهش کاملاً مطابقت داشت (۱۰).

سطح برگ، تعداد برگ، محتوای نسبی آب برگ و شاخص کلروفیل برگ: شوری اثر معنی‌داری بر میزان سطح، تعداد، محتوای نسبی آب و شاخص کلروفیل برگ‌های جدید در نهال داشت. سطح برگ‌ها در اثر شوری به‌شدت کاهش یافت، به‌طوری‌که از ۳۷۸ سانتی‌مترمربع در تیمار شاهد به ٥٤ سانتی‌مترمربع در تیمار ١٦ دسی‌زیمنس بر متر رسید که ۸۵/۷ درصد کاهش داشت. تعداد برگ در گیاه نیز در اثر شوری به‌شدت کاهش یافت و از ۸۵ عدد در تیمار شاهد به ١٤ عدد در تیمار شوری ١٦ دسی‌زیمنس بر متر رسید که ۸۳ درصد کاهش داشت. محتوای آب نسبی برگ نیز در اثر شوری به‌شدت کاهش یافت، به‌طوری‌که از ۹۳ درصد در تیمار شاهد به ۷۲ درصد در تیمار شوری ١٦ دسی‌زیمنس بر متر رسید که ۲۰ درصد کاهش داشت. همانند سایر صفات، شاخص کلروفیل برگ نیز با شوری کاهش معنی‌دار داشت و از ۵۲/۳ به ۲۹/٦ تنزل پیدا کرد (جدول ۳). سطح، تعداد و محتوای نسبی آب برگ‌های جدید و شاخص کلروفیل در اثر تنش شوری در هر دو رقم معنی‌دار بود ولی در همه سطوح شوری، میزان این کاهش در رقم زرد بیش‌تر از رقم میشن بود که دلالت بر حساسیت بیش‌تر رقم زرد نسبت به شوری داشت (جدول ٤).

کاهش سرعت رشد برگ در اثر شوری عمدتاً به‌دلیل تأثیر اسمزی است و با افزایش شوری، سلول‌های برگ به‌طور موقت آب خود را از دست داده و سرعت تقسیم و طویل شدن آن‌ها کاهش می‌یابد که این تغییرات منجر به کوچک‌تر شدن اندازه نهایی برگ‌ها و کاهش سطح آن‌ها می‌گردد (٢٦). از طرف دیگر، بر اساس پژوهش‌های انجام شده، کاهش سطح برگ می‌تواند به‌دلیل کاهش اندازه تک‌تک برگ‌ها، کاهش تولید برگ‌های جدید و نهایتاً ریزش برگ‌های پیر باشد (۲۸). نتایج پژوهش‌های سایر پژوهشگران نیز نشان داد که شوری باعث کاهش معنی‌دار سطح برگ زیتون در ارقام مختلف از جمله کرونیکی، ماستوئیدیس، کالاماتا، آمفیزیس، کوتریکی و مگاریتیکی (۹)، چملالی، چتویی، کرونیکی، آربکوئین، آربوسانا (۲۰) و هم‌چنین ارقام زرد، میشن و مانزانیلا (۳۵) شده است که با نتایج این پژوهش کاملاً مطابقت داشت.

گوئیسی و همکاران (۱۹۹۷) نیز کاهش تعداد برگ در اثر شوری را گزارش کرده‌اند که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت (۱٦). کاهش محتوای نسبی آب برگ در اثر تنش شوری، ناشی از افزایش محدودیت دسترسی به آب جهت فرآیند توسعه و تورژسانس سلول است (٤۰). در گیاهان دیگر نیز مثل بادام، کاهش محتوای نسبی آب برگ در اثر شوری توسط اورعی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش شده است که با نتایج به‌دست آمده از پژوهش قوق مطابقت داشت (۲۸).

در اثر شوری مقدار اتیلن برگ افزایش و میزان کلروفیل گیاه به‌دلیل فعالیت آنزیم کلروفیلاز به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و کلروفیل و کلروپلاست‌ها تجزیه می‌شوند (۲۹). از دلایل دیگر کاهش کلروفیل در تیمارهای تحت تنش شوری، اختلال در جذب عناصری مثل منیزیم و آهن می‌باشد که در ساخت کلروفیل نقش اساسی دارند و با کاهش جذب آن‌ها سنتز کلروفیل و در نتیجه فتوسنتز گیاه کاهش می‌یابد (۲٦). همچنین گزارش شده که تنش شوری باعث باز شدن حلقه‌های پورفیرینی کلروفیل شده و مواد سمی حاصل از این تجزیه به واکوئل‌ها منتقل و باعث از بین رفتن رنگ سبز برگ‌ها می‌شوند (۲۹).

روابط رگرسیونی شاخص‌های رشد با شوری: روابط رگرسیونی شاخص‌های رشد به‌عنوان متغیر وابسته (Y) با شوری به‌عنوان متغیر مستقل (X) در جدول ۵ درج شده است. با استفاده از معادله خط برازش هر صفت با شوری، سطحی از شوری که باعث کاهش ۲۵ درصدی عملکرد نسبی هر صفت گردد، محاسبه و در جدول ۵ درج گردید. نتایج نشان داد که بین صفت عملکرد نسبی وزن خشک برگ، ساقه و ریشه با شوری رابطه رگرسیونی وجود دارد (جدول ۵).

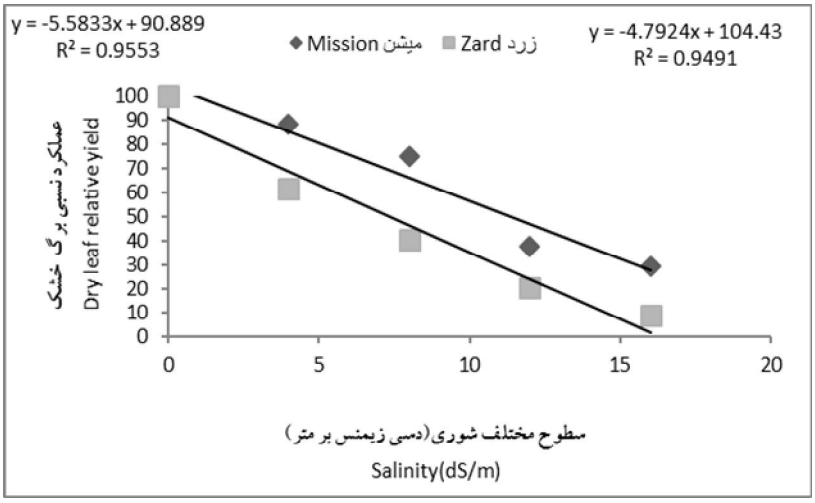
پراکنش داده‌های این متغیرها نشان داد که این داده‌ها از مدل خطی پیروی می‌کنند. نتایج هم‌چنین نشان داد که شیب خط برازش در رقم زرد منفی‌تر از رقم میشن می‌باشد که دلالت بر کاهش بیش‌تر متغیر وابسته عملکرد نسبی وزن خشک برگ با متغیر مستقل شوری در این رقم بود. کاهش ۲۵ درصدی عملکرد نسبی وزن خشک برگ در رقم میشن و زرد به‌ترتیب در شوری‌های ٦/۱۳ و ۲/۹٦ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش ۲۵ درصدی عملکرد نسبی وزن خشک ساقه در رقم میشن و زرد به‌ترتیب در شوری‌های ۵/۳۱ و ۲/۸٤ دسی‌زیمنس بر متر و کاهش ۲۵ درصدی عملکرد نسبی وزن خشک ریشه در رقم میشن و زرد به‌ترتیب در شوری‌های ٦/۹٤ و ٤/٤۱ دسی‌زیمنس اتفاق افتد که مؤید حساسیت بیش‌تر رقم زرد به شوری بود (شکل‌های ۱ و ۲). مقایسه شاخص‌های وزن خشک اندام‌های گیاه در مورد دو رقم میشن و زرد نشان داد که در رقم زرد، حساسیت شاخص‌های عملکرد نسبی وزن خشک ساقه، برگ و ریشه با شیب خط برازش به‌ترتیب برای رقم زرد ۵/٦٤-، ۵/۵۸- و ٤/۷۸- و برای رقم میشن ٤/۸۵-، ٤/۷۹- و ٤/۰۹- بود که ترتیب حساسیت شاخص‌های فوق نسبت به شوری را مشخص کرد. بنابراین مشخص شد که در بین اندام‌های مختلف گیاه در هر دو رقم، حساس‌ترین اندام نسبت به شوری، ساقه و متحمل‌ترین اندام، ریشه بود که کم‌تر تحت‌تأثیر شوری قرار گرفته بود. کاهش عملکرد نسبی هر سه صفت (عملکرد نسبی برگ خشک، ساقه خشک و ریشه خشک) با شوری نشان داد که در رقم زرد کاهش ۲۵ درصدی این صفات در شوری‌های کم‌تری در مقایسه با رقم میشن اتفاق می‌افتد که مؤید حساسیت بیش‌تر این رقم نسبت به شوری بود.

بین صفت عملکرد نسبی طول شاخساره جدید و فاصله میان‌گره با شوری رابطه رگرسیونی وجود داشت (جدول ۵). شیب خط برازش در مورد این دو صفت در رقم زرد منفی‌تر از رقم میشن بود که دلالت بر کاهش بیش‌تر متغیر وابسته عملکرد نسبی طول شاخساره جدید و فاصله میان‌گره با شوری با متغیر مستقل شوری در این رقم بود (جدول ۵).

جدول ٥- اطلاعات روابط رگرسیونی صفات مختلف رشد (متغیر وابسته) با شوری (متغیر مستقل) و سطح شوری لازم برای کاهش ٢٥ درصدی عملکرد نسبی صفات فوق.

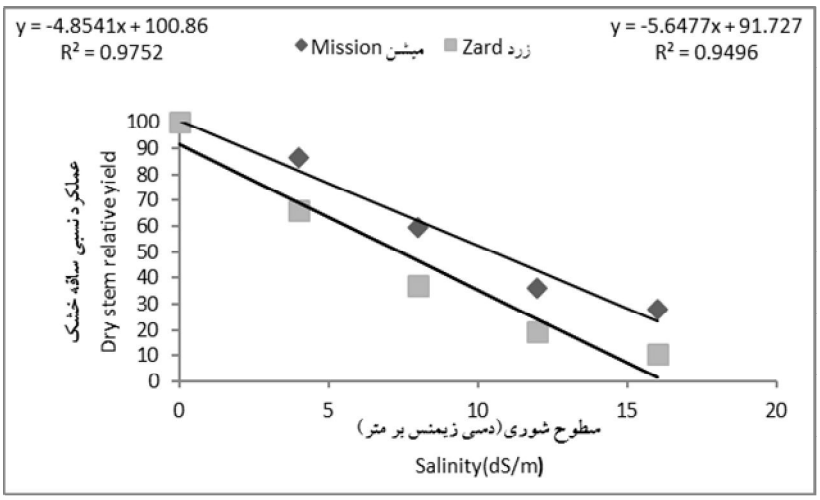
Table 5. Data for regression equation of different growth parameters (Dependent Variable) with salinity (Independent variable) and salinity requirement for 25 percent decrease of relative yield in each parameter.

سطح شوری لازم (دسی‌زیمنس بر متر) برای کاهش ٢٥ درصدی عملکرد نسبی هر صفت	ضریب تبیین	عرض از مبدا	شیب معادله خط برازش عملکرد نسبی هر صفت (Y) بر اساس شوری (X)	رقم	منغیر وابسته (Y)
Salinity requirement for 25 percent decrease of relative yield in each parameters	R^2	Intercept	The slope of fit line equation for each dependent variable (Y) base on salinity (X)	Cultivar	Dependent Variable (Y)
6.13	0.95	104.4	-4.79	میشن (Mission)	عملکرد نسبی وزن خشک برگ
2.96	0.95	90.88	-5.58	زرد (Zard)	Relative yield of leaf dry weight
5.31	0.97	100.8	-4.85	میشن (Mission)	عملکرد نسبی وزن خشک ساقه
2.84	0.95	91.7	-5.64	زرد (Zard)	Relative yield of stem dry weight
6.94	0.96	103.4	-4.09	میشن (Mission)	عملکرد نسبی وزن خشک ریشه
4.41	0.98	96.1	-4.78	زرد (Zard)	Relative yield of root dry weight
5.74	0.97	102.7	-4.82	میشن (Mission)	عملکرد نسبی ماده خشک هوایی
2.89	0.95	91.2	-5.60	زرد (Zard)	Relative yield of shoot dry weight
7.04	0.94	106.7	-4.50	میشن (Mission)	عملکرد نسبی وزن خشک کل
3.63	0.97	93.8	-5.17	زرد (Zard)	Relative yield of total dry weight
3.20	0.94	92	-5.31	میشن (Mission)	طول نسبی شاخساره جدید
2.09	0.90	86.6	-5.53	زرد (Zard)	Relative length of new stem
13.07	0.99	100.1	-1.92	میشن (Mission)	طول نسبی میان‌گره جدید
9.57	0.98	101.9	-2.81	زرد (Zard)	Relative length of new internode
5.06	0.98	101.1	-5.15	میشن (Mission)	سطح نسبی برگ جدید
2.33	0.93	88.3	-5.70	زرد (Zard)	Relative length of new leaf aria
5.51	0.99	101.8	-4.68	میشن (Mission)	تعداد نسبی برگ جدید
2.82	0.95	90.78	-5.59	زرد (Zard)	Relative length of new leaf number
20.39	0.99	100.9	-1.27	میشن (Mission)	محتوای نسبی آب برگ
15	0.99	99.6	-1.64	زرد (Zard)	Relative leaf water cnntent
11.5	0.97	102.5	-2.39	میشن (Mission)	شاخص نسبی کلروفیل برگ
8.61	0.99	101.2	-3.04	زرد (Zard)	Relative leaf chlorophyll index



شکل ۱- رابطه رگرسیونی عملکرد نسبی برگ خشک دو رقم زیتون با شوری.

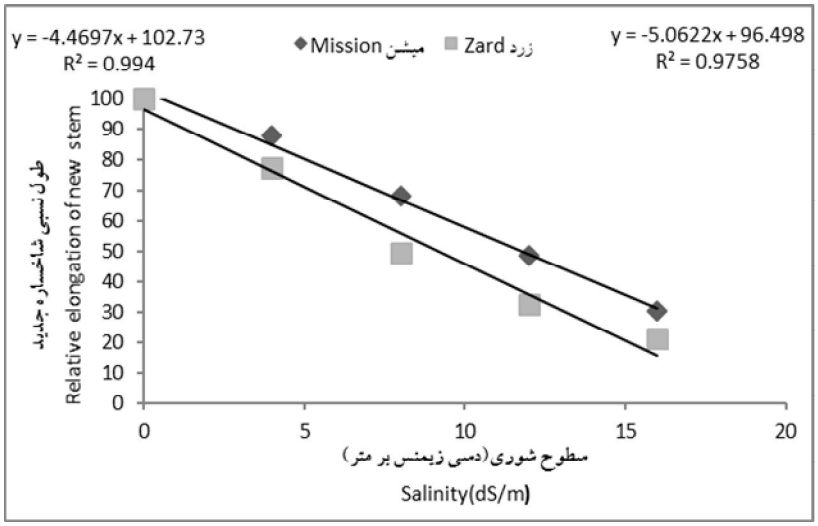
Figure 1. Regression relation of dry leaf relative yield and salinity in two olive rootstocks.



شکل ۲- رابطه رگرسیونی عملکرد نسبی ساقه خشک دو رقم زیتون با شوری.

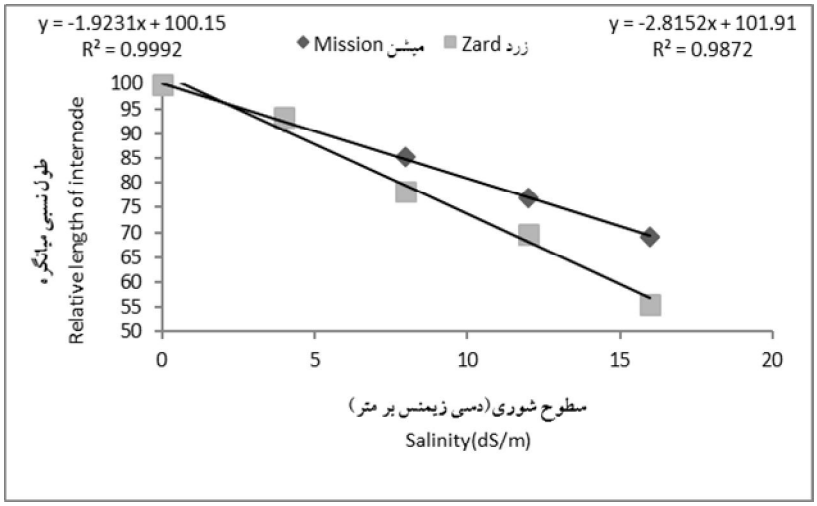
Figure 2. Regression relation of dry stem relative yield and salinity in two olive rootstocks.

کاهش ۲۵ درصدی طول نسبی شاخساره در رقم میشن در شوری ۳/۲۰ و در رقم زرد در شوری ۲/۰۹ دسی‌زیمنس بر متر اتفاق افتد. هم‌چنین کاهش ۲۵ درصدی طول نسبی میان‌گره در رقم میشن در شوری ۱۳/۰۷ و در رقم زرد در شوری ۹/۵۷ اتفاق افتاد که حاکی از حساسیت بیش‌تر صفت طول میان‌گره رقم زرد نسبت به شوری بود. مقایسه شیب کاهش طول نسبی میان‌گره و طول نسبی شاخساره در هر دو رقم نشان داد که صفت طول شاخساره از حساسیت بیش‌تری در مقایسه با صفت طول میان‌گره نسبت به شوری برخوردار بود (شکل‌های ۳ و ٤).



شکل ٣- رابطه رگرسیونی طول نسبی شاخساره‌های جدید با شوری.

Figure 3. Regression relation of new relative stem elongation and salinity in two olive rootstocks.



شکل ٤- رابطه رگرسیونی طول نسبی میان‌گره شاخساره‌های جدید دو رقم زیتون با شوری.

Figure 4. Regression relation of new relative internod elongation and salinity in two olive rootstocks.

سطح نسبی، تعداد نسبی، رطوبت نسبی و شاخص نسبی کلروفیل برگ‌های جدید با شوری رابطه رگرسیونی داشتند. شیب خط برازش در مورد این صفات نیز در رقم زرد منفی‌تر از رقم میشن بود که مؤید کاهش بیش‌تر متغیرهای وابسته سطح نسبی، تعداد نسبی، محتوای نسبی آب و شاخص نسبی کلروفیل برگ‌های جدید با متغیر مستقل شوری در این رقم بود (جدول ٥). کاهش ٢٥ درصدی سطح نسبی، تعداد نسبی، محتوای نسبی آب و شاخص نسبی کلروفیل برگ‌های جدید در رقم میشن در شوری‌های ٥/٠٦، ٥/٥١، ٢٠/٣٩ و ١١/٥ و در رقم زرد در شوری‌های ٢/٣٣، ٢/٨١، ١٥ و ٨/٦١ اتفاق افتاد که حاکی از حساسیت بیش‌تر شاخص‌های رشد در رقم زرد نسبت به شوری بود. مقایسه شیب کاهش سطح نسبی صفات فوق نشان داد که سطح برگ حساس‌ترین شاخص‌رشد نسبت به شوری می‌باشد (جدول ٥).

در بین شاخص‌های رشد، طول میان‌گره و محتوای نسبی آب برگ در هر دو رقم، در مقایسه با سایر شاخص‌ها، متحمل‌ترین شاخص‌های رشد نسبت به شوری بودند، اگرچه حساسیت رقم زرد نسبت به شوری در مقایسه با رقم میشن، در این شاخص‌ها نیز مشخص بود (جدول ۵). در مجموع، اگر عملکرد نسبی وزن خشک کل گیاه را به‌عنوان شاخص تحمل به شوری در نظر بگیریم، شیب خط برازش این شاخص با شوری در رقم زرد منفی‌تر از رقم میشن بود که مؤید حساسیت بیش‌تر این رقم به شوری می‌باشد (جدول ۵). هم‌چنین کاهش ۲۵ درصدی عملکرد نسبی وزن خشک کل گیاه در رقم میشن در شوری ۷/۰ و در رقم زرد در شوری ۳/٦ دسی‌زیمنس بر متر اتفاق افتاد که حاکی از حساسیت بیش‌تر رقم زرد در مقایسه با رقم میشن به شوری بود (جدول ۵).

در مورد کمی کردن روابط شاخص‌های رشد زیتون با شوری و روابط ریاضی این شاخص‌ها با شوری، مطالعات زیادی در داخل و خارج کشور صورت نگرفته است و نتایج زیادی در دست نیست. آراگوس و همکاران (۲۰۱۰)، اثر سطوح مختلف شوری ناشی از کلرور سدیم را بر شاخص‌های رشد دو رقم زیتون آربکوئین و امپلتر را مطالعه کردند و روابط رگرسیونی در این خصوص ارایه دادند. در این مطالعات، بین صفات عملکرد زیتون و قطر تنه درخت زیتون با شوری رابطه رگرسیونی وجود داشت. شیب خط برازش رابطه عملکرد زیتون و شوری برای رقم‌های آریکوئین و امپلتر به‌ترتیب ۰/۰٤۵- و ۰/۰٦۷- بود. هم‌چنین شیب خط برازش رابطه قطر تنه زیتون و شوری برای رقم‌های آریکوئین و امپلتر به‌ترتیب ۰/۰۳۱- و ۰/۰٤٦- بود که حاکی از حساسیت بیش‌تر رقم امپلتر به شوری بود (۳).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش شوری شاخص‌های رشد زیتون مثل وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه، حجم ریشه، طول شاخساره جدید، تعداد برگ جدید در نهال، شاخص تحمل شاخساره و شاخص تحمل ریشه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. بررسی تنش شوری نشان داد که روند کاهش شاخص‌های فوق با شوری یکسان نمی‌باشد. به‌عنوان مثال، وزن خشک برگ بیش‌تر از وزن خشک ساقه و یا شاخص تحمل شاخساره بیش‌تر از شاخص تحمل ریشه تحت‌تأثیر شوری کاهش یافت. از طرف دیگر، شدت کاهش این شاخص‌ها به‌شدت تحت‌تأثیر رقم بود و در رقم زرد در مقایسه با رقم میشن بیش‌تر بود که حاکی از تفاوت ژنتیکی این دو رقم بود. از بین شاخص‌های مختلف رشد، سطح برگ بیش‌ترین حساسیت و طول میان‌گره و محتوای نسبی آب برگ کم‌ترین حساسیت به شوری را نشان دادند. بنابراین چنین نتیجه‌گیری شد که رقم میشن در مقایسه با رقم زرد از تحمل بیش‌تری نسبت به تنش شوری برخوردار است و برای کشت و توسعه زیتون در مناطق با آب یا خاک شور مناسب‌تر از رقم زرد است. اطلاع از سازوکارهای تحمل به شوری در زیتون برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به شوری ضروری است. بنابراین برای پژوهش‌های آینده، شناسایی ژن‌های تحمل به شوری در رقم میشن و استفاده از این رقم در فرایند اصلاح سایر ارقام در راستای تحمل به شوری پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1.Aliniaifard, A., Tabatabai, S.J., and Hajiloo, J. 2009. Growth and physiological response of olive to antioxidants and salinity. J. Hort. Sci. 9: 275-284.

2.Aragues, R., Puy, J., and Isidoro, D. 2004. Vegetative growth response of young olive trees (*Olea europaea L., cv. Arbequina*) to soil salinity and waterlogging. Plant and Soil. 258: 69-80.

3.Aragues, R., Guillen, M., and Royo, A. 2010. Five-year growth and yield response of two olive cultivars (*Olea europaea L., cvs.Arbequina and Empeltre*) to soil salinity. Plant and Soil. 334: 423-432.

4.Emam, Y., and Zavareh, M. 2005. Drought tolerance in higher plants. Nashre daneshgahi Press, Tehran, First Edition, 187p. (In Persian)

5.Bartolini, G., Mazuelos, C., and Troncoso, A. 1992. Influence of Na_2SO_4 and NaCl salts on survival, growth and mineral composition of young olive plants in inert sand culture. Advance in Horticulure Science. 5: 73-76.

6.Ben-Ahmed, C., Ben Rouina, B., and Boukhris, M. 2008. Changes in water relations, photosynthetic activity and proline accumulation in one-year-old olive trees (*Olea europaea L. cv. Chemlali*) in response to NaCl salinity. Acta Physiology Plant. 30: 553-560.

7.Ben-Gal, A. 2011. Salinity and Olive: From physiological response to orchard management. Israel J. Plant Sci. 59: 15-28.

8.Bracci, T., Minnocci, A., and Sebastiani, L. 2008. In vitro olive (*Olea europaea* L.) cvs. Frantoio and Moraiolo microshoot tolerance to NaCl. Plant Biosystems. 142: 563-571.

9.Chartzoulakis, K. 2005. Salinity and olive: growth, salt tolerance, photosynthesis and yield. Agricultural Water Management. 78: 108-121.

10.Chartzoulakis, K., Loupassaki, M., and Bertaki, M. 2002. Effects of NaCl salinity on growth, ion content and CO_2 assimilation rate of six olive cultivars. Scientia Horticulturae. 96: 235-247.

11.Demiral, M.A. 2005. Comparative response of two olive cultivars to salinity. Turk. J. Agric. For. 29: 267-274.

12.Duran-Zuazo, V.H., Martinez-Raya, H., and Aguilar-Ruiz, J. 2003. Salt tolerance of mango rootstock (*Magnifera indica L. cv.Osteen*). Spanish J. Agric. Res. 1: 1. 67-78.

13.Fisarakis, I., Nikolaou, N., Tsikalas, P., Therios, I., and Stavrakas, D. 2004. Effect of salinity and rootstock on concentration of potassium, calcium, magnesium, phosphorus, and nitrate-nitrogen in thompson seedless grapevine. J. Plant Nutr. 12: 2117-2134.

14.Grieve, C.M., Grattan, S.R., and Mass, E.V. 2012. Plant Salt Tolerance, P 405-459. In: W.W. Wellender and K.K. Tanji (Eds.), ASCE Manual and Reports on Engineering Practice No.71. Agricultural Salinity Assesment and management (2^{nd} edition). ASCE, Reston, VA. Chapter 13.

15.Goreta, S., Bucevic-Popovic, V., Pavela-Vrancic, M., and Perica, S. 2007. Salinity-induced changes in growth, superoxide dismutase activity, and ion content of two olive cultivars. J. Plant Nutr. 170: 398-403.

16.Gucci, R., Lombardini, L., and Tattini, M. 1997. Analysis of leaf water relations in leaves of two olive (*Olea europaea*) cultivars differing in tolerance to salinity. Tree Physiology. 17: 13-21.

17.Hernandes, J.A., Olmos, E., Corpas, F.J., Sevilla, F., and del Rio, L.A. 1995. Saltinduced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. J. Plant Sci. 105: 151-167.

18.Hoagland, D.R., and Arnon, D.S. 1950. The water culture method for growing plants without soil. Calif. Agric. Exp. Stat. Circ. 374: 1-32.

19.Karimi, E., Abdolzadeh, A., and Sadeghipour, H.R. 2009. Increasing salt tolerance in Olive, *(Olea europaea* L.) plants by supplemental potassium nutrition involves changes in ion accumulation and anatomical attributes. Inter. J. Plant Prod. 3: 4. 49-60.

20. Kchaou, H., Larbi, A., Gargouri, K., Chaieb, M., and Masallem, M. 2010. Assesment of tolerance to NaCl salinity of five olive cultivars based on growth characteristics and Na and Cl exclusion mechanisms. Scientia Horticulture. 124: 306-315.
21. Khoshgoftarmanesh, A.H., and Naeini, M.R. 2008. Salinity Effect on Concentration, Uptake, and Relative Translocation of Mineral Nutrients in Four Olive Cultivars. J. Plant Nutr. 31: 1243-1256.
22. Klein, I., Ben-Tal, Y., Lavee, S., De Malach, Y., and David, I. 1994. Saline irrigation of cv. Manzanillo and Ouvo Di Piccione trees. Acta Hortic. Pp: 176-180.
23. Marin, L., Benlloch, M., and Fernandez-Escobar, R. 1995. Screening for olive cultivars for salt tolerance. Scientia Horticulture. 64: 113-116.
24. Matsumoto, K., Chun, J., Tamura, F., Kamamoto, Y., and Tanabe, K. 2006. Salt tolerance in *Pyrus* species is linked to levels of Na and Cl translocation from roots to leaves. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 75: 5. 385-391.
25. Melgar, J.C., Benlloch, M., and Femandez-Escobar, R. 2006. Calcium increases sodium exclusion in olive plants. Scientia Horticulture. 109: 303-305.
26. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell and Environment. 25: 239-250.
27. Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology. 59: 651-681.
28. Orei, M., Tabatabai, S.J., Falahi, A., and Imani, A. 2010. Effects of salinity and rootstock on photosynthesis, nutrients and sodium concentration in Almond. Hort. Sci. J. 23: 2. 120-131.
29. Parida, A.K., Das, A.B., and Mittra, B. 2004. Effects of salt on growth, Ion accumulation, photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove. Trees. 18: 167-174.
30. Perica, S., Goreta, S., and Selak, G.V. 2008. Growth, biomass allocation and leaf ion concentration of seven olive (*Olea europaea* L.) cultivars under increased salinity. Scientia Horticulture. 117: 123-129.
31. Pessrakli, M. 2011. Handbook of plant and crop stress. CRC press, New York, Pp: 3-54.
32. Ritchie, S.W., and Nguyen, H.T. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science. 30: 105-111.
33. Rugini, E., and Fedeli, E. 1990. Olive (*Olea europaea* L.) as an oilseed crop, P 563-641. In: Y.P.S. Bajaj (Ed.), Biotechnology in Agriculture and Forestry. Springer-Verlag, Berlin.
34. Szczerba, M.W., Britto, D.T., and Kronzucker, H.J. 2009. K+ transport in plants: physiology and molecular biology. J. Plant Physiol. 166: 447-466.
35. 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.
36. Tahammolkonan, M., and Golchin, A. 2011. Effect of Different Levels of Salinity Stress on Two Olive Cultivars. Advances in Environmental Biology. 5: 8. 2322-2325.
37. Tattini, M., Gucci, R., Coradeschi, M.A., Ponzio, C., and Edvard, J.D. 1995. Growth, gas exchange and ion content in Olea europaea plants during salinity stress and subsequent relief. Physiologia Plantarum. 95: 203-210.
38. Therios, I.N., and Misopolins, N.D. 1988. Genotypic responses to sodium chloride salinity of four major olive cultivar *(Olea europaea)*. Plant and Soil. 106: 105-111.
39. Vigo, C., Therios, I.N., and Bosabalidis, M. 2005. Plant growth, nutrient concentration, and leaf anatomy of olive plants irrigated with diluted seawater. J. Plant Nutr. 28: 1001-1021.
40. Yamasaki, S., and Dillenburg, L.C. 1999. Measurements of leaf relative water content in Araucaria angustifolia. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal. 11: 69-75.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 6(2), 2016
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Evaluation of salt tolerance in two olive rootstocks based on growth characteristics and regression analysis to salinity

M. Seilsepour[1], *A. Golchin[2] and M.R. Roozban[3]
[1]Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, University of Zanjan, [2]Professor, Dept. of Soil Science, University of Zanjan, [3]Assistant Prof., Dept. of Horticulture, College of Abourayhan, University of Tehran
Received: 05/09/2015; Accepted: 10/31/2015

Abstract
Background and Objectives: Salinity is one of the most important limiting factors for crops, because of most agronomic and horticultural crops being sensitive to salinity. On the other hand, considerable lands of the world were affected by salinity and they are increasing day by day. Salinity by increasing the osmotic pressure of soil solution, disrupt transpiration, photosynthesis and nutrients uptake by plant. Numerous studies have shown that tolerance to salinity in some fruit trees including olive trees can be increased by using salt-tolerant rootstocks. This study aimed to evaluate salinity tolerance, quantification of different olive organs in response to salinity and determination of plants growth sensevity to salinity in Zard and Mission olive rootstocks.
Materials and Methods: An experiment was conducted with five levels of irrigation water salinity (0, 4, 8, 12, 16 $dS.m^{-1}$) in soilless culture and greenhouse condition to evaluate the effects of salinity on growth parameters of two olive rootstocks.
Results: Data showed that salinity reduces significantly some growth parameters such as shoot dry weight, root dry weight, shoots dry weight to root dry weight and shoot elongation and reduction of all growth parameters by salinity in Zard rootstock were more than that of Mission. Shoot dry weight, leaf dry weight and root dry weight at 16 $dS.m^{-1}$ salinity treatments were decreased 80, 80 and 69 percent respectively compared to control. Data also demonstrated that among different growth parameters, leaf area had the most sensitivity to salinity and leaf relative water content (LRWC) had the lowest sensitivity to salinity. Based on the results, relative leaf area was decreased 25 percent at 2.3 and 5.0 $dS.m^{-1}$ salinity in Zard and Mission rootstock, respectively. Salinity status for 25 percent decrease of relative dry weight of these parameters were 2.8, 2.9 and 4.4 $dS.m^{-1}$ in Zard rootstock and 5.3, 6.1 and 6.9 $dS.m^{-1}$ in Mission rootstock respectively. Data analysis showed that there were a regression equation among salinity and some growth parameters such as relative leaf area, leaf number, leaf water content and leaf chlorophyll. Data showed that the slope of regression fit line in Zard rootstock was more negative than Mission rootstock. These results confirmed that some variables such as relative leaf area, leaf number, leaf water content and leaf chlorophyll content were more sensitive to salinity in Zard rootstock in compare to Mission rootstock. Data also showed that salinity status to for 25 percent decrees of relative leaf area, leaf number, leaf water content and leaf chlorophyll content in Mission rootstock were 5.06, 5.51, 20.39 and 11.5 and for Zard rootstock were 2.33, 2.81, 15 and 8.61 $dS.m^{-1}$ respectively. Data also indicated that 25 percent decrease in total relative dry matter were in 7.0 and 3.6 $dS.m^{-1}$ salinity in Zard and Mission rootstooks, respectively.
Conclusion: On the whole, evaluation of plant growth parameters and their sensitivity to salinity indicated that Mission rootstock had more tolerance to salinity and was recommendable to cultivation in salt affected soils.

Keywords: Olive, Regression, Salinity, Sensitivity, Tolerance

* Corresponding Authors; Email: agolchin@yahoo.com