



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵
صفحه‌های ۳۷۱-۳۵۹

اثرات تنش شوری بر وزن خشک و غلظت عناصر غذایی پرمصرف دو رقم زیتون

محسن سیلسپور^{۱*}، احمد گلچین^۲ و محمودرضا روزبان^۳

۱. دانشجوی دکتری شیمی و حاصلخیزی خاک، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان - ایران
۲. استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان - ایران
۳. استادیار گروه باغبانی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت - ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۷/۲۰

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۲/۲۸

چکیده

به منظور ارزیابی اثرات شوری بر رشد و غلظت عناصر غذایی پرمصرف در دو رقم زیتون، آزمایشی گلخانه‌ای با پنج سطح شوری در بستر کشت بدون خاک انجام شد. در این آزمایش، نهال‌های یک‌ساله ارقام زیتون زرد و میشن، به مدت ۵ ماه تحت ۵ سطح شوری صفر، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر ناشی از کلرور سدیم قرار گرفتند. تیمار شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، وزن خشک کل ارقام میشن و زرد را به ترتیب ۶۳ و ۸۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. کاهش ۲۵ درصدی عملکرد نسبی وزن خشک کل در رقم میشن و زرد به ترتیب در شوری‌های ۷ و ۳/۶ دسی‌زیمنس بر متر اتفاق افتاد. شوری باعث کاهش معنی‌داری در غلظت عناصر پرمصرف و افزایش معنی‌دار غلظت سدیم و کلر در ریشه و برگ هر دو رقم شد. شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، غلظت سدیم در برگ و ریشه را به ترتیب ۱۶۶۰ و ۶۷۹ درصد، و غلظت کلر در برگ و ریشه را به ترتیب ۱۰۶۹ و ۵۰۶ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. در کلیه سطوح شوری، غلظت سدیم و کلر در برگ‌های رقم زرد به طور معنی‌داری بیشتر از رقم میشن بود. این نتایج نشان می‌دهد که رقم میشن به واسطه استفاده از سازوکار تدافعی ایجاد محدودیت در جذب و انتقال سدیم به بخش‌های هوایی و نیز حفظ سطح مناسبی از پتاسیم در برگ، از تحمل به شوری بالاتری در مقایسه با رقم زرد برخوردار است و می‌توان از آن به عنوان یک رقم متحمل یاد کرد.

کلیدواژه‌ها: تحمل به شوری، زیتون، عناصر غذایی، ریشه، برگ

۱. مقدمه

شوری به دو شکل بر گیاهان تنش وارد می‌کند. اول، غلظت بالای نمک‌ها در خاک که جذب آب از طریق ریشه‌ها را سخت‌تر می‌کند و باعث اختلال در تعرق، فتوسنتز و جذب عناصر غذایی می‌شود، و دوم، غلظت بالای نمک‌ها در داخل گیاه که می‌تواند برای بافت‌ها سمی باشد [۸، ۲۵، ۲۷]. سازوکار اثر سمیت یونی ناشی از شوری نیز مربوط به جذب یون و تغییر فرایندهای فیزیولوژیک ناشی از سمیت، کمبود یا تغییر در تعادل عناصر معدنی است [۳۱، ۳۰، ۳۲]. زیتون گیاهی نیمه متحمل به شوری است و تا سطح ۱۵۰ میلی‌مول کلرور سدیم نیز به رشد خود ادامه می‌دهد، با این حال تفاوت تحمل به شوری در ارقام زیتون در منابع متعددی گزارش شده است [۸، ۹، ۲۶، ۴۳].

سازوکار تحمل به شوری در زیتون به کنترل انتقال یون‌های سدیم و کلر از ریشه به ساقه و اندام هوایی وابسته است و به نظر می‌رسد این سازوکار، مهم‌تر از سازوکار ممانعت از جذب یون‌های یاد شده توسط ریشه باشد [۸، ۱۰، ۲۳، ۲۶، ۳۶]. از طرف دیگر، جذب یون‌هایی نظیر سدیم، کلر و غلظت آن‌ها در اندام‌های گیاه زیتون کاملاً به رقم وابسته است [۹، ۲۳، ۳۵].

اثر شوری بر غلظت و جذب عناصر غذایی در درختان میوه، دارای پیچیدگی‌های خاصی است [۲، ۱۱]. نتایج اعمال سطوح مختلف شوری از صفر تا ۷۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلرور سدیم بر زیتون رقم مانزانیلا نشان داد که غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ کاهش و غلظت سدیم و کلر افزایش داشته است [۲۲، ۲۹]. همچنین، غلظت فسفر، نیتروژن و منیزیم در ریشه با افزایش شوری کاهش می‌یابد [۱۰، ۲۳، ۲۸]. در اثر تنش شوری، غلظت سدیم و کلر بافت‌های زیتون، افزایش و غلظت یون‌های پتاسیم، کلسیم، منیزیم و نسبت پتاسیم به

سدیم در تمام بخش‌های گیاه کاهش می‌یابد [۸، ۹، ۱۰، ۲۳، ۳۵].

تجمع یون‌های سدیم و کلر در ارقام حساس، بیشتر از ارقام مقاوم است [۷، ۸، ۲۳]. همچنین، تجمع این عناصر در بخش‌های تحتانی گیاه مثل ریشه بیشتر از اندام‌های هوایی است [۸، ۱۴، ۴۲]. نتایج تحقیقات انجام شده در این رابطه، غلظت کمتر یون‌های کلر و سدیم در زیتون رقم نابالی را در مقایسه با رقم فرانتوئی نشان داده است [۴] و در پژوهش دیگری، مقایسه دو رقم زرد و روغنی نشان داده که رقم زرد میزان سدیم بیشتری در مقایسه با رقم روغنی جذب کرده است [۲۸].

هدف از انجام پژوهش حاضر، ارزیابی اثرات تنش شوری ناشی از کلرور سدیم بر وزن خشک و غلظت عناصر غذایی پر مصرف در کنار غلظت‌های سدیم و کلر در برگ و ریشه دو رقم زیتون میشن زرد و ارزیابی تحمل به شوری این دو رقم بر اساس میزان جذب و غلظت عناصر غذایی پر مصرف، سدیم و کلر بود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، اثرات سطوح مختلف شوری ناشی از کلرید سدیم بر وزن خشک و محتوای عناصر غذایی موجود بر برگ و ریشه ارقام زرد و میشن زیتون در گلخانه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران با متوسط دمای حداقل و حداکثر ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد مطالعه گردید. میشن رقمی است که در سده ۱۸ میلادی در کالیفرنیا توسعه پیدا کرد. این رقم، دو منظوره (کنسروی و روغنی)، خودگشن با میزان روغن بالا و مقاوم به سرما می‌باشد. زرد نیز همچون میشن، رقمی دو منظوره و یکی از ارقام عمده زیتون ایران می‌باشد که بیشترین سطح باغات زیتون شمال کشور را به خود اختصاص داده است [۳].

چهار تکرار اجرا شد. اعمال تیمارهای شوری به مدت ۱۵۰ روز ادامه داشت [۱۶] 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 گردید. هر کدام از بافت‌های فوق دو بار با آب معمولی و یکبار با آب مقطر شسته شد و در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک گردید.

وزن خشک کل از مجموع وزن خشک شاخساره جدید، برگ جدید و ریشه به دست آمد. اندام‌های گیاهی به تفکیک ریشه و برگ جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، سدیم و کلر آماده شدند. نیتروژن با استفاده از روش کج‌لدال، فسفر با روش کالریتری (رنگ زرد مولیبدات و انادات) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، سدیم و پتاسیم به کمک دستگاه فلیم فوتومتر و با استفاده از روش نشر شعله‌ای و کلر به روش تیتراسیون توسط نیترات نقره در مجاورت معرف دی کرومات پتاسیم انجام شد [۱].

پیش از انجام تجزیه واریانس روی داده‌ها، ابتدا از نرمال بودن توزیع آنها اطمینان حاصل گردید و سپس، تجزیه واریانس آنها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC انجام شد. میانگین تیمارها نیز با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفت. بین صفات عملکرد نسبی ماده خشک کل به عنوان متغیر وابسته (Y) با شوری به عنوان متغیر مستقل (X)، با استفاده از نرم‌افزار Excel، یک رابطه رگرسیونی برازش گردید.

نتایج

خلاصه نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در جدول ۱ نشان داده شده است. از نظر وزن خشک کل نهال و غلظت‌های سدیم، کلر و عناصر غذایی پرمصرف غیر از فسفر و پتاسیم ریشه، بین ارقام مورد بررسی در سطح یک

در این تحقیق، نهال‌های یک‌ساله ریشه‌دار شده ارقام یاد شده که از نظر ارتفاع و سایر ویژگی‌های ظاهری همگن بودند از گلخانه تکثیر و تولید نهال‌های شناسنامه‌دار زیتون تحت نظارت فنی معاونت باغبانی وزارت جهاد کشاورزی در شهرستان ساوه تهیه گردیدند. قبل از انتقال نهال‌ها به محیط کشت پرلیت (مخلوط پرلیت پودری و متوسط 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 ۱۰ لیتری حاوی پرلیت، آبیاری گلدان‌ها با محلول غذایی با نصف قدرت یونی محلول هوگلدن صورت گرفت [۱۵]. برای ساخت محلول غذایی هوگلدن، از ترکیبات شیمیایی پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات، نیترات پتاسیم، نیترات کلسیم و سولفات منیزیم در محلول پایه شماره یک و ترکیبات آمونیوم دی‌هیدروژن فسفات، نیترات پتاسیم، نیترات کلسیم، اسید بوریک، کلرید منگنز، سولفات روی، سولفات مس، اسید مولیبدیک و کلات آهن در محلول پایه شماره دو استفاده شد.

نهال‌ها به مدت دو ماه بدون اعمال تیمارهای شوری، آبیاری شدند و با محلول غذایی هوگلدن تغذیه شدند تا کاملاً در گلدان‌ها مستقر گردیدند. اعمال تیمارهای شوری شامل شوری‌های صفر، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر از طریق انحلال مقادیر متناسب کلرور سدیم (به ترتیب ۲/۶، ۵/۲، ۷/۸، ۱۰/۴ گرم کلرورسیریم در لیتر برای شوری‌های ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) در محلول غذایی هوگلدن با نصف قدرت یونی اعمال گردید. آبیاری گلدان‌ها هر دو روز یکبار به گونه‌ای انجام می‌شد که ۲۰ درصد آب آبیاری جهت شستشوی املاح از طریق زهکش خارج شود تا سطح شوری بستر داخل گلدان ثابت بماند. آزمایش این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ ترکیب تیماری و

درصد تفاوت معنی داری وجود داشت. اثر شوری نیز بر غلظت تمامی عناصر ذکر شده غیر از فسفر ریشه در سطح یک درصد معنی دار بود. اثر متقابل رقم و شوری در مورد غلظت سدیم، فسفر و کلسیم و کلر برگ و غلظت سدیم، کلر، نیتروژن، فسفر و منیزیم ریشه در سطح یک درصد آماری معنی دار بود.

جدول ۱. تجزیه واریانس وزن خشک کل، غلظت سدیم، کلر و عناصر غذایی پرمصرف در برگ و ریشه ارقام زیتون

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک کل	سدیم برگ	سدیم ریشه	کلر برگ	کلر ریشه	نیتروژن برگ	نیتروژن ریشه	فسفر برگ	فسفر ریشه
تکرار	۳	۱/۰	۰/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۱۶	۰/۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳
رقم	۴	**۷۵/۲۴	**۲/۷۶	**۰/۳۳	**۱/۱۰	**۰/۸۳	**۰/۶۷	**۰/۷۸	**۰/۳۸	۰/۰۰
شوری	۴	**۹۰/۴۷	**۳/۶۳	**۵/۰۲	**۲/۲۵	**۲/۹۲	**۰/۹۵	**۰/۳۸	**۰/۷۳	**۰/۰۱۵
رقم × شوری	۱۶	**۳/۰۸	**۰/۲۵	*۰/۰۵	**۰/۰۸	**۰/۰۶	۰/۰۱	*۰/۰۷	**۰/۰۰۵	۰/۰۰
اشتباه آزمایشی	۷۲	۱/۷	۰/۰۰۶	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۴۱	۰/۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱

** به معنی وجود تفاوت آماری معنی دار در سطح یک درصد است.

ادامه جدول ۱. تجزیه واریانس وزن خشک کل، غلظت سدیم، کلر و عناصر غذایی پرمصرف در برگ و ریشه ارقام زیتون

منابع تغییرات	درجه آزادی	پتاسیم برگ	پتاسیم ریشه	کلسیم برگ	کلسیم ریشه	منیزیم برگ	منیزیم ریشه
تکرار	۳	۰/۱۱	۰/۰۰۷	۰/۰۴	۰/۰۱۶	۰/۰	۰/۰۱
رقم	۴	۰/۰۹	۰/۰۳۴	۰/۳۶**	۰/۰۹	۰/۰۵**	۰/۰۷**
شوری	۴	۵/۴۴**	۰/۹۴**	۱/۴۳**	۲/۲۷**	۰/۲۱**	۰/۳۲**
رقم × شوری	۱۶	۰/۰۴	۰/۰۲۸	۰/۰۵**	۰/۰۵	۰/۰	۰/۰۱**
اشتباه آزمایشی	۷۲	۰/۰۶	۰/۰۳۳	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰	۰/۰

** به معنی وجود تفاوت آماری معنی دار در سطح یک درصد است.

جدول ۲. اثر شوری بر غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در بافت خشک برگ و ریشه ارقام زیتون

شوری (dS/m ⁻¹)	نیتروژن برگ (% DW)	پتاسیم برگ (% DW)	منیزیم برگ (% DW)	فسفر ریشه (% DW)	پتاسیم ریشه (% DW)	کلسیم ریشه (% DW)
۰	۲/۶a	۳/۵۴a	۰/۵۰a	۰/۱۸a	۱/۳۵a	۲/۰۹a
۴	۲/۳b	۲/۹۵b	۰/۴۱b	۰/۱۴b	۱/۰۰b	۱/۶۶b
۸	۲/۱bc	۲/۶۵c	۰/۲۹c	۰/۱۲bc	۰/۸۲bc	۱/۳۱c
۱۲	۱/۹c	۱/۹۵d	۰/۱۵d	۰/۱۰cd	۰/۶۵c	۱/۰۵c
۱۶	۱/۶d	۱/۴۵e	۰/۱۲d	۰/۰۷e	۰/۴۵d	۰/۷۱d

در هر ستون، اعدادی که حروف انگلیسی مشابه دارند، تفاوت معنی دار آماری با یکدیگر ندارند.

اثرات تنش شوری بر وزن خشک و غلظت عناصر غذایی پرمصرف دو رقم زیتون

جدول ۳. اثر متقابل شوری و رقم بر وزن خشک کل، سدیم، کلر، نیتروژن، فسفر، کلسیم و منیزیم در بافت خشک ریشه و برگ ارقام زیتون

رقم	شوری (dS/m ⁻¹)	وزن خشک کل (gr)	سدیم برگ (% DW)	سدیم ریشه (% DW)	کلر برگ (% DW)	کلر ریشه (% DW)	نیتروژن ریشه (% DW)	فسفر برگ (% DW)	کلسیم برگ (% DW)	منیزیم ریشه (% DW)
	۰	۱۱/۵۹a	۰/۱۱g	۰/۳۳f	۰/۱۳g	۰/۳۱f	۱/۸۶a	۰/۳۳a	۱/۵۰a	۰/۶۱ab
	۴	۱۱/۲۸a	۰/۳۸f	۰/۹۳e	۰/۵۱f	۰/۸۱e	۱/۷۷ab	۰/۳۱ab	۱/۲۸b	۰/۵۲bc
میشن	۸	۸/۷۱bc	۰/۷۲e	۱/۴۶d	۰/۷۷e	۱/۱۲d	۱/۷۰abc	۰/۲۸b	۰/۸۳c	۰/۴۵c
	۱۲	۵/۲۲d	۱/۱۲d	۱/۸۵c	۱/۰۵d	۱/۴۷c	۱/۶۵abc	۰/۱۷c	۰/۶۸c	۰/۳۰d
	۱۶	۴/۱۸d	۱/۳۲c	۲/۱b	۱/۲۴c	۱/۶۶b	۱/۵۳cd	۰/۱۳cd	۰/۴۷d	۰/۲۲de
	۰	۱۰/۴۰ab	۰/۱۰g	۰/۲۶f	۰/۱۴g	۰/۳۱f	۱/۸۱ab	۰/۳۱ab	۱/۴۵a	۰/۶۴a
	۴	۷/۱۱c	۰/۷۵e	۱/۰۹e	۰/۸۵e	۱/۲۰d	۱/۵۸abcd	۰/۲۸b	۰/۸۰c	۰/۵۲d
زرد	۸	۴/۹۲d	۱/۳۳c	۱/۶۳d	۱/۱۹b	۰/۵۱c	۱/۴۱d	۰/۱۴cd	۰/۷۵c	۰/۳۰ef
	۱۲	۳/۲۸de	۱/۹۰b	۲/۱۸b	۱/۳۸c	۱/۷۲b	۱/۳۵d	۰/۱۰de	۰/۵۰d	۰/۱۲f
	۱۶	۱/۵۶e	۲/۲۰a	۲/۴۲a	۱/۸۰a	۲/۱۰a	۰/۹۶e	۰/۰۸e	۰/۳۰e	۰/۰۹f

در هر ستون، اعدادی که حروف انگلیسی مشابه دارند، تفاوت معنی‌دار آماری با یکدیگر ندارند.

اثر سطوح مختلف شوری و رقم بر وزن خشک کل

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش، شوری، رقم و اثر متقابل آنها بر وزن ماده خشک کل در سطح یک درصد آماری معنی‌دار بود. در کلیه سطوح شوری، رقم زرد وزن خشک کمتری نسبت به رقم میشن داشت (جدول ۱). در اثر اعمال شوری به میزان ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، وزن خشک کل در رقم زرد از ۷/۱۱ گرم به ۱/۵۶ گرم در نهال (۸۵ درصد کاهش) و در رقم میشن از ۱۱/۵۹ گرم به ۴/۱۸ گرم در نهال (۶۳ درصد کاهش) رسید (جدول ۳). صفت وزن خشک کل گیاه با سطوح شوری رابطه رگرسیونی داشت که از مدل خطی پیروی می‌کرد (رابطه‌های ۱ و ۲). تغییرات عملکرد نسبی ماده خشک کل (Y) با سطح شوری (X) در رقم زرد از رابطه ۱ و در رقم میشن از رابطه ۲ پیروی می‌کرد:

$$Y = -5.17X + 93.8 \quad R^2 = 0.94 \quad \text{رابطه ۱}$$

$$Y = -4.50X + 106.7 \quad R^2 = 0.97 \quad \text{رابطه ۲}$$

همانطور که رابطه‌ها نشان می‌دهند شیب خط برازش در رقم زرد منفی‌تر از رقم میشن بود که دلالت بر کاهش بیشتر عملکرد نسبی وزن خشک کل گیاه به موازات شوری در این رقم بود. کاهش ۲۵ درصدی عملکرد نسبی وزن خشک کل در ارقام میشن و زرد به ترتیب در شوری‌های ۷ و ۳/۶۳ دسی‌زیمنس اتفاق افتاد که این پدیده از حساسیت بیشتر رقم زرد نسبت به شوری حکایت دارد. کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه‌ها در اثر تنش خشکی در پژوهش‌های دیگری نیز گزارش شده است. در تحقیقی، اثر سه سطح شوری ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، روی رشد دو وارسته روغنی و کورونایکی مطالعه شد. تنش شوری باعث کاهش وزن خشک اندام‌های گیاهی هر دو رقم می‌شود، ضمن آن که

جذب بیشتر سدیم و کلر توسط رقم این رقم می‌باشد (جدول ۳). تفاوت ژنتیکی ارقام زیتون در جذب سدیم و کلر قبلاً نیز گزارش شده است [۸]. در سایر مطالعات نیز افزایش غلظت سدیم و کلر در برگ و ریشه ارقام زیتون تحت تیمارهای شوری به اثبات رسیده است [۱۷]. افزایش غلظت کلر در ریشه به دلیل کاهش جذب کلسیم ناشی از افزایش نفوذپذیری غشای سلولی می‌باشد [۱۳، ۱۸، ۱۹، ۲۵، ۳۰].

ارتباط بین شوری و غلظت عناصر غذایی در محصولات باغی بسیار پیچیده است [۲]. این پیچیدگی به دلیل اثرات شوری بر قابلیت دسترسی، رقابت در جذب و انتقال، یا توزیع عناصر غذایی در داخل گیاه می‌باشد [۱۳]. از طرف دیگر، تحمل نسبی ارقام زیتون نسبت به شوری، به پتانسیل رقم نسبت به کاهش انتقال یون‌های کلر و سدیم از ریشه به اندام هوایی وابسته است و می‌تواند به عنوان شاخصی برای تحمل به شوری به کار رود [۸، ۹، ۳۶، ۳۷]. اثر این مکانیسم در رقم میشن کاملاً مشخص است که در کلیه سطوح شوری، غلظت کمتری از سدیم و کلر را در برگ، در مقایسه با رقم زرد حفظ نموده است (جدول ۳).

اثر سطوح مختلف شوری بر غلظت نیتروژن برگ و ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان می‌دهد که شوری و رقم بر غلظت نیتروژن برگ معنی‌دار داشتند (جدول ۱). بر این اساس، دو رقم میشن و زرد از نظر غلظت نیتروژن برگ با هم اختلاف معنی‌دار آماری داشتند و غلظت نیتروژن در برگ‌های رقم میشن بیشتر از رقم زرد بود. به نظر می‌رسد که این مهم به پتانسیل ژنتیکی ارقام در جذب نیتروژن مرتبط باشد (۲/۲۵ درصد در رقم میشن در مقایسه با ۲ درصد برای رقم زرد). از طرف دیگر، شوری

رقم حساس روغنی در سطوح بالای تنش شوری، کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه بیشتری در مقایسه با رقم کرونایکی داشت [۴۱]. نتایج پژوهش دیگری در خصوص اثر سه سطح شوری صفر، ۴۰ و ۸۰ میلی‌مول کلرور سدیم روی زیتون رقم زرد نشان داد که وزن خشک ساقه، برگ و ریشه تحت تیمارهای شوری کاهش معنی‌داری دارند [۱۶]. نتیجه مشابهی روی ارقام زیتون ارقام لچینو و بارنا نیز گزارش شده است [۱۰]، همچنین، کاهش رشد ارقام چاکلیدی، مانزانایلا و چوندرولیا توسط شوری‌هایی با منبع آب دریا با به اثبات رسیده است [۴۴].

کاهش رشد ارقام زیتون در اثر شوری عمدتاً به دلیل کاهش جذب آب ناشی از منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی محیط ریشه در اثر شوری،^(۲) کاهش جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن و پتاسیم، تخریب کلروفیل و^(۳) اثر سمیت یون‌های کلر و سدیم و بر هم زدن تعادل عناصر غذایی در گیاه می‌باشد که توسط سایر پژوهشگران نیز به اثبات رسیده است [۶، ۸، ۳۸].

اثر سطوح مختلف شوری بر غلظت سدیم و کلر برگ و ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که شوری، رقم و اثر متقابل آنها بر غلظت سدیم و کلر برگ و ریشه معنی‌دار است. مقایسه غلظت سدیم و کلر برگ دو رقم میشن و زرد نیز نشان داد که در کلیه سطوح شوری، غلظت سدیم برگ رقم زرد بیشتر از رقم میشن است و با افزایش شوری، این اختلاف بیشتر می‌شود (جدول ۱). این پدیده نشان از انتقال مقادیر بیشتری سدیم و کلر از ریشه‌ها به برگ‌ها در رقم زرد دارد. چنین روندی در خصوص غلظت سدیم و کلر در ریشه نیز مشاهده شد، به گونه‌ای که در کلیه سطوح شوری، میانگین غلظت سدیم و کلر در ریشه‌های رقم زرد بیشتر از رقم میشن بود که نشان‌دهنده

اثر سطوح مختلف شوری بر غلظت فسفر برگ و

ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش (جدول ۱) نشان داد که غلظت فسفر در ریشه تنها تحت تأثیر شوری، و غلظت فسفر در برگ، تحت تأثیر شوری، رقم و اثر متقابل رقم و شوری قرار می‌گیرد. در این آزمایش، غلظت فسفر در ریشه تحت تأثیر سطوح شوری به طور معنی‌داری کاهش یافت، به گونه‌ای که غلظت فسفر ریشه در تیمار ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر شوری نسبت به تیمار شاهد، ۶۱ درصد کاهش نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین غلظت فسفر در بافت‌های برگ ارقام زیتون در سطوح مختلف شوری نشان داد که در شوری‌های بالای ۴ دسی‌زیمنس بر متر، میانگین غلظت فسفر در برگ رقم میشن نسبت به رقم زرد بیشتر است (جدول ۳).

به عقیده پژوهشگران، اثرات متقابل بین شوری و فسفر نیز در گیاهان پیچیده است [۲]. این اثرات متقابل به شدت به گونه یا رقم گیاه، مرحله نمو گیاه، ترکیب و سطوح شوری و غلظت فسفر در محیط رشد بستگی دارد. بنابراین با توجه به نوع گیاه و شرایط آزمایش، نتایج متفاوتی را می‌توان انتظار داشت [۱۱]. در اکثر موارد، شوری باعث کاهش غلظت فسفر در بافت‌های گیاهی شده است. یکی از دلایل کاهش جذب فسفر در شرایط شور، قدرت یونی محلول و کاهش فعالیت یون فسفات می‌باشد، از طرف دیگر رقابت یون کلر با یون فسفات در فرایند جذب ریشه‌ای از دیگر دلایل کاهش جذب فسفر در اثر شوری می‌باشد [۱۲].

اثر سطوح مختلف شوری بر غلظت پتاسیم برگ و

ریشه

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌های آزمایش (جدول ۱)، تنها اثر سطوح مختلف شوری بر غلظت

باعث کاهش معنی‌دار غلظت نیتروژن در برگ شد، به گونه‌ای که غلظت نیتروژن برگ در تیمار ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر شوری در مقایسه با تیمار شاهد، ۴۳ درصد کاهش معنی‌دار داشت (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر شوری، اثر رقم، و اثر متقابل رقم و شوری بر غلظت نیتروژن ریشه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه غلظت نیتروژن ریشه در دو رقم میشن و زرد نشان داد که در کلیه سطوح شوری، میانگین غلظت نیتروژن ریشه رقم میشن بیشتر از رقم زرد است، اما از نظر آماری تفاوت غلظت نیتروژن ریشه دو رقم تنها از سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر، شروع و تا سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر ادامه داشت (جدول ۳).

نتایج پژوهش حاضر، دلالت بر کاهش غلظت نیتروژن در برگ‌ها و ریشه‌های زیتون در اثر شوری داشت که با نتایج تحقیقات سایر پژوهشگران مبنی بر کاهش غلظت نیتروژن کل و نترات برگ تحت تأثیر شوری مطابقت داشت [۳۸، ۳۹]. اصولاً کاهش غلظت نیتروژن کل برگ در نتیجه کاهش غلظت نترات در برگ می‌باشد. کاهش غلظت نترات در برگ نیز به دلیل رقابت این یون در جذب توسط یون کلر می‌باشد که از جذب یون نترات ممانعت می‌کند [۳۳]. در بسیاری از تحقیقات آزمایشگاهی و گلخانه‌ای، کاهش غلظت نیتروژن در بافت‌های گیاهی به دلیل تنش شوری گزارش شده است [۱۱]. شوری همراه با کاهش تولید ماده خشک، جذب نیتروژن را نیز کاهش می‌دهد [۲۰]. این کاهش می‌تواند ناشی از اثر آنتاگونیسمی یون کلر در جذب نترات، کاهش متابولیسم نیتروژن در اثر کاهش فعالیت آنزیم نترات ردوکتاز در برگ و کاهش مصرف آب به دلیل کاهش جذب آب توسط ریشه گیاه باشد [۳۷].

غلظت کلسیم برگ رقم زرد، کم تر از رقم میشن بود (جدول ۲). اعمال شوری به میزان ۱۶ دسی زیمنس در محیط رشد باعث شد که میانگین غلظت کلسیم در برگ رقم میشن و زرد به ترتیب به ترتیب ۶۸/۶ و ۷۹/۳ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌دار داشته باشند که این امر نشان از کاهش بیشتر غلظت کلسیم در برگ رقم زرد در اثر شوری دارد (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش در مورد غلظت منیزیم ریشه نشان داد که رقم، شوری و اثر متقابل رقم و شوری، و در مورد غلظت منیزیم برگ، تنها اثر رقم و شوری معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه غلظت منیزیم در برگ‌های دو رقم زیتون مورد مطالعه نیز نشان داد که برگ‌های رقم میشن به طور معنی‌داری از منیزیم بیشتری نسبت به زرد برخوردار بودند (۰/۳۳ درصد برای رقم میشن و ۰/۲۶ درصد برای رقم زرد). شوری باعث کاهش غلظت منیزیم در برگ شد، به گونه‌ای که اعمال شوری ۱۶ دسی‌زیمنس در محیط رشد، غلظت منیزیم در برگ را ۷۶ درصد کاهش معنی‌دار داد (جدول ۲).

اثر متقابل رقم و شوری بر غلظت منیزیم ریشه نیز معنی‌دار بود. در کلیه سطوح شوری، میانگین غلظت منیزیم ریشه‌های رقم زرد، کمتر از رقم میشن بود (جدول ۲). اعمال شوری به میزان ۱۶ دسی‌زیمنس در محیط رشد باعث شد که میانگین غلظت منیزیم ریشه رقم میشن و زرد به ترتیب ۶۴ و ۸۶ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌دار داشته باشند که نشان‌دهنده کاهش بیشتر غلظت منیزیم ریشه رقم زرد در اثر شوری بود (جدول ۳).

نتایج به دست آمده از این پژوهش با نتایج پژوهش‌های انجام شده توسط سایر پژوهشگران مطابقت داشت. شوری باعث کاهش غلظت کلسیم و منیزیم در ریشه و برگ دو رقم زیتون 'بارنثا' و 'لچینو' نیز شده بود. اعمال شوری به میزان ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در محیط

پتاسیم ریشه و برگ معنی‌دار بود. شوری باعث کاهش معنی‌دار غلظت پتاسیم در ریشه‌ها و برگ‌های زیتون شد، به گونه‌ای که غلظت پتاسیم در برگ از ۳/۵۴ درصد در تیمار شاهد به ۱/۴۵ درصد در تیمار ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر رسید که موید ۵۹ درصد کاهش بود. در برگ نیز غلظت پتاسیم از ۱/۳۵ درصد در تیمار شاهد به ۰/۴۵ درصد در تیمار شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر رسید که موید ۶۶ درصد کاهش بود (جدول ۲).

نتایج بدست آمده از این پژوهش همچنین از کاهش معنی‌دار غلظت پتاسیم در بافت‌های ریشه زیتون حکایت داشت. تحقیقات پژوهشگران نشان داده است که شوری باعث کاهش جذب پتاسیم توسط ریشه و کاهش غلظت پتاسیم در برگ‌های زیتون می‌شود [۱۷، ۳۹]. از طرف دیگر، در بسیاری از محصولات باغی، غلظت پتاسیم در بافت‌های گیاهی با افزایش شوری محیط ریشه، کاهش می‌یابد [۱۳]. کاهش غلظت پتاسیم بافت‌های گیاهی می‌تواند به دلیل رقابت آن با سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌های غشاء پلاسمایی و یا نشت پتاسیم به دلیل عدم ثبات غشاء پلاسمایی باشد [۸، ۱۷].

اثر سطوح مختلف شوری بر غلظت کلسیم و منیزیم برگ و ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش در مورد غلظت کلسیم ریشه نشان داد که تنها اثر شوری، و در مورد غلظت کلسیم در برگ، اثر رقم، شوری و اثر متقابل رقم و شوری معنی‌دار بود (جدول ۱). شوری باعث کاهش معنی‌دار غلظت کلسیم در ریشه گردید، به گونه‌ای که اعمال شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش ۶۶ درصدی غلظت کلسیم ریشه شد (جدول ۲).

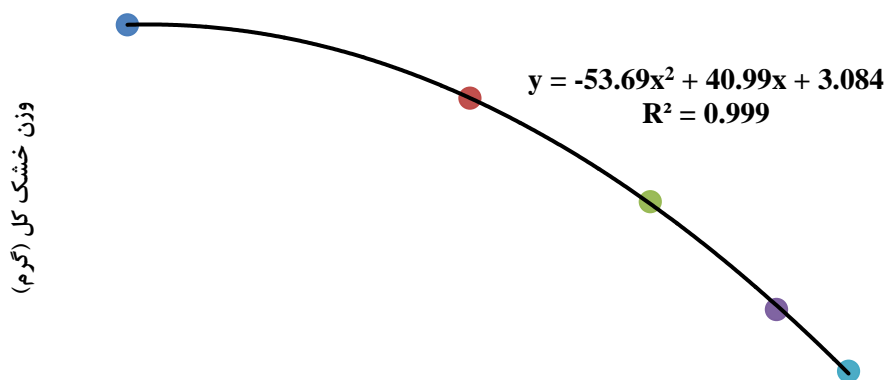
اثر متقابل رقم و شوری بر غلظت کلسیم برگ نیز معنی‌دار بود. بطوریکه در کلیه سطوح شوری، میانگین

نسبت کلر برگ به ریشه (شکل ۲)، بدست آمد. وجود همبستگی منفی بین وزن خشک کل گیاه با نسبت سدیم برگ به ریشه با ضریب تبیین ۰/۹۹ حکایت از آن دارد که تجمع سدیم در برگ در اثر شوری منجر به برهم خوردن تعادل عناصر غذایی، کاهش جذب کاتیون‌ها از جمله پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ می‌گردد و نهایتاً باعث کاهش ماده خشک تولیدی می‌شود (شکل ۱).

همبستگی منفی بین وزن خشک کل گیاه با نسبت کلر برگ به ریشه نیز با ضریب تبیین ۰/۹۹ نشان می‌دهد که انتقال و تجمع کلر در برگ در اثر شوری منجر به برهم خوردن تعادل عناصر غذایی و کاهش جذب نیترات برگ می‌گردد و نهایتاً باعث کاهش ماده خشک تولیدی می‌شود (شکل ۲).

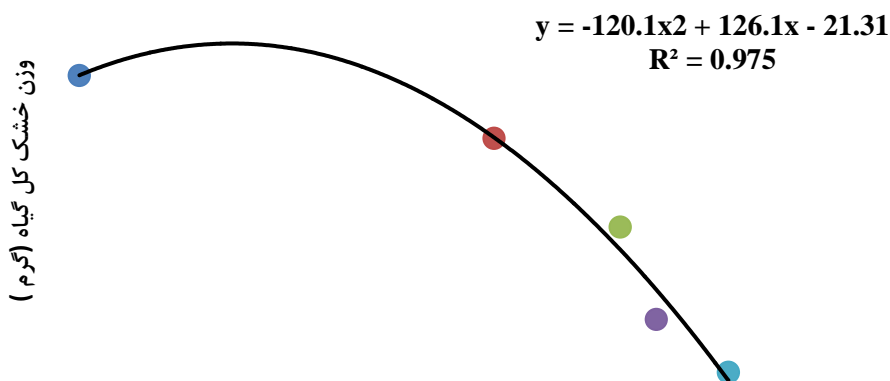
رشد باعث شد که میانگین غلظت کلسیم در برگ ارقام زیتون 'لچینو' و 'بارنئا' به ترتیب ۲۳ و ۲۵ درصد کاهش نشان دهد. همچنین کاهش غلظت کلسیم در ریشه‌های این دو رقم در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۲۸ و ۳۴ درصد بود. چنین روندی در خصوص غلظت منیزیم در برگ و ریشه این دو رقم نیز مشاهده شد [۹]. به نظر می‌رسد مهمترین علت کاهش غلظت کلسیم و منیزیم در ریشه و برگ زیتون در اثر شوری، رقابت یون سدیم با یون‌های کلسیم و منیزیم در جذب باشد [۸، ۹، ۱۹].

همبستگی وزن خشک کل با نسبت غلظت سدیم برگ به ریشه و غلظت کلر برگ به ریشه
در این آزمایش، همبستگی‌های معنی‌داری بین وزن خشک اندام هوایی با نسبت سدیم برگ به ریشه (شکل ۱)، و



نسبت غلظت سدیم برگ به ریشه

شکل ۱. رابطه وزن خشک اندام هوایی زیتون (Y) با نسبت سدیم برگ به ریشه (X)



نسبت غلظت کلر برگ به ریشه

شکل ۲. رابطه وزن خشک اندام هوایی زیتون (Y) با نسبت کلر برگ به ریشه (X)

نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر در مجموع نشان داد که شوری ناشی از کلرور سدیم به افزایش غلظت سدیم و کلر و کاهش غلظت پتاسیم، فسفر، نیتروژن، کلسیم و منیزیم در بافت‌های ریشه و برگ زیتون منجر می‌شود. نتایج هم چنین نشان داد که افزایش غلظت کلر و سدیم، و کاهش عناصر غذایی در ریشه‌ها و برگ‌های رقم بیشتر از رقم میشن است که موید حساسیت بیشتر رقم زرد نسبت به شوری بود. در واقع کاهش رشد در اثر شوری، به دلیل از بین رفتن تعادل عناصر غذایی و کاهش جذب عناصر غذایی مثل نیتروژن، فسفر و پتاسیم، کلسیم و منیزیم بوده است که توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است [۲۰]. از طرف دیگر، در تمام سطوح شوری، رقم زرد میزان ماده خشک کمتری در مقایسه با رقم میشن تولید نمود که به اثر سمیت یون‌های کلر و سدیم، باز می‌گشتند. نتایج این پژوهش نشان داد که رشد کمتر رقم زرد در مقایسه با رقم میشن عمدتاً به دلیل تجمع بالاتر عناصر

سدیم و کلر در برگ‌های آن می‌باشد که این موضوع نیز به دلیل انتقال بیشتر این یون از ریشه به برگ است [۲۴، ۳۳]. غلظت‌های بالای سدیم و به ویژه کلر، و کاهش غلظت عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ‌ها می‌تواند باعث بر هم خوردن تعادل بین کاتیون‌ها و آنیون‌ها شود و در نتیجه رشد گیاه را کاهش یا با اختلال مواجه کند [۲۰]. نتایج تحقیقات صورت گرفته توسط پژوهشگران نشان می‌دهد که تحمل به شوری در گونه‌های گلایکوفیت به توانایی آن رقم در محدود کردن جذب و انتقال یون‌های سدیم و کلر از ریشه به برگ دارد [۳۲]. بنابراین بر اساس شواهد به دست آمده از این آزمایش، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که رقم زرد نسبت به شوری حساس تر از رقم میشمنی- باشد و برای کشت و کار در نواحی شور، مناسب نیست.

منابع

۱. امامی ع (۱۳۷۵) روش‌های تجزیه گیاه. جلد اول. شماره ۹۸۲. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج. ایران.

- Salinity tolerance of Cleopatra mandarin and carrizo citrange citrus rootstock seedlings is affected by CO₂ enrichment during growth. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 131: 24- 31.
12. Grattan SR (2002) Irrigation water salinity and crop production. University of California. ANR Publication. 8066.
13. Grattan SR and Grieve CM (1999) Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*. 78: 127-157.
14. Gucci R Lombardini L and Tattini M (1997) Analysis of leaf water relations in leaves of two olive (*Olea europaea* L) cultivars differing in tolerance to salinity. *Tree Physiology* 17: 13-21.
15. Hoagland DR and Arnon DS (1950) The water culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment. Station Publications. 374: 1-32.
16. Karimi E Abdolzadeh A and Sadeghipour HR (2009) Increasing salt tolerance in Olive, *Olea europaea* L. plants by supplemental potassium nutrition involves changes in ion accumulation and anatomical attributes. *International Journal of Plant Production* 3(4): 1735-6814
17. Kchaou H Larbi A Gargouri K Chaieb M and Masallem M (2010) Assessment of tolerance to NaCl salinity of five olive cultivars based on growth characteristics and Na and Cl exclusion mechanisms. *Scientia Horticulture*. 124: 306-315.
18. Khoshgoftarmanesh AH and Siadat H (2002) Mineral nutrition of vegetables and horticultural crops in saline conditions. Education and Publishing Center of Agriculture.
19. Khoshgoftarmanesh AH Shariatmadari H Karimian N, Kalbasi M and Khajepour MR (2004) Zinc efficiency of wheat cultivars grown on a saline calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition* 27: 1953-1962.
۲. اورعی م، طباطبایی س ج، فلاحی ا و ایمانی ع (۱۳۸۸) اثرات تنش شوری و پایه بر رشد، شدت فتوسنتز غلظت عناصر غذایی و سدیم درخت بادام. *علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)*. ۲۳(۲): ۱۴۰-۱۳۱.
۳. صادقی ح (۱۳۸۹) مدیریت باغ‌های زیتون. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ساری. ایران. ۲۷۷ صفحه.
4. Al-Absi K Qrunfleh M and Abu-Sharar T (2003) Mechanism of salt tolerance of two olive (*Olea europaea* L.) cultivars as related to electrolyte concentration and toxicity. *Acta Horticulture* 618: 281-290.
5. Al-Absi KM Al-Nasir FM and Mahadeen AY (2009) Mineral content of three olive cultivars irrigated with treated industrial wastewater. *Agricultural Water Management* 96: 616-626.
6. Bartolini G Mazuelos C and Troncoso A (1991) Influence of Na₂SO₄ and NaCl salts on survival growth and mineral composition of young olive plants in inert sand culture. *Advances in Horticultural Science*. 5: 73-76.
7. Ben-Gal A (2011) Salinity and Olive: From physiological response to orchard management. *Israel Journal of Plant Science*. 59: 15-28.
8. Chartzoulakis K (2005) Salinity and olive: growth salt tolerance photosynthesis and yield. *Agriculture Water Management*. 78: 108-121.
9. Chartzoulakis K Loupassaki M and Bertaki M (2002) Effects of NaCl salinity on growth ion content and CO₂ assimilation rate of six olive cultivars. *Scientia Horticulturae*. 96: 235-247.
10. Demiral MA (2005) Comparative response of two olive cultivars to salinity. *Turk J Agric For* 29:267-274.
11. Garcia-Sanchez F and Syvertsen JP (2006)

20. Khoshgoftarmanesh AH and Naeini MR (2008) Salinity Effect on Concentration Uptake and Relative Translocation of Mineral Nutrients in Four Olive Cultivars. *Journal of Plant Nutrition* 31: 1243–1256.
21. Lea-Cox J and Syvertsen JP (1993) Salinity reduce water use and nitrate- N-use efficiency of citrus. *Annals of Botany*. 72:47-54.
22. Lolaei A AliRezaei M and Kaviani B (2012) Effects of salinity and calcium on the growth ion concentration and yield of Olive (*Olea europaea* L.) trees. *Annals of Biological Research* 3 (10):4675-4679.
23. Loupassaki MH Chartzoulakis KS Digalaki NB and Androulakis II (2002) Effects of salt stress on concentration of nitrogen phosphorus potassium calcium magnesium and sodium in leaves shoots and roots of six olive cultivars. *Journal of Plant Nutrition*. 25: 2457–2482.
24. Maas EV (1993) Salinity and citriculture. *Tree Physiology*. 12: 195–216.
25. Marschner H (1995) Mineral nutrition of higher plants. Second ed. Academic Press, London.
26. Melgar JCBenlloch M and Fernandez-Escobar R (2006) Calcium increases sodium exclusion in olive plants. *Scientia Horticulture*. 109:303-305.
27. Munns R and Tester M (2008) Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*. 59: 651-681.
28. Mousavi A Lessani H, Babalar M, Talaie A and Fallahi E (2008) Influence of salinity on chlorophyll leaf water potential total soluble sugars and mineral nutrients in two young olive cultivars. *Journal of Plant Nutrition*. 31: 1906–1916.
29. Nabila EK, Abourayya MS and El-Sheikh M.H (2013) Effect of salinity treatments on mineral content of manzanello and picual olive leaves shoots and roots. *Journal of Applied Sciences Research*. 9(1): 258-262.
30. Naeini MR, Khoshgoftarmanesh AH and Fallahi E (2007) Partitioning of chlorine sodium and potassium and shoot growth of three pomegranate cultivars under different levels of salinity. *Journal of Plant Nutrition*. 29(10): 1835–1843.
31. Naeini MR, Khoshgoftarmanesh AH, Lessani H and Fallahi E (2004) Effects of NaCl-induced salinity on mineral nutrients and soluble sugars in three commercial cultivars of pomegranate. *Journal of Plant Nutrition*. 38: 1319–1326.
32. Naeini MR, Khoshgoftarmanesh AH and Fallahi E (2006) Partitioning of chlorine sodium and potassium and shoot growth of three pomegranate cultivars under different levels of salinity. *Journal of Plant Nutrition*. 29: 1835-1843.
33. Neocleous D and Vasilakakis M (2007) Effects of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idaeus* L. 'Autumn Bliss'). *Scientia Horticulturae*. 112:282–289.
34. Parida AK, Das AB and Mitra B (2004) Effects of salt on growth, Ion accumulation photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove .*Trees* 18:167-174.
35. Perica S, Goreta S and Selak GV (2008) Growth biomass allocation and leaf ion concentration of seven olive (*Olea europaea* L.) cultivars under increased salinity. *Scientia Horticulturae*. 117: 123–129.
36. Prat D and Fathi-Ettai R (1990) Variation in organic and mineral components in young Eucalyptus seedlings under saline stress. *Physiology of Plant*. 79: 479–486.
37. Reimann C (1992) Sodium exclusion by Chenopodium species. *Journal of Experimental Botany*. 249: 503–510.

38. Sotiropoulos TE, Therios IN, Almaliotis D, Papadakis I and Dimassi KN (2006) Response of cherry rootstocks to boron and salinity. *Journal of Plant Nutrition*. 29: 1691-1698.
39. Tabatabaei SJ (2006) Effects of salinity and N on the growth, photosynthesis and N status of olive, (*Olea europaea* L.) trees. *Scientia Horticulturae* 108: 432-438.
40. Tabatabaei SJ (2007) Salinity stress and olive: An overview. *Plant Stress Global Science Books* 1(1): 105-112.
41. 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.
42. Tattini M (1994) Ionic relations of aeroponically-grown olive plants during salt stress. *Plant and Soil* 161: 251-256.
43. Tattini M, Gucci R, Coradeschi MA, Ponzio C and Edvard JD (1995) Growth, gas exchange and ion content in *Olea europaea* L. plants during salinity stress and subsequent relief. *Physiology of Plantarum*. 95: 203-210.
44. Vigo C, Therios IN and Bosabalidis M (2005) Plant growth, nutrient concentration and leaf anatomy of olive plants irrigated with diluted seawater. *Journal of Plant Nutrition*. 28: 1001-1021.