Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 53, No 2, Summer 2022 (321-331)
DOI: 10.22059/ijhs.2020.298664.1796

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۱ (ص ۳۳۱-۳۲۱)

نشریه پژوهشی:

برهمکنش شوری و سولفات آمونیوم بر رشد و غلظت عناصر غذایی در گیاهان پرتقال والنسیا پیوندشده روی لیمو

مجید رجایی*
دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، شیراز، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۱۲)

چکیده

تحت تنش شوری جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن، کاهش می‌یابد. به منظور مطالعه اثر نیتروژن بر رشد و غلظت عناصر غذایی در پرتقال والنسیای پیوند شده روی پایه لیمو، آزمایشی به صورت فاکتوریل انجام شد. عامل اول شوری آب آبیاری در چهار سطح (۰/۸۶، ۲، ٤ و ٦ دسی زیمنس بر متر) و عامل دوم نیتروژن در پنج سطح (۵۰، ۸۰، ۱۲۰، ۱٦۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک) بود. شوری غلظت یون‌های سدیم در برگ و ریشه و کلر در برگ را تا حد سمیت افزایش داد و وزن ماده خشک برگ و ریشه را کاهش داد. شوری ٦ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شوری ۰/۸٦ به ترتیب سبب افزایش ۹، ۵ و۲۰ برابری محتوای سدیم برگ و ریشه و کلر برگ گردید. نیتروژن تأثیر محسوسی بر غلظت سدیم برگ نداشت، اما در شوری ۲، ٤ و ٦، افزایش کاربرد نیتروژن از ۵۰ به ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به ترتیب سبب کاهش ۱۹، ۱٦ و ۱۸ درصدی غلظت کلر برگ شد که متناظر با آن وزن خشک برگ ۱۱۷، ۳۹ و ٤۲ درصد افزایش یافت. شوری غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر کم مصرف را در گیاه کاهش داد و در بعضی موارد به کمتر از حدود بهینه رساند. در مقابل نیتروژن با بهبود این تأثیر سوء، غلظت این عناصر را در بافت گیاهی افزایش داد. بر اساس نتایج، در شرایط شور می‌توان با در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی از مقادیر نیتروژن بالاتر از حدود بهینه برای کاهش اثرات سوء شوری استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: شوری، کلروفیل، غلظت عناصر، نیتروژن، وزن خشک.

The interaction of salinity stress and ammonium sulfate on growth and nutrients concentration in Valencia orange plants grafted on lemon

Majid Rajaei*
Associate Professor, Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran
(Received: May 07, 2020- Accepted: Sep. 02, 2020)

ABSTRACT

Under salinity stress nitrogen and other plant nutrients uptake is reduced. In order to study the effect of nitrogen on growth and nutrient concentrations of Valencia orange grafted on lemon seedlings, a factorial experiment was carried out. The first factor was irrigation water salinity at four levels (0.86, 2, 4 and 6 dS m^{-1}) and the second factor was nitrogen at five levels (50, 80, 120, 160 and 200 mg N kg^{-1} soil as ammonium sulfate). Salinity increased sodium and chloride ions concentration in plant leaf and roots to toxic levels and reduced the plant leaf and root dry weight. The highest level of salinity increased the sodium content in leaves and roots and also chlorine in leaves by 9, 5 and 20 times compared to salinity of 0.86, respectively. Although nitrogen had no significant effect on sodium concentration in plant leaves, at salinity levels of 2, 4 and 6 dS m^{-1}, increasing the application of nitrogen from 50 to 200 mg kg^{-1} soil reduced 19, 16 and 18% of leaf chlorine and increased the corresponding dry weight of leaves by 117, 39 and 42%, respectively. Salinity decreased nitrogen, phosphorus, potassium, and micro nutrients concentration in plant leaf and in some cases reached them to sub optimal levels. In contrast, nitrogen alleviated this adverse effect by increasing the concentration of these elements in plant tissues. Based on the results, by taking into account of environmental considerations, nitrogen levels above the optimum limits can be used to reduce the adverse effects of salinity in saline conditions.

Keywords: Chlorophyll, dry weight, elements concentration, nitrogen.

* Corresponding author E-mail: rajaie.majid@yahoo.com

مقدمه

مرکبات از خانواده Rutaceae و گیاهانی درختچه‌ای با شاخ و برگ متراکم و ریشه‌های سطحی می‌باشند. مرکبات یکی از مهمترین محصولات باغی در جهان می‌باشد که اصولا در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر جهان کشت می‌شوند (Spreen *et al*., 2020). اخیرا زوال مرکبات در مناطق جنوبی ایران به یک مشکل ویرانگر تبدیل شده است (Raiesi *et al*., 2021). گزارش شده است که بخشی از این زوال ناشی از شوری خاک و آب و سایر شرایط نامساعد محیطی است (Khanchezar *et al*., 2020). مرکبات از جمله گیاهان حساس به تنش شوری می‌باشند. همانند سایر گیاهان، تنش شوری در مرکبات سبب اختلالات فیزیولوژیکی و کاهش رشد می‌شود. به‌طوری که تنش شوری باعث کاهش در رشد طولی ریشه و سطح برگ می‌شود (Khoshbakht *et al*., 2015). حد تحمل مرکبات به شوری خاک حدود ۱/۸ دسی زیمنس بر متر می‌باشد (Rajaie & Motieallah, 2018) که در شوری بالاتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری چنین شوری‌هایی در خاک ایجاد می‌شود. پاسخ مرکبات به تنش شوری به عوامل متعددی از جمله ترکیب پایه و پیوندک، سیستم آبیاری، نوع خاک، اقلیم و وضعیت تغذیه گیاه بستگی دارد (Al-Yassin, 2004). تاثیر شوری بر مرکبات می‌تواند متاثر از یون‌های خاص و بویژه سدیم و کلر باشد. این تاثیر به نوبه خود بستگی به توانایی پایه به کار رفته در جلوگیری از انتقال این یون‌ها به پیوندک دارد (Cedra *et al*., 1990). بعضی از ترکیبات پایه و پیوندک باعث محدود شدن انتقال سدیم از ریشه به شاخه و برگ می‌شوند. بنابراین تجمع سدیم در قسمت‌های مختلف پایه از قبیل ریشه‌ها سبب ممانعت از تجمع سدیم در قسمت‌های مختلف پیوندک مثل برگ و ساقه‌ها می‌گردد. به طور کلی چنین نتیجه‌گیری می‌شود که محدود کردن انتقال سدیم فقط به پیوندک ارتباط نداشته، بلکه پایه‌ها نیز در این امر موثرند (Aboutalebi *et al*., 2007).

شوری موجب بروز ناهنجاری‌های تغذیه‌ای در گیاهان مختلف می‌شود (Mohebi *et al*., 2021)، که علت آن ممکن است مربوط به اثرات منفی یون‌های سدیم و کلر بر قابلیت جذب عناصر غذایی بوده و یا مربوط به اثر اسمزی شوری بر جذب، انتقال و توزیع عناصر در بخش‌های مختلف گیاه باشد (Khoshgoftarmanesh & Siadat, 2002). در شرایط شور غلظت بالای یون‌های سدیم و کلر سبب به هم خوردن تعادل یونی می‌گردد. در چنین شرایطی حفظ تعادل یونی داخل سلول و مقابله با خشکی فیزیولوژیکی ناشی از افزایش فشار اسمزی محلول خاک اهمیت زیادی دارد (Zhu, 2001). بنابراین گیاهان باید برای حفظ تعادل یونی، با سازوکارهایی با سمیت یون‌های سمی و خشکی فیزیولوژیک مقابله کنند (Attarzadeh *et al*., 2014). بر هم خوردن تعادل یونی محلول خاک سبب کاهش جذب یون‌های عناصر غذایی توسط گیاه می‌شود. Anjum (2008) گزارش کرد که غلظت عناصر در برگ و ریشه مرکبات با افزایش سطح شوری در آب آبیاری به ۸۰ میلی‌مولار کاهش یافت. ویژگی‌های فیزیولوژیکی هم چون دفع سدیم از ریشه و کنترل میزان انتقال سدیم از ریشه به اندام هوایی به عنوان معیارهایی برای شناسایی تحمل به شوری در گیاهان استفاده می‌شوند (Attarzadeh *et al*., 2017). از سوی دیگر محققان به اثرات مثبت عناصر غذایی بر کاهش اثرات شوری در گیاه تاکید دارند، بطوری‌که کاربرد برخی عناصر سبب کم کردن اثرات منفی تنش شوری می‌گردد (Sadeghi Lotfabadi *et al*., 2010; Zayed *et al*., 2011).

شناخت فنون زراعی و باغی برای تثبیت رشد و عملکرد محصولات کشاورزی در شرایط شور اهمیت بسزایی دارد (Zorb *et al*., 2019). یکی از عوامل کاهش رشد مرکبات تحت شرایط تنش شوری، کاهش در جذب عناصر غذایی به ویژه عنصر نیتروژن می‌باشد (Francisco *et al*., 2002). بنابراین تحت تنش شوری، نیاز گیاه به عنصر نیتروژن بیشتر از شرایط غیر شور است. معمولا افزایش در جذب و تجمع کلر با کاهش غلظت نیترات در اندام هوایی گیاه همراه است. بسیاری از محققین این امر را به تاثیر ضدیت کلر بر جذب نیترات نسبت می دهند (Bar *et al*., 1997; Kafkafi *et al*., 1982)، در حالی که برخی دیگر این پاسخ را ناشی از تاثیر شوری بر کاهش جذب آب می‌دانند (Lea-Cox and Syvertsen, 1993). علاوه بر تأثیر کلر بر جذب نیترات بعضی محققین اعلام

نموده اند که افزایش نیترات در محیط رشد موجب کاهش جذب و تجمع کلر در تعداد زیادی از گیاهان باغی می شود. در تحقیقی نتایج نشان داد که افزودن نیترات به محیط رشد در مقادیر بالاتر از غلظت مطلوب برای رشد گیاه در محیط شور، باعث کم شدن غلظت کلر در برگ‌های آواکادو و لیمو، تقلیل پارگی برگ ها و کاهش ممانعت از رشد شد (Bar *et al.*, 1997). هم چنین تحت تنش شوری افزودن مقادیر بالاتر از حدود بهینه نیتروژن به محیط رشد، سبب کاهش غلظت کلر در درختان آوکادو و مرکبات شد (Irshad *et al.*, 2002). در تحقیقی دیگر اثر متقابل نیتروژن و شوری بر درختان زیتون مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش نیتروژن تا سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر محلول غذایی سبب کاهش اثرات سوء شوری بر رشد گیاه شد (Tabatabaei, 2006). بخشی از اثر نیتروژن در بهبود رشد گیاه به علت تأثیر آن بر کاهش جذب کلر و جلوگیری از انتقال این عنصر از ریشه به اندام هوایی می‌باشد. علاوه بر آن نیتروژن سبب بهبود تأثیر شوری بر کاهش غلظت عناصر ضروری مورد نیاز گیاه می‌گردد و غلظت این عناصر را در بافت گیاهی افزایش می‌دهد (Rajaie & Motieallah, 2018).

خشکسالی های چند سال اخیر و برداشت زیاد آب از سفره‌های زیرزمینی که بیلان منفی آب را به دنبال داشته است، سبب شور شدن تدریجی منابع آب و خاک در این مناطق شده است. تداوم این روند، بررسی و ارائه راه‌های مناسب کاهش اثرات سوء شوری را بر محصولات کشاورزی و از جمله مرکبات ضروری می‌سازد. نتایج پژوهش‌های قبلی نویسنده نشان داد که کاربرد نیتروژن در مقادیر فراتر از حدود بهینه سبب کاهش اثرات سوء شوری در پایه لیمو و نارنج شد (Rajaie & Motieallah, 2018). با توجه به حقایق ذکر شده این پژوهش به منظور بررسی این فرضیه که آیا چنین اثرات مثبتی قابل انتقال از پایه به کار رفته به گیاه پیوند یافته می باشد، انجام گردید. همچنین این آزمایش اثر مقادیر مختلف سولفات آمونیوم را بر کاهش اثرات سوء شوری در پرتقال رقم والنسیا مورد ارزیابی قرار داد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در اواخر بهار با پیوندزنی پرتقال رقم والنسیا بر پایه‌های لیمو یک ساله و دارای شرایط خوب و یکسان فنوتیپی انجام شد. پس از گذشت یک سال زمانی که نهال‌های پیوندی از لحاظ رشد مناسب تشخیص داده شدند، انتقال آن‌ها به گلدان‌هایی با ترکیب دو سوم خاک طبیعی و یک سوم کود دامی کاملا پوسیده انجام یافت. این پژوهش در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس انجام شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش به شرح جدول ۱ می‌باشد.

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و با سه تکرار (در هر تکرار دو واحد آزمایشی و در هر واحد آزمایشی یا هر گلدان تعداد یک گیاه قرار داشت) و جمعا ۱۲۰گلدان انجام گرفت. فاکتورها شامل چهار سطح شوری آب آبیاری (۰/۸۶، ۲، ۴ و ۶ دسی زیمنس بر متر) و پنج سطح نیتروژن (۵۰، ۸۰، ۱۲۰، ۱۶۰ و ۲۰۰ میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از منبع سولفات آمونیوم) بود. پس از گذشت سه ماه از رشد نهال‌ها و اطمینان از استقرار مطلوب، اعمال تیمارهای شوری از طریق آب آبیاری انجام شد. به منظور عدم اعمال شوری مصنوعی و نزدیک شدن شرایط آزمایش به شرایط طبیعی آب‌های منطقه از لحاظ ترکیب آنیونی و کاتیونی، آبی با شوری حدود ۹ دسی‌زیمنس بر متر از چاهی واقع در منطقه داراب تهیه و ترکیب آنیونی و کاتیونی آن اندازه‌گیری شد. با ترکیب نمودن این آب با آب شرب غیر شور منطقه (شوری ۰/۸۶ دسی زیمنس بر متر) هدایت الکتریکی مورد نظر با دستگاه هدایت‌سنج و قبل از هر آبیاری تنظیم و سپس آبیاری انجام شد. (جدول ۲).

جدول ۱. تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک مورد استفاده در آزمایش.

Table 1. Physical and chemical Analysis of the soil used in the experiment.

Texture	EC (dS/m)	pH	Cu	Fe	Zn	Mn	K	P	N (%)	O.C (%)
			(mg/kg)							
Silty loam	1.09	8.1	0.65	6.2	0.77	3.2	173	4.2	0.08	0.86

جدول ۲. نتایج تجزیه آب شور و غیر شور مورد استفاده در آزمایش.

Table 2. Analysis of saline and non saline water used in the experiment.

Used water	Total cations	K^+	Na^+	Ca+Mg	Total anions	$SO4^{2-}$	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{2-}	pH	EC	SAR
	(meq/lit)										(dS/m)	
Saline	103.2	8	65.2	30	102.9	Little	94.5	8.4	Little	6.72	9.29	16.8
Non saline	7.1	2.3	1.3	4.5	7.0	Little	3.2	3.8	Little	7.95	0.8	0.86

این آب غیر شور دارای هدایت الکتریکی ۰/۸۶ دسی زیمنس بر متر به عنوان تیمار شاهد شوری استفاده شد. تیمارهای نیتروژن به سه قسمت مساوی تقسیم و بخشی به هنگام اعمال تیمارهای شوری و دو تقسیط دیگر به فاصله دو ماه به کار رفت. آزمایش با در نظر گرفتن ۲۰ درصد نیاز آبشویی و افزودن آب به طور وزنی و جهت رساندن رطوبت به ظرفیت مزرعه انجام گرفت. دو ماه پس از شروع اعمال تیمارهای شوری، مقادیر کلروفیل در برگ نهال‌های مورد آزمایش با دستگاه کلروفیل متر (SPAD-502) اندازه‌گیری شد. همچنین در پایان آزمایش (۶ ماه پس از اعمال تیمارهای شوری) گیاهان از سطح خاک برداشت و ریشه‌ها از خاک گلدان‌ها جدا شدند. نمونه‌ها پس از شستشو با آب معمولی و آب مقطر، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. ماده خشک حاصله پس از توزین با آسیاب برقی پودر گردید. نیتروژن در نمونه‌های پودر شده برگ به روش کجلدال اندازه‌گیری شد. هم چنین یک گرم از نمونه خشک شده برگ و ریشه بطور جداگانه به مدت نیم ساعت در دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس و سپس به مدت دو ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره قرار داده شد. بعد از گذشت ۲۴ ساعت و خنک شدن کوره، نمونه‌ها خارج شدند. به نمونه حاصل، ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه شده و پس از عبور از کاغذ صافی، عصاره حاصل با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد (Patterson *et al*., 1984). در عصاره بدست آمده برگ، غلظت عناصر سدیم، کلر، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، مس، منگنز و آهن به روش استاندارد اندازه‌گیری شد. همچنین در عصاره بدست آمده ریشه غلظت عناصر سدیم و پتاسیم اندازه‌گیری شد. در نهایت داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شدند.

نتایج و بحث

وزن خشک برگ و ریشه

اثر تنش شوری بر وزن خشک برگ و ریشه معنی‌دار بود، همچنین این صفات تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و نیتروژن در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۳). به طور متوسط با افزایش شوری آب آبیاری از ۰/۸۶ به ۶ دسی زیمنس بر متر وزن خشک برگ و ریشه به ترتیب ۶۳ و ۴۵ درصد کاهش یافتند. میانگین وزن خشک برگ در شوری ۲، ۴ و ۶ دسی زیمنس بر متر با افزایش کاربرد نیتروژن از ۵۰ به ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به ترتیب ۱۱۷، ۳۹ و ۴۲ درصد افزایش یافت. در حالی که در سطوح شوری ۲ و ۴ دسی زیمنس بر متر افزایش کاربرد نیتروژن از ۵۰ به ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به ترتیب افزایش ۲۱ و ۱۷ درصدی را در وزن خشک ریشه سبب شد در شوری ۶ دسی زیمنس بر متر این مقدار افزایش نیتروژن، ۳۶ درصد وزن خشک ریشه را کاهش داد (جدول ۴). محققان گزارش کردند که با افزایش سطح شوری از تأثیر نیتروژن در بهبود رشد گیاه نارنج کاسته شد. بطوری‌که در سطح ۲۵۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک با افزایش نیتروژن مصرفی از صفر به ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک وزن ماده خشک ۲۶ درصد افزایش نشان داد، اما در سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک این افزایش صفر درصد بود (Rajaie & Motieallah, 2018). افزایش رشد گیاه در اثر کاربرد نیتروژن امری دور از انتظار نیست. زیرا در اکثر خاک‌های ایران به دلیل کمبود مواد آلی کمبود ازت به عنوان عامل تغذیه‌ای محدود کننده رشد مطرح است. بنابراین صرف نظر از شور بودن یا نبودن خاک مصرف ازت باعث توسعه رشد گیاه و افزایش محصول می‌شود. با کاربرد نیتروژن از تأثیر سوء شوری بر کاهش وزن برگ و ریشه گیاه کاسته

شد. به عنوان مثال در سطح ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتروژن، افزایش شوری از مقدار شاهد به ۴ دسی زیمنس بر متر سبب کاهش در وزن برگ گیاه به میزان ۴۰ درصد شد، در حالی که این کاهش در بالاترین سطح نیتروژن ۳۰ درصد بود (جدول ۴). روند مشابهی نیز در مورد وزن ریشه گیاه مشاهده شد. درصدهای یاد شده برای وزن ریشه گیاه به ترتیب ۴۳ و ۲۲ درصد بود. گزارش شده است که تمام پاسخ های رویشی گیاه از جمله ارتفاع گیاه، تعداد برگ و وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی در اثر تنش شوری کاهش می‌یابند (Rajaie & Motieallah, 2018). هم‌چنین بررسی منابع نشان می‌دهد که افزایش نیتروژن تا سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب کاهش اثرات سوء شوری بر رشد و فتوسنتز گیاه زیتون شد (Tabatabaei, 2006).

محتوای کلروفیل و شوری خاک

اثر تنش شوری بر شوری خاک معنی‌دار بود، اما شوری خاک تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و نیتروژن قرار نگرفت (جدول ۳). همچنین تنش شوری و نیتروژن نتوانست صفت محتوای کلروفیل را تحت تأثیر قرار دهد. بیش‌ترین مقدار هدایت الکتریکی در بالاترین سطح شوری آب آبیاری به دست آمد و در مقابل کم‌ترین میزان شوری خاک در کم‌ترین سطح شوری آب آبیاری حاصل شد.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر شوری آب آبیاری و نیتروژن بر برخی صفات پرتقال والنسیا پیوندشده روی لیمو.
Table 3. Results of variance analysis effect of irrigation water salinity and nitrogen on some traits of Valencia orange grafted on lemon.

Source of variation	df	Mean of squares							
		Leaf weight	Root weight	Chlorophyll content	Soil salinity	Leaf sodium	Leaf chloride	Root sodium	Leaf chloride
Salinity	3	25.33 **	7.29 **	198.42 ns	10317715**	0.218**	4.031**	7.48**	2.53**
Nitrogen	4	1.77 ns	0.025 ns	594.81 ns	255825 ns	0.0026**	0.039**	0.092 ns	0.024 ns
Salinity × Nitrogen	12	5.52 *	1.96 *	43.39 ns	256734 ns	0.0009**	0.008**	0.067 ns	0.049 ns
Error	40	2.74	0.80	301.35	495524	0.0002	0.002	0.2056	0.433
C.V. (%)		12.9	11.5	15.3	18.3	11.8	14.3	9.7	11.8

ns، * و ** به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.
ns, *, **: Non-significantly difference and significantly difference at p≤0.05 and p≤0.01, respectively.

جدول ۴. مقایسه میانگین برهمکنش شوری آب آبیاری و نیتروژن بر برخی صفات پرتقال والنسیا پیوندشده روی لیمو.
Table 4. Mean comparison interaction effect of irrigation water salinity and nitrogen on some traits of Valencia orange grafted on lemon.

Salinity (dS/m)	Nitrogen (mg/kg soil)	Leaf weight	Root weight	Leaf sodium	Leaf chloride	Leaf nitrogen	Leaf potassium
		(g)		(%)			
0.86	50	4.23 ab	4.10 a	0.04 h	0.07 h	1.97 fg	1.67 b
	80	4.57 ab	3.90 ab	0.03 h	0.07 h	2.13 d-f	1.87 a
	120	4.93 a	3.97 a	0.03 h	0.05 h	2.42 bc	1.67 ab
	160	3.43 bc	2.73 bc	0.03 h	0.06 h	2.55 b	1.40 cd
	200	4.30 ab	3.53 bc	0.03 h	0.05 h	3.00 a	1.30 c-e
2	50	2.13 cd	2.33 cd	0.09 g	0.32 g	1.17 i	1.07 fg
	80	2.87 c	2.43 bcd	0.09 g	0.31 g	1.43 h	1.20 d-f
	120	3.93 bc	2.73 bc	0.08 g	0.26 g	1.93 g	1.50 bc
	160	3.80 bc	2.23 cd	0.07 g	0.25 g	2.30 cd	1.40 cd
	200	4.63 ab	2.83 bc	0.09 g	0.26 g	2.47 bc	1.30 c-e
4	50	2.53 c	2.33 cd	0.16 e	0.67 d	0.93 j	0.99 fg
	80	2.00 cd	2.53 bcd	0.17 e	0.61 de	1.37 h	1.17 ef
	120	1.47 d	2.23 cd	0.13 e	0.45 f	2.03 e-g	1.30 c-e
	160	2.50 c	2.50 bcd	0.16 e	0.47 f	2.01 e-g	1.17 ef
	200	3.50 c	2.73 bc	0.17 e	0.56 e	2.17 de	1.20 d-f
6	50	1.17 d	3.13 cd	0.33 b	1.43 a	0.53 m	0.93 mg
	80	1.93 cd	2.03 de	0.31 d	1.27 b	0.70 k-m	0.87 g
	120	1.47 d	2.07 de	0.26 c	1.17 c	0.77 j-i	1.07 fg
	160	1.63 d	2.27 cd	0.29 c	1.23 bc	0.65 lm	0.92 g
	200	1.67 d	1.99 e	0.36 a	1.17 c	0.86 jk	0.87 g

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.
In each column, means with similar letters are not significantly difference at 5% probability level.

گزارش شده است که مهم‌ترین واکنش گیاه به شوری آب یا خاک، کاهش رشد است. اگر غلظت نمک‌ها به بیش از آستانه تحمل گیاه برسد، به موازات افزایش غلظت نمک‌های محلول (شوری) رشد گیاه کاهش می‌یابد، که البته آهنگ کاهش رشد در گیاهان مختلف متفاوت است (Mass & Hoffman, 1977). گزارش شده است که شوری خاک باعث اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه می‌شود که پیامد آن کاهش رشد و عملکرد است. کاهش وزن خشک در اثر شوری در مرکبات نشان داده شده است (Adams *et al*., 2019).

سدیم و کلر برگ

اثر تنش شوری و نیتروژن بر سدیم و کلر برگ معنی‌دار بود، همچنین این صفات تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و نیتروژن قرار گرفت (جدول ۳). با افزایش سطوح شوری آب آبیاری میانگین غلظت سدیم برگ با افزایش معنی‌داری همراه بود (جدول ۴). بطوری‌که بالاترین غلظت سدیم مربوط به بالاترین سطح شوری و کم‌ترین غلظت آن مربوط به شاهد بود. غلظت بحرانی برای بروز سمیت ناشی از عنصر سدیم ۰/۱ تا ۰/۲۵ درصد گزارش شده است (Syvertsen *et al*., 1988). نتایج ارائه شده در جدول ۴ نشان می‌دهد که غلظت‌های بحرانی برای بروز سمیت سدیم در سطوح شوری ۴ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری اتفاق افتاده است. همچنین تأثیر نیتروژن بر غلظت سدیم برگ از روند خاصی پیروی نمی‌کرد بطوری‌که میانگین غلظت سدیم تا سطح ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک کاهش و پس از آن مجددا افزایش یافت. در این رابطه نتایج مشابهی نیز توسط Garcia-Sanchez *et al*. (2002) گزارش شده است.

با افزایش شوری آب آبیاری میانگین غلظت کلر برگ بطور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. معمولا علائم سمیت کلر زمانی ظاهر می‌شود که غلظت این یون به حدود ۱ درصد وزن خشک برگ برسد (جدول ۴). این در حالی است که امکان کاهش عملکرد در غلظت بالاتر از ۰/۲ درصد وجود دارد. نتایج ارائه شده در جدول ۴ نشان می دهد که صرف نظر از نیتروژن مصرفی در تمام تیمارهای شوری غلظت کلر در اندام هوایی گیاه بیشتر از ۰/۲ درصد می‌باشد. بنابراین سمیت ناشی از کلر و کاهش عملکرد گیاه دور از انتظار نیست. در هر سطح از شوری با افزایش سطوح نیتروژن غلظت کلر در برگ کاهش یافت. البته لازم به ذکر است که کاهش غلظت کلر در بالاترین سطح شوری محسوس‌تر بود. محققان گزارش کردند که با افزایش سطوح نیتروژن از صفر به ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، غلظت کلر و به تبع آن جذب کل کلر در اندام هوایی نارنج کاهش یافت. همچنین کاهش غلظت کلر در سطح ۱۰۰۰ میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک محسوس‌تر بود (Rajaie & Motieallah, 2018). Bar *et al.* (1977) گزارش کردند که افزودن مقادیر بالاتر از حدود بهینه نیترات به محیط رشد در شرایط تنش شوری، سبب کاهش غلظت کلر در درختان آوکادو و مرکبات شد. مشاهدات مشابهی نیز توسط محققان دیگر گزارش شده است (Tabatabaei, 2006; Irshad *et al*., 2002). بنابراین می‌توان گفت که در تحقیق حاضر نیز نیتروژن اضافه شده به صورت سولفات آمونیوم در خاک به نیترات اکسید شده و نیترات در رقابت آنیونی از جذب کلر جلوگیری کرده است.

سدیم و پتاسیم ریشه

اثر تنش شوری بر سدیم و پتاسیم ریشه معنی‌دار بود، اما این صفات تحت تأثیر سطوح نیتروژن و برهم‌کنش تنش شوری و نیتروژن قرار نگرفتند (جدول ۳). با افزایش سطوح شوری آب آبیاری میانگین غلظت سدیم ریشه با افزایش معنی‌داری همراه بود (جدول ۵). در مقایسه با سدیم، افزایش شوری آب آبیاری سبب کاهش میانگین غلظت پتاسیم در ریشه گیاه شد (جدول ۵). افزایش غلظت سدیم ریشه با افزایش سطوح شوری آب آبیاری امری دور از انتظار نیست. هم چنین می‌توان گفت که با افزایش شوری به علت افزایش غلظت سدیم و اثر رقابتی بین پتاسیم و سدیم، سدیم از جذب پتاسیم جلوگیری کرده است. در شرایط شوری سدیمی و یا انباشتگی سدیم، مقدار زیاد سدیم نه تنها در جذب پتاسیم توسط ریشه اختلال ایجاد می‌کند، بلکه در غشاء ریشه نیز ایجاد اختلال نموده و قدرت انتخاب آن را مختل می‌کند (Attarzadeh *et al*., 2017).

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر شوری آب آبیاری بر شوری خاک و برخی عناصر ریشه و برگ پرتقال والنسیا پیوندشده روی لیمو.
Table 5. Mean comparison effect of irrigation water salinity on soil salinity and root and leaf elements of Valencia orange grafted on lemon.

Salinity	Soil salinity	Root sodium	Root potassium	Leaf phosphorus	Leaf iron	Leaf manganese	Leaf zinc	Leaf copper
(dS/m)	(dS/m)	%				(mg/kg)		
0.86	1.06 b	0.31 b	1.26 a	0.21 a	152 a	74.5 a	41.6 a	0.04 h
2	1.31 b	0.53 b	0.87 b	0.15 b	121 b	72.2 ab	33.8 b	0.03 h
4	2.32 a	0.50 b	0.46 c	0.13 c	113 c	68.0 b	31.9 b	0.03 h
6	2.82 a	1.85 a	0.36 c	0.10 c	50 d	57.1 b	23.4 c	0.03 h

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.
In each column, means with similar letters are not significantly difference at 5% probability level.

کاهش پتاسیم تحت شرایط تنش شوری می‌تواند به دلیل رقابت سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌ها در غشاء پلاسمایی و یا نشت پتاسیم به دلیل عدم ثبات غشاء باشد (Ferreira-Silva *et al*., 2008). نتایج بدست آمده توسط محققان حاکی از این است که تنش شوری سبب اختلال در جذب مواد غذایی مورد نیاز رشد می‌شود، و گیاهان در یک محیط شور، مقدار زیادی یون سدیم جذب می‌کنند (Deinlein *et al*., 2014).

نیتروژن و فسفر برگ

اثر تنش شوری و نیتروژن بر نیتروژن برگ معنی‌دار بود، همچنین نیتروژن برگ تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و نیتروژن قرار گرفت (جدول ۶). از سوی دیگر تاثیر تنش شوری و نیتروژن بر فسفر برگ معنی‌دار بود، اما برهم‌کنش تنش شوری و نیتروژن نتوانست فسفر برگ را تحت تأثیر خود قرار دهد (جدول ۶). افزایش سطوح نیتروژن غلظت نیتروژن اندام هوایی گیاه را به طور معنی داری افزایش داد (جدول ۴). این در حالی بود که افزایش شوری آب آبیاری در هر سطح از نیتروژن مصرفی، کاهش در غلظت نیتروژن اندام هوایی گیاه را به همراه داشت. محققان حد بهینه نیتروژن را در برگ مرکبات بین ۲/۲ تا ۲/۴ درصد بیان می‌کنند (Malakuti & Tabatabaie, 2005). در آزمایش حاضر ملاحظه شد که چنین غلظتی از نیتروژن در غیاب شوری آب آبیاری با کاربرد ۸۰ میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، و در سطوح شوری آب آبیاری ۲ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب در سطوح ۱۶۰ و ۲۰۰ میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک اتفاق افتاد. این در حالی بود که در تیمار شوری آب آبیاری ۶ دسی‌زیمنس بر متر هیچ یک از سطوح نیتروژن مصرفی قادر به رساندن غلظت این عنصر به حد بهینه در برگ گیاه نبودند (جدول ۴). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش تنش شوری نیاز نیتروژنه گیاه نیز افزایش یافته است. کاهش غلظت و جذب نیتروژن گیاه در شرایط شور را می‌توان به تاثیر بازدارنده کلر بر جذب و متابولیزم نیترات نسبت داد. برخی محققان این پاسخ را ناشی از تأثیر شوری بر کاهش جذب آب می‌دانند که به نوبه خود سبب کاهش جذب آب و تعرق و کم شدن جذب غیر فعال نیترات می‌شود (Rajaie and Motieallah, 2018).

افزایش شوری آب آبیاری سبب کاهش معنی‌دار غلظت فسفر شد (جدول ۵). حد بهینه فسفر در برگ مرکبات حدود ۰/۲ درصد است. همانطور که نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد در اکثر تیمارهای شوری غلظت فسفر در برگ گیاه کمتر از حد بهینه است و فقط در تیمار شاهد شوری چنین غلظت‌هایی برای گیاه فراهم شده است. همچنین افزایش غلظت نیتروژن سبب کاهش میزان فسفر شد (جدول ۷). شاید بتوان تأثیر نیتروژن را بر کاهش غلظت فسفر برگ ناشی از افزایش رشد حاصل از کاربرد این عنصر و اثر رقت دانست. کاهش قابلیت دسترسی فسفات در خاک شور نه تنها به دلیل تأثیر قدرت یونی است، که باعث کاهش فعالیت فسفات می‌شود (Chandel *et al*., 2010)، بلکه به دلیل کنترل غلظت فسفات در محلول خاک بوسیله پدیده جذب سطحی و پائین بودن انحلال Ca-P می‌باشد. بنابراین دور از انتظار نیست که غلظت فسفات با افزایش شوری کاهش یابد (Zorb *et al*., 2019).

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس اثر شوری آب آبیاری و نیتروژن بر برخی صفات پرتقال والنسیا پیوندشده روی لیمو.

Table 6. Results of variance analysis effect of irrigation water salinity and nitrogen on some traits of Valencia orange grafted on lemon.

Source of variation	df	Mean of squares						
		Leaf nitrogen	Leaf phosphorus	Leaf potassium	Leaf iron	Leaf manganese	Leaf zinc	Leaf copper
Salinity	3	7.631**	0.0308**	1.1008**	27597 **	894.88**	838.24**	38.106**
Nitrogen	4	1.805 **	0.0018**	0.0989**	101 ns	80.20 ns	59.69**	1.641 ns
Salinity × Nitrogen	12	0.161**	0.0003 ns	0.0661**	99.355 ns	23.43 ns	8.091 ns	1.114 ns
Error	40	0.0105	0.00020	0.0138	64.35	38.28	9.75	1.033
C.V. (%)	_	10.3	11.9	45.7	16.7	22.4	8.1	9.9

ns، * و ** به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: Non-significantly difference and significantly difference at p≤0.05 and p≤0.01, respectively.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر نیتروژن بر فسفر و روی برگ پرتقال والنسیا پیوندشده روی لیمو.

Table 7. Mean comparison effect of nitrogen on leaf phosphorus and zink of Valencia orange grafted on lemon.

Nitrogen (mg/kg soil)	Leaf phosphorus (%)	Leaf zinc mg/kg
50	0.14 b	30.6 b
80	0.16 a	30.6 b
120	0.16 a	35.4 a
160	0.14 b	34.6 a
200	0.13 b	32.0 b

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, means with similar letters are not significantly difference at 5% probability level.

پتاسیم و آهن برگ

اثر تنش شوری و نیتروژن بر پتاسیم برگ معنی‌دار بود، همچنین پتاسیم برگ تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و نیتروژن قرار گرفت (جدول ۶). از سوی دیگر اثر تنش شوری بر آهن برگ معنی‌دار بود، اما برهم‌کنش تنش شوری و نیتروژن نتوانست آهن برگ را تحت تأثیر خود قرار دهد (جدول ۶). افزایش سطوح نیتروژن تا ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم میانگین غلظت پتاسیم برگ گیاه را به طور معنی‌داری افزایش داد و بیشتر از این مقدار غلظت پتاسیم در برگ گیاه کاهش یافت. با افزایش شوری غلظت پتاسیم در برگ گیاه کاهش یافت (جدول ۴). این امر می‌تواند بیانگر این حقیقت باشد که با افزایش شوری به علت افزایش غلظت سدیم و اثر رقابتی بین پتاسیم و سدیم، سدیم از جذب پتاسیم جلوگیری کرده است. حد بهینه پتاسیم در مرکبات حدود ۱/۷ درصد است. براساس نتایج جدول ۴ در اکثر تیمارهای شوری غلظت پتاسیم در گیاه کمتر از بهینه است و فقط در تیمار بدون شوری چنین غلظت‌هایی برای گیاه فراهم شده است. در شرایط شوری سدیمی و یا انباشتگی سدیم، مقدار زیاد سدیم نه تنها در جذب پتاسیم توسط ریشه اختلال ایجاد می‌کند، بلکه در غشاء ریشه نیز ایجاد اختلال نموده و قدرت انتخاب آن را مختل می کند. قدرت انتخاب ریشه برای جذب پتاسیم مورد نیاز برای فعالیت های سوخت و ساز، انتقال یون‌ها و تنظیم فشار اسمزی ضروری می‌باشد (Zorb *et al*., 2019).

سطوح شوری آب آبیاری غلظت آهن برگ را کاهش داد (جدول ۵). نتایج نشان داد که غلظت آهن در تیمار شاهد شوری بیش‌ترین و در سطح شوری ۶ دسی زیمنس بر متر کم‌ترین است. حد بهینه آهن در مرکبات را حدود ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گزارش کردند (Malakuti & Tabatabaie, 2005). نتایج جدول ۵ نشان داد که فقط در بالاترین سطح شوری آب آبیاری غلظت آهن زیر حد بهینه بوده است. به عبارتی می‌توان گفت که با افزایش شوری نیاز گیاه به آهن افزایش می‌یابد. محققان گزارش کردند که تنش شوری، غلظت و جذب کل آهن اندام هوایی نارنج را کاهش داد (Rajaie & Motieallah, 2018).

منگنز و روی برگ

اثر تنش شوری بر منگنز برگ معنی‌دار بود، اما منگنز برگ تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و نیتروژن قرار نگرفت (جدول ۶). از سوی دیگر اثر تنش شوری و نیتروژن بر روی برگ معنی‌دار بود، اما برهم‌کنش تنش

شوری و نیتروژن نتوانست روی برگ را تحت تأثیر خود قرار دهد (جدول ۶). تنش شوری سبب کاهش غلظت منگنز در برگ شد (جدول ۵). بیشتر مطالعات انجام گرفته بر روی محصولات باغبانی، صرف نظر از اینکه پرورش گیاه در خاک یا محلول کشت انجام گرفته باشد، نشان می‌دهد که تنش های محیطی از جمله تنش شوری و خشکی موجب کاهش غلظت منگنز در شاخساره گیاه می‌شود (Attarzadeh *et al*., 2019). حد بهینه منگنز در مرکبات را بین ۱۰۰-۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گزارش کردند (Malakuti & Tabatabaie, 2005). نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که در تمامی تیمارها غلظت منگنز در حد بهینه بوده است.

تنش شوری سبب کاهش غلظت روی شد (جدول ۵). بطوری‌که غلظت روی برگ در تیمار شاهد شوری آب آبیاری بیش‌ترین و در سطح شوری ۶ دسی زیمنس بر متر کم‌ترین بود. حد بهینه روی در مرکبات را بین ۴۰- ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گزارش می‌کنند (Malakuti & Tabatabaie, 2005). در تمام تیمارها شوری به جز بالاترین سطح آن غلظت روی برگ در حد بهینه بوده است (جدول ۵). همچنین غلظت روی برگ گیاه تا سطح ۱۲۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک افزایش، اما با مصرف بیشتر نیتروژن کاهش جزیی را بدنبال داشت (جدول ۷). احتمالا می‌توان افزایش غلظت روی در اثر مصرف نیتروژن را به واکنش اسیدی کودهای نیتروژنه و کاهش پ-هاش خاک نسبت داد (Chandel *et al*., 2010). نتایج مشابهی هم توسط محققان بدست آمده است بطوری‌که محققان گزارش کردند که کاهش در غلظت روی در سطوح بالاتر نیتروژن می‌تواند ناشی از اثر رقت باشد (Rajaie & Motieallah, 2018).

مس برگ

اثر تنش شوری بر مس برگ معنی‌دار بود، اما مس برگ تحت تأثیر برهم‌کنش تنش شوری و نیتروژن قرار نگرفت (جدول ۶). شوری سبب کاهش غلظت مس در اندام هوایی گیاه شد. به طوری که غلظت مس در اندام هوایی گیاه در تیمار شاهد شوری آب آبیاری بیش‌ترین و در سطح شوری ۶ دسی زیمنس بر متر کم‌ترین بود. کاهش در غلظت مس با افزایش شوری توسط (Zorb *et al*., 2019) نیز گزارش شده است. هر چند شوری سبب کاهش غلظت مس برگ شد، اما در اکثر تیمارها غلظت مس بالاتر از حد بهینه گزارش شده برای این عنصر (۱۶-۶ میلی‌گرم در کیلو گرم ماده خشک) بود. محققان تأثیر نیتروژن را در افزایش غلظت و جذب کل مس در گندم را ناشی از کاهش pH خاک، افزایش حلالیت مس، ازدیاد حجم و توسعه ریشه، و نیز ترشح لیگاندهایی می‌دانند که قادر به تولید کلات‌های محلول طبیعی با مس هستند (Singh & Swarup, 1982).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که با افزایش سطوح شوری آب آبیاری غلظت یون‌های سدیم در برگ و ریشه و کلر در برگ گیاه تا حد سمیت افزایش یافت که به نوبه خود کاهش معنی‌دار وزن ماده خشک برگ و ریشه را بدنبال داشت. در حالی‌که نیتروژن تأثیر محسوسی بر غلظت سدیم برگ نداشت، اما سبب کاهش غلظت کلر در برگ شد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بخشی از اثر نیتروژن در بهبود رشد گیاه به علت تأثیر آن بر کاهش جذب کلر و جلوگیری از انتقال این عنصر از ریشه به اندام هوایی می‌باشد. همچنین شوری غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر کم مصرف آهن، منگنز، روی و مس را در گیاه کاهش داد و در پاره‌ای از موارد به کمتر از حدود بهینه رساند. تأثیر سوء شوری بر رشد گیاه علاوه بر افزایش غلظت یون‌های سمی سدیم و کلر تا حدی نیز مربوط به کاهش غلظت عناصر مورد نیاز گیاه به کمتر حدود بهینه است. از سوی دیگر نیتروژن سبب بهبود تأثیر شوری بر کاهش غلظت عناصر ضروری مورد نیاز گیاه شد و غلظت این عناصر را در بافت گیاهی افزایش داد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر نیتروژن در بهبود اثرات سوء شوری تا حدی مرتبط با حفظ غلظت عناصر ضروری گیاه در شرایط شور می‌باشد. توصیه می شود در مناطقی که با مشکل شوری خاک مواجه هستند مقدار نیتروژن مصرفی را تا حد معقول افزایش داد. البته با انجام تجزیه برگ و در نظر گرفتن حدود بهینه غلظت نیتروژن در گیاه می‌توان از مصرف بیش از حد نیتروژن جلوگیری کرد.

REFERENCES

1. Aboutalebi, A., Tafazoly, E., Kholdebarin, B., & Karimian, N. (2007). Effect of salinity on concetration and distribution of potassium, sodium and chloride ions in sweet lime scion on five rootstocks. *Journal of Water and Soil Science*, 11 (1), 69-78.
2. Adams, S. N., Ac-Pangan, W. O., & Rossi, L. (2019). Effects of soil Salinity on citrus rootstock 'US-942'. *HortScience*, 54, 787-792.
3. Al-Yassin, A. (2004). Influence of salinity on citrus: A review paper. *Journal of Central European Agriculture*, 5, 263-731.
4. Anjum, M. A. (2008). Effect of NaCl concentrations in irrigation water on growth and polyamine metabolism in two citrus rootstocks with different levels of salinity tolerance. *Acta Physiology Plant*, 30, 43-52.
5. Attarzadeh, M., Balouchi, H., Rajaie, M., Movahhedi Dehnavi, M., & Salehi, A. (2019). Growth and nutrient content of *Echinacea purpurea* as affected by the combination of phosphorus with arbuscular mycorrhizal fungus and Pseudomonas florescent bacterium under different irrigation regimes. *Journal of Environment Management*, 231, 182-188.
6. Attarzadeh, M., Movahhedi Dehnavi, D.M., & Ghaffarian, H.M. (2017). Comparison of the effect of water deficit and salt stresses on the growth, sodium and potassium content of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cereal Research*, 6(4), 465-476. (In Farsi).
7. Attarzadeh, M., Rahimi, A., Torabi, B., & Dashti, H. (2014). Effect of $Ca(NO_3)_2$, KH_2PO_4, and $MnSO_4$ foliar application on ion accumulation and physiological traits of safower under salt stress. *Agronomy Journal* (Pajouhesh and Sazandegi), 107, 133-142. (In Farsi).
8. Bar, Y., Apelbaum, A., Kafkafi, U., & Goren, R. (1997). Relationship between chloride and nitrate and its effect on growth and mineral composition of avocado and citrus plants. *Journal of Plant Nutrition*, 20, 715-731.
9. Cedra, A. M., Nieves, M., & Guillen, M. G. (1990). Salt tolerance of lemon trees as affected by rootstock. *Irrigation Science*, 11, 245-249.
10. Chandel, G., Banerjee, S, See, S., Meena, R, Sharma, D.J., & Verulkar, S.B. (2010). Effects of different nitrogen fertilizer levels and native soil properties on rice grain Fe, Zn and protein contents. *Rice Science*, 17, 213-227.
11. Deinlein, U., Stephan, A.B., Horie, T., Luo, W., Xu G., & Schroeder, J.I. (2014). Plant salt-tolerance mechanisms. *Trends in Plant Science*, 19, 371-379.
12. Ferreira-Silva, S. L., Silveira, J., Voigt, E., Soares, L., & Viegas, R. (2008). Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 20, 51-59.
13. Francisco, G., Jhon, L., Jifon, S., Micacle, C., & Tames, P. S. (2002). Gas exchange chlorophyll and nuntrient content in relation to Na^+ and Cl^- accumulation in "sunburst" mandarine grafted on different root stocks. *Plant Science*, 35, 314-320.
14. Garcia-Sanchez, F., Botia, P., Fernandez-Ballester, G., Cerda, A., & Lopez, V. M. (2005). Uptake, transport, and concentration of chloride and sodium in three citrus rootstock seedlings. *Journal of Plant Nutrition*, 28, 1933-1945.
15. Irshad, M., Honna, T., Eneji, A. E., & Yamamoto, S. (2002). Wheat response to nitrogen source under saline conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 25, 2603-2612.
16. Kafkafi, U., Valoras, N., & Letey, J. (1982). Chloride interaction with nitrate and phosphate nutrition in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Journal of Plant Nutrition,* 5, 1369-1385.
17. Khanchezar, A., Izadpanah, K., & Mirtalebi, M. (2020). Biotic and abiotic factors associated with citrus progressive decline in Fars Province, Iran. *Journal of Phytopathology*, 168, 460-468.
18. Khoshbakht, D., Mirzaei, M., & Ramin, A.A. (2015). Effects of salinity stress on gas exchange, growth, and nutrient concentrations of two citrus rootstocks. *Journal of Crop Production and Processing*, 4 (14), 35-47.
19. Khoshgoftarmanesh, A. H., & Siadat, H. (2002). *Mineral nutrition of horticultural crops and vegetables in saline conditions*. Tehran: Agricultural Education Publishing. (In Farsi).
20. Lea-Cox, J.D., & Syvertsen, J.P. (1993). Salinity reduces water use and nitrate-N-use efficiency of citrus. *Annals of Botany*, 72, 47-54.
21. Malakuti, M. J., & Tabatabaie, J. (2005). *Proper nutrition of fruit trees in calcareous soils of Iran*. Sana Publication, Iran. (In Farsi).
22. Mass, E. V., & Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 103, 115-134.

23. Mohebi, M., Babalar, M., Fattahi Moghadam, M.R., & Askary, M. A. (2021). Effects of potassium and calcium on vegetative growth and mineral balance of apple tree grafted on dwarfing rootstocks, under salinity stress. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 52(2), 429-446. (in Farsi)
24. Patterson, B., Macrae, E., & Ferguson, I. (1984). Estimation of hydrogen peroxide in plant extracts using titanium (IV). *Annual Biochemica*, 139, 487-492.
25. Raiesi, T., Golmohammadi, M., & Asadi Kangarshahi, A. (2021). Evaluation of leaf nutrient changes in Mexican lime (Citrus aurantifolia Swingle) during the progression of witches' broom disease of lime (WBDL). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 53(3), 731-741. (in Farsi).
26. Rajaie, M., & Motieallah, M. E. (2018). Effect of ammonium sulfate on growth, ion accumulation in soure orange (*Citrus aurantium*) seedlings under salinity stress condition. *Journal of Plant Process and Function*, 6(19), 117-128. (In Farsi).
27. Rajaie, M., & Motieallah, M.E. (2018). Ameliorative effect of ammonium sulfate on salt tolerance and ion homeostasis in lemon (*C. limon*) seedlings. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 5(1), 111-122.
28. Sadeghi Lotfabadi, S., Kafi, M., & Khazaei, H. R. (2010). Effects of calcium, potassium and method of application on sorghum (*Sorghum bicolor* L.) morphological and physiological traits in the presence of salinity. *Journal of Soil and Water Conservation*, 24, 385-393.
29. Singh, D. V., & Swarup, C. (1982). Copper nutrition of wheat in relation to nitrogen and phosphorous fertilization. *Plant and Soil*, 65, 433-436.
30. Spreen, T.H., Gao, Z., Fernandes, Jr, W., & Zansler, M.L. (2020). Global economics and marketing of citrus products. The genus citrus. Elsevier, pp. 471-493.
31. Syvertsen, J. P., Lloyd, J., & Kriedemann, E. (1988). Salinity and drought effects on foliar ion concentration, water relations, and photosynthetic characteristics of orchard citrus. *Australian Journal of Agricultural Research*, 39, 619-627.
32. 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.
33. Zayed, B. A., Salem, A. K. M., & El-Sharkawy, H. M. (2011). Effect of different micronutrient treatments on rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield under saline soil conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*, 7, 179-184.
34. Zhu, J. K. (2001). Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*, 6, 66-71.
35. Zorb, C., Geilfus, C-M., & Dietz, K-J. (2019). Salinity and crop yield. *Plant Biology*, 21, 31-38.