

اثر شوری بر غلظت عناصر کم مصرف در شاخساره گونه‌های مختلف مرکبات

عبدالحسین ابوطالبی^۱، عنایت‌اله تفضلی^۲، بهمن خلدبرین^۳ و نجفعلی کریمیان^۴

چکیده

تأثیر سطوح مختلف کلرید سدیم بر غلظت عناصر کم مصرف در شاخساره دانه‌های پنج گونه مرکبات شامل بکرایی (*Citrus riteculata* × *C. limetta*)، لیموی ولکامریانا (*C. volkameriana*)، نارنج (*C. aurantium*)، لیمو شیرین (*C. limetta*) و لیموی آب (*C. aurantifolia*) به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در گلخانه مورد بررسی قرار گرفت. دانه‌های یکساله گونه‌های مورد مطالعه در گلدان‌های حاوی خاک آهکی ($\text{pH} = 8/2$) کشت شد و آبیاری آنها با آب آبیاری حاوی غلظت‌های صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌مول در لیتر کلرید سدیم صورت گرفت. پس از انقضای مدت آزمایش، غلظت عناصر کم مصرف شامل آهن، روی، منگنز، مس، کلر و بُر در شاخساره اندازه‌گیری شد. در تیمار شاهد، بین گونه‌های مورد آزمایش از نظر غلظت عناصر کم مصرف اختلاف معنی‌دار وجود داشت. شوری آثار متفاوتی بر غلظت عناصر کم مصرف گذاشت. تحت تأثیر شوری، غلظت آهن در شاخساره همه گونه‌ها به جز بکرایی و لیموشیرین افزایش و غلظت روی در شاخساره همه گونه‌ها به جز بکرایی کاهش یافت. بر اثر شوری، غلظت منگنز در شاخساره همه گونه‌ها به جز نارنج کاهش و غلظت مس تنها در شاخساره ولکامریانا کاهش یافت. شوری، غلظت کلر را در شاخساره همه گونه‌ها افزایش داد. در سطح شوری کم، غلظت بُر در شاخساره همه گونه‌ها به جز نارنج، افزایش و با افزایش شوری کاهش یافت و در نارنج با افزایش سطح شوری، غلظت بُر در شاخساره کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: شوری، عناصر کم مصرف، مرکبات

مقدمه

بر فعالیت یون‌های مورد نیاز گیاه گذاشته و طی آن گیاه مستعد متحمل خسارات ناشی از آثار اسمزی و سمیت بعضی از یونها می‌شود. در این شرایط به هم خوردن تعادل غذایی گیاه، کاهش رشد و عملکرد گیاه را به دنبال خواهد داشت (۱۱). تحت

اغلب گیاهان باغبانی به شوری حساس بوده و تنها قادر به تحمل سطوح پایین شوری هستند. در شرایط شوری، وجود غلظت بالای یون‌های سدیم و کلر در محلول خاک، آثار مخربی

۱. مربی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد جهرم

۲. استاد باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۳. استاد زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز

۴. استاد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

با جذب و غلظت عناصر کم مصرف کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است و تنها گزارش موجود (۲۰) حاکی از عکس العمل متفاوت گونه‌های مختلف مرکبات در رابطه با جذب عناصر کم مصرف تحت شرایط شوری می‌باشد. بر این اساس هدف از این پژوهش بررسی رفتار پنج گونه مرکبات شامل بکرای، نارنج، لیموشیرین، لیمو آب و ولکامریانا، رشد یافته در خاک غالب منطقه جنوب (آهکی) در جذب عناصر کم مصرف تحت سطوح مختلف شوری (کلورسیدیم) بوده است. این گونه‌ها در مناطق جنوبی کشور به عنوان پایه برای ارقام تجاری مرکبات و یا برخی از آنها مثل نارنج، لیمو آب و لیمو شیرین به صورت مستقیم هم کشت می‌شوند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال‌های ۸۲-۱۳۸۱ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در ۴ تکرار بر روی دانهال‌های یکساله پنج پایه مرکبات در گلخانه بخش باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز انجام گرفت. عامل شوری در چهار سطح صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی مولار NaCl و گونه‌ها شامل بکرای (نارنگی × لیمو شیرین)، ولکامریانا، نارنج، لیموشیرین و لیمو آب بود. دانهال‌های یکساله پنج گونه فوق (رشد یافته در شرایط یکسان)، در گلدان‌های ۵ لیتری حاوی خاک غالب منطقه جنوب (pH=۸/۲)، کاشته شد. پس از این که دانهال‌ها کاملاً مستقر شده و رشد مجدد آغاز نمودند (پس از ۳ ماه)، تیمارهای شوری اعمال شد. جهت اجتناب از ایجاد شوک ناشی از شوری، مقادیر نمک در هر یک از تیمارها تدریجاً به آب آبیاری اضافه شد تا در نهایت نمک مصرفی به اندازه تیمار مورد نظر رسید. آبیاری دانهال‌های شاهد با آب آبیاری صورت گرفت (جدول ۱). پس از اتمام دوره آزمایش (۳ ماه)، شاخساره دانهال‌ها جدا و پس از شستشوی دقیق، در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده و پس از خشک شدن با آسیاب برقی به صورت پودر در آورده شدند. پس از تهیه خاکستر از مواد گیاهی در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، عصاره‌گیری با استفاده از ۲ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال

شرایط شوری، بروز تغییرات در میزان مهیا بودن عناصر غذایی در جذب، انتقال و توزیع در بخش‌های مختلف گیاه و یا غیر فعال شدن فیزیولوژیکی بخش‌هایی از گیاه که در جذب عناصر غذایی دخالت دارند، می‌تواند باعث به هم خوردن تعادل غذایی گیاه شوند (۱۰). در خاک‌های شور و شور سدیمی، حلالیت عناصر کم مصرف مانند آهن، مس، روی، منگنز و مولیبدن معمولاً کم بوده و گیاهان رشد یافته در این شرایط، اغلب کمبود عناصر فوق را نشان می‌دهند، بنابراین میزان کمبود بسته به نوع گیاه، نوع بافت گیاهی، سطح شوری، شرایط رشد، غلظت عناصر کم مصرف در محیط رشد، نوع ترکیب بستر گیاه و طول دوره تیمار شوری متفاوت می‌باشد (۱۸). به طور کلی رابطه بین شوری و عناصر کم مصرف بسیار پیچیده بوده و شوری ممکن است غلظت عناصر کم مصرف را در شاخساره گیاه کاهش و یا افزایش داده و یا اثری بر آن نداشته باشد (۱۰). در اغلب گیاهان باغبانی مقدار منگنز در شاخساره گیاهان تحت تنش شوری کاهش می‌یابد (۱۴ و ۱۹) در صورتی که تنش شوری تأثیری بر مقدار منگنز شاخساره گوجه فرنگی نداشته (۱) و یا مقدار آن را افزایش می‌دهد (۱۶ و ۱۷). بررسی‌های انجام شده در گیاهان باغبانی نشان داده است که غلظت روی در شاخساره گیاهان تحت شرایط شوری افزایش می‌یابد (۶، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۹، ۲۰)، تغییری نمی‌کند (۱۴) و یا کاهش می‌یابد (۱). گزارش‌های متفاوتی در مورد اثر شوری بر مقدار آهن شاخساره وجود دارد. در مواردی غلظت آهن افزایش یافته (۵ و ۱۶) و در مورد دیگر، غلظت آهن در شاخساره گیاهان تحت تیمار کاهش یافته است (۱۲). شوری باعث افزایش و یا کاهش مقدار مس در شاخساره گیاهان شده (۱۴ و ۱۹) و مقدار بُر را کاهش می‌دهد (۸). بر خلاف سایر عناصر کم مصرف، در گزارش‌های موجود، شوری، افزایش غلظت کلر در شاخساره گیاهان تحت تیمار، به ویژه مرکبات را به دنبال داشته است (۲، ۳، ۱۳، ۲۴ و ۲۵).

مرکبات جزء گیاهان حساس به شوری بوده و تحت شرایط شوری متوسط و بالا خسارات شدیدی به آنها وارد می‌شود. رفتار گونه‌های مختلف مرکبات تحت شرایط شوری در رابطه

جدول ۱. خصوصیات آب مورد استفاده برای آبیاری

| pH | هدایت الکتریکی (میکروموس) | غلظت نمک گرم در لیتر | سطح شوری (مول NaCl در متر مکعب) |
|-----------|---------------------------|----------------------|---------------------------------|
| ۵/۷۲±۰/۰۳ | ۶۳۲±۷ | ۰ | ۰ |
| ۵/۶۱±۰/۰۲ | ۲۳۲۷±۱۱ | ۱/۱۷ | ۲۰ |
| ۵/۸۶±۰/۰۲ | ۴۳۲۱±۱۶ | ۲/۳۴ | ۴۰ |
| ۵/۷۹±۰/۰۱ | ۵۹۸۳±۱۹ | ۳/۵۱ | ۶۰ |

اختلاف تقریباً در یک سطح بودند و از مجموع تیمارها بین نارنج، لیمو آب و لیمو شیرین با بکرایی و ولکامریانا اختلاف معنی‌دار در سطح یک در صد وجود داشت (جدول ۲).

بر اساس نتایج جدول ۲، بر اثر شوری، مقدار آهن در شاخساره بعضی گونه‌ها افزایش و بعضی دیگر کاهش یافته است. همانند نتایج این آزمایش، برخی مطالعات انجام شده روی گیاهان باغبانی تحت شرایط شوری حاکی از افزایش مقدار آهن در شاخساره گیاهان تحت تیمار (۵ و ۱۶)، و برخی دیگر حاکی از کاهش مقدار آهن می‌باشند (۱۲). گزارش روئیز و همکاران (۲۰) و ذکری و پارسونز (۲۵) حاکی از رفتار متفاوت ارقام مختلف مرکبات تحت شرایط شوری در رابطه با مقدار آهن در شاخساره است که با نتایج این آزمایش به ویژه در مورد نارنج مطابقت دارد.

۲. اثر شوری بر مقدار روی در شاخساره

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گونه‌های مورد آزمایش در مقدار روی در شاخساره با هم تفاوت دارند. در تیمار شاهد، بالاترین مقدار روی (۱۵۲/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک)، در شاخساره لیمو شیرین و کمترین آن (۳۹/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) در شاخساره لیمو آب بود. با اعمال شوری مقدار روی در شاخساره تغییر یافت که مقدار تغییر بسته به نوع گونه و سطح شوری متفاوت بود. در سطح شوری ۲۰ میلی‌مولار، مقدار روی در شاخساره نارنج، لیمو آب و بکرایی نسبت به شاهد افزایش داشت که این افزایش در نارنج و بکرایی در سطح یک در صد معنی‌دار بود. در این سطح شوری، مقدار روی در شاخساره لیمو شیرین و ولکامریانا کاهش معنی‌دار داشت. در سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار، مقدار روی در شاخساره

و آب مقطر و رساندن به حجم ۵۰ میلی‌لیتر، انجام شد. از عصاره برای اندازه‌گیری غلظت آهن، روی، منگنز و مس با دستگاه جذب اتمی و غلظت بُر با دستگاه اسپکتروفتومتر، استفاده شد. برای اندازه‌گیری غلظت کلر در شاخساره، نیم گرم از پودر گیاهی با اکسید کلسیم و آب دوبار تقطیر به صورت خمیر در آورده شد و از این خمیر در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد خاکستر تهیه گردید و پس از صاف کردن و رساندن به حجم ۵۰ میلی‌لیتر، از عصاره به روش تیتراسیون با نیترات نقره، غلظت کلر اندازه‌گیری شد. اطلاعات به دست آمده با استفاده از نرم افزار MSTAT-C تجزیه و تحلیل آماری شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح یک درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

۱. اثر شوری بر مقدار آهن در شاخساره

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گونه‌های مورد آزمایش در مقدار آهن در شاخساره با هم تفاوت دارند. در تیمار شاهد بالاترین مقدار آهن (۸۴/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) در شاخساره نارنج و کمترین آن (۶۲/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) در شاخساره لیمو شیرین بود. شوری ۲۰ میلی‌مولار، مقدار آهن را در شاخساره همه گونه‌ها به جز بکرایی، افزایش داد. در سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار، مقدار آهن در شاخساره بکرایی، لیمو آب و نارنج افزایش و در ولکامریانا و لیمو شیرین کاهش یافت و در سطح شوری ۶۰ میلی‌مولار مقدار آهن تنها در شاخساره نارنج افزایش داشت. به طور کلی بین تیمار شاهد و تیمار ۶۰ میلی‌مولار از نظر مقدار آهن در شاخساره اختلاف معنی‌دار وجود داشت و تیمارهای ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار بدون

جدول ۲. اثر تیمارهای شوری بر مقدار آهن (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک) در شاخساره گونه‌های مختلف مرکبات

| میانگین | گونه‌های مرکبات | | | | | میلی مول در NaCl لیتر |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|
| | ولکامریانا | لیموشیرین | لیمو آب | بکرایی | نارنج | |
| ۷۳/۴ ^B | ۸۱/۲ ^b | ۶۲/۲ ^c | ۷۳/۲ ^{bc} | ۶۵/۵ ^c | ۸۴/۵ ^{cd} | ۰ |
| ۹۶/۲ ^A | ۱۰۴ ^a | ۱۴۳/۳ ^a | ۷۹/۸ ^b | ۶۵/۲ ^c | ۸۹ ^{bc} | ۲۰ |
| ۹۴/۲ ^A | ۷۷/۸ ^{bc} | ۸۹/۸ ^b | ۱۲۵/۳ ^a | ۸۵/۸ ^a | ۹۲/۲ ^{ab} | ۴۰ |
| ۷۴/۴ ^B | ۵۸/۵ ^d | ۶۰ ^{cd} | ۷۵ ^{bc} | ۸۲/۲ ^{ab} | ۹۶ ^a | ۶۰ |
| | ۸۰/۴ ^B | ۸۸/۸ ^A | ۸۸/۳ ^A | ۷۴/۷ ^B | ۹۰/۴ ^A | میانگین |

در هر ردیف یا ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ و یا کوچک، در سطح ۱٪ آزمون دانکن اختلاف معنی دار ندارند.

شوری (۱) و برخی دیگر تأکید بر عدم تأثیر شوری بر مقدار روی در شاخساره دارند (۱۴). رفتار گونه‌های مختلف در این آزمایش در تیمار شاهد و سایر تیمارها در رابطه با مقدار روی در شاخساره متفاوت بود که با نتایج به دست آمده توسط روئیز و همکاران (۲۰) در مورد نارنج و سایر مرکبات مطابقت دارد.

۳. اثر شوری بر مقدار منگنز در شاخساره

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گونه‌های مورد آزمایش از نظر مقدار منگنز در شاخساره با هم تفاوت دارند. در تیمار شاهد، بالاترین مقدار منگنز (۲۸/۸ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک) در شاخساره بکرایی و کمترین آن (۱۵/۸ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک) در شاخساره نارنج بود. با اعمال شوری، مقدار منگنز در شاخساره همه گونه‌ها به جز نارنج کاهش نشان داد، ولی میزان کاهش نسبت به شاهد در برخی گونه‌ها معنی دار و در برخی دیگر معنی دار نبود. در سطح شوری ۲۰ میلی مولار، مقدار منگنز تنها در شاخساره لیمو شیرین و ولکامریانا نسبت به شاهد کاهش معنی دار داشت. در سطح شوری ۴۰ میلی مولار کاهش معنی دار در مقدار منگنز در شاخساره هیچ یک از گونه‌ها نسبت به سطح شوری ۲۰ میلی مولار مشاهده

بکرایی و لیمو آب افزایش داشت بنابراین نسبت به سطح شوری ۲۰ میلی مولار معنی دار نبود. در این سطح شوری، مقدار روی در شاخساره ولکامریانا و لیمو شیرین نسبت به شاهد و سطح شوری ۲۰ میلی مولار، کاهش معنی دار داشت. در سطح شوری ۶۰ میلی مولار، مقدار روی در شاخساره نارنج، لیمو شیرین و ولکامریانا کاهش معنی دار نسبت به سطح شوری ۴۰ میلی مولار داشت و این کاهش در لیمو آب معنی دار نبود. در این سطح شوری مقدار روی در شاخساره بکرایی افزایش معنی دار نسبت به سایر سطوح شوری و شاهد داشت. به طور کلی بین تیمار شاهد و سایر تیمارها از نظر مقدار روی در شاخساره اختلاف معنی دار وجود داشت و از مجموع تیمارها از نظر مقدار روی در شاخساره نیز بین گونه‌های مورد آزمایش اختلاف معنی دار در سطح یک در صد وجود داشت و تنها لیمو آب و نارنج اختلاف معنی دار نداشتند (جدول ۳).

عنوان شده است که رفتار گونه‌های گیاهی تحت شرایط شوری در رابطه با مقدار روی متفاوت است (۶، ۱۵، ۱۹ و ۲۰). در این رابطه برخی مطالعات حاکی از افزایش مقدار روی در شاخساره تحت شرایط شوری (۶، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۹ و ۲۰)، برخی حاکی از کاهش مقدار روی در شاخساره تحت شرایط

جدول ۳. اثر تیمارهای شوری بر مقدار روی (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) در شاخساره گونه‌های مختلف مرکبات

| میانگین | گونه‌های مرکبات | | | | | میلی‌مول NaCl در لیتر |
|--|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| | ولکامریانا | لیموشیرین | لیمو آب | بکرایبی | نارنج | |
| مقدار روی (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) | | | | | | |
| ۷۱/۱ ^A | ۷۶/۸ ^a | ۱۵۲/۸ ^a | ۳۹/۲ ^{ab} | ۴۵/۲ ^c | ۴۱/۵ ^b | ۰ |
| ۵۹/۲ ^B | ۵۵/۸ ^b | ۹۱/۲ ^b | ۴۳/۸ ^a | ۵۸/۲ ^b | ۴۶/۸ ^a | ۲۰ |
| ۵۲/۴ ^C | ۴۱/۲ ^c | ۷۰/۸ ^c | ۴۴/۲ ^a | ۵۹/۸ ^b | ۴۵/۸ ^a | ۴۰ |
| ۵۰/۱ ^C | ۳۰ ^d | ۵۶/۸ ^d | ۴۰ ^a | ۸۵/۸ ^a | ۳۸ ^c | ۶۰ |
| | ۵۰/۹ ^C | ۹۲/۹ ^A | ۴۱/۸ ^D | ۶۲/۲ ^B | ۴۳ ^D | میانگین |

در هر ردیف یا ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ و یا کوچک، در سطح ۱٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.

در رابطه با مقدار منگنز در شاخساره تحت شرایط شوری است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

۴. اثر شوری بر مقدار مس در شاخساره

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گونه‌های مورد آزمایش از نظر مقدار مس در شاخساره با هم تفاوت دارند. در تیمار شاهد، بالاترین مقدار مس (۱۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) در شاخساره ولکامریانا و کمترین آن (۵/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) در شاخساره لیمو آب بود. با اعمال شوری، مقدار مس در شاخساره برخی گونه‌ها افزایش و برخی دیگر کاهش یافت. در سطح شوری ۲۰ میلی‌مولار، مقدار مس در شاخساره نارنج و لیمو آب نسبت به شاهد افزایش و در شاخساره سایر گونه‌ها کاهش یافت. بالاترین مقدار مس در سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار، در شاخساره نارنج بود. در سطح شوری ۶۰ میلی‌مولار، مقدار مس در شاخساره همه گونه‌ها به جز ولکامریانا در حدود تیمار شاهد بود. به طور کلی بین تیمار شاهد و سایر تیمارها از نظر مقدار مس در شاخساره اختلاف معنی‌دار وجود داشت و از مجموع تیمارها بین نارنج و لیمو آب با ولکامریانا،

نشد. در سطح شوری ۶۰ میلی‌مولار، مقدار منگنز در شاخساره نارنج افزایش معنی‌دار نسبت به سایر سطوح شوری و شاهد نشان داد. در این سطح شوری، مقدار منگنز در شاخساره لیمو آب و لیمو شیرین کاهش داشت ولی معنی‌دار نبود و در بکرایبی و ولکامریانا کاهش مقدار منگنز نسبت به سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار معنی‌دار بود. به طور کلی بین تیمار شاهد و سایر تیمارها از نظر مقدار منگنز در شاخساره اختلاف معنی‌دار در سطح یک در صد وجود داشت و از مجموع تیمارها نیز بین گونه‌های مختلف از نظر مقدار منگنز در شاخساره اختلاف معنی‌دار در سطح یک در صد آزمون دانکن مشاهده شد (جدول ۴).

همانند نتایج این آزمایش، برخی مطالعات انجام شده روی گیاهان باغبانی حاکی از کاهش مقدار منگنز در شاخساره تحت شرایط شوری است (۱۴ و ۱۹)، ولی برخی دیگر بر عدم تأثیر شوری بر مقدار منگنز (۱) و یا افزایش آن در شاخساره و یا برگ گیاهان تحت تیمار شوری دلالت دارند (۵، ۶ و ۱۴). در مورد مرکبات، گزارش روئیز و همکاران (۲۰) و ذکری و پارسونز (۲۵) حاکی از رفتار متفاوت گونه‌های مختلف مرکبات

جدول ۴. اثر تیمارهای شوری بر مقدار منگنز (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک) در شاخساره گونه‌های مختلف مرکبات

| میانگین | گونه‌های مرکبات | | | | | میلی مول NaCl در لیتر |
|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| | ولکامریانا | لیموشیرین | لیمو آب | بکرایی | نارنج | |
| ۲۲ ^A | ۲۲/۵ ^a | ۲۷/۱ ^a | ۱۶/۲ ^a | ۲۸/۸ ^a | ۱۵/۸ ^b | ۰ |
| ۱۹/۲ ^B | ۱۷/۵ ^b | ۲۳/۴ ^{bc} | ۱۴/۲ ^{ab} | ۲۶/۲ ^{ab} | ۱۵/۲ ^b | ۲۰ |
| ۱۹ ^B | ۱۷/۱ ^b | ۲۴/۲ ^b | ۱۳/۲ ^{bc} | ۲۴/۲ ^{bc} | ۱۶/۵ ^b | ۴۰ |
| ۱۷ ^C | ۱۳/۵ ^c | ۲۳ ^{bc} | ۱۰/۸ ^c | ۱۸/۵ ^d | ۱۸/۸ ^a | ۶۰ |
| | ۱۷/۶ ^B | ۲۴/۴ ^A | ۱۳/۵ ^C | ۲۴/۴ ^A | ۱۶/۶ ^B | میانگین |

در هر ردیف یا ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ و یا کوچک، در سطح ۱٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۵. اثر تیمارهای شوری بر مقدار مس (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک) در شاخساره گونه‌های مختلف مرکبات

| میانگین | گونه‌های مرکبات | | | | | میلی مول NaCl در لیتر |
|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|
| | ولکامریانا | لیموشیرین | لیمو آب | بکرایی | نارنج | |
| ۸/۲ ^{AB} | ۱۰/۸ ^a | ۷/۲ ^{ab} | ۵/۲ ^{ab} | ۸/۲ ^a | ۹/۸ ^{bc} | ۰ |
| ۷/۸ ^{AB} | ۱۰/۲ ^{ab} | ۵/۵ ^c | ۵/۵ ^{ab} | ۷/۲ ^{bc} | ۱۰/۸ ^{ab} | ۲۰ |
| ۹ ^A | ۹/۲ ^{bc} | ۹ ^a | ۶/۲ ^a | ۷/۵ ^b | ۱۲/۸ ^a | ۴۰ |
| ۷ ^B | ۴/۸ ^d | ۷/۲ ^{ab} | ۵/۸ ^{ab} | ۷/۸ ^{ab} | ۹/۵ ^{bc} | ۶۰ |
| | ۸/۸ ^B | ۷/۲ ^C | ۵/۷ ^D | ۷/۷ ^{BC} | ۱۰/۷ ^A | میانگین |

در هر ردیف یا ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ و یا کوچک، در سطح ۱٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.

(۱۴) در مورد سایر گیاهان مطابقت دارد.

بکرایی و لیمو شیرین اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد در مقدار مس شاخساره وجود داشت (جدول ۵).

۵. اثر شوری بر مقدار یون کلر در شاخساره

با توجه به نتایج جدول ۵، مقدار مس تحت تأثیر شوری در شاخساره برخی گونه‌ها کاهش و در برخی دیگر افزایش دارد. این یافته‌ها با نتایج رحمان و همکاران (۱۹) و ایزو و همکاران

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گونه‌های مورد آزمایش در میزان تجمع یون کلر در شاخساره خود با هم اختلاف دارند. در تیمار

کلردر برگ بالا باشد، کم بودن مقدار یون سدیم و یا بالا بودن مقدار یون پتاسیم نمی‌تواند مانع خسارت یون کلر شود، بنابراین در مورد نارنج عنوان شده است که علت تحمل به شوری آن علی‌رغم بالا بودن مقدار یون کلر در شاخساره، شاید به این دلیل است که نارنج قادر است تا حدودی یون کلر را از سیتوپلاسم سلول‌های خود، یعنی جایی که فرایندهای متابولیکی در حال انجام است، خارج نماید (۲۵).

۶. اثر شوری بر مقدار بُر در شاخساره

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گونه‌های مورد آزمایش در مقدار بُر در شاخساره با هم تفاوت معنی‌دار دارند. در تیمار شاهد بالاترین مقدار بُر (۲۳/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) در شاخساره بکرایی و کمترین آن (۱۴/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) در شاخساره ولکامریانا بود. در سطح شوری ۲۰ میلی مولار، مقدار بُر در شاخساره نارنج کاهش معنی‌دار و در شاخساره سایر گونه‌ها افزایش معنی‌دار نسبت به شاهد داشت. در سطح شوری ۴۰ میلی مولار، مقدار بُر در شاخساره ولکامریانا و در شاخساره لیمو شیرین افزایش معنی‌دار نسبت به شاهد داشت. در سطح شوری ۶۰ میلی مولار، مقدار بُر در شاخساره همه گونه‌ها به جز نارنج و بکرایی، نسبت به سطح شوری ۴۰ میلی مولار، کاهش معنی‌دار داشت. به طور کلی بین تیمار شاهد و سایر تیمارها از نظر مقدار بُر در شاخساره تفاوت معنی‌دار وجود داشت و از مجموع تیمارها نیز بین گونه‌های مورد آزمایش از نظر مقدار بُر در شاخساره، اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ۶).

نتایج جدول ۶، حاکی از تفاوت مقدار بُر در شاخساره گونه‌های مورد آزمایش است که با نتایج به دست آمده توسط استوفلا و همکاران (۲۱) در رابطه با نارنج و دیگر ارقام مرکبات مطابقت دارد. عنوان شده است که شوری منجر به کاهش مقدار بُر در شاخساره می‌شود (۷ و ۸) که در این

شاهد بیشترین میزان تجمع یون کلر در نارنج و کمترین آن در ولکامریانا بود. با اعمال شوری، تجمع یون کلر در شاخساره نسبت به شاهد، در تمام تیمارها افزایش معنی‌دار داشت، ولی میزان افزایش بسته به نوع گونه و سطح شوری متفاوت بود. برای مثال در شوری ۲۰ میلی مولار میزان تجمع یون کلر در ولکامریانا، لیمو شیرین و لیمو آب در حدود ۳ برابر، در بکرایی در حدود ۵ برابر و در نارنج در حدود ۱/۵ برابر نسبت به شاهد افزایش نشان داد. این روند افزایش در شوری ۴۰ میلی مولار مشاهده نشد. در این سطح شوری میزان تجمع یون کلر در ولکامریانا در حدود ۴ برابر، در لیمو شیرین ۱/۵ برابر، در لیمو آب در حدود ۲ برابر، در بکرایی کمی بیش از یک برابر و در نارنج تقریباً ۲ برابر نسبت به تیمار ۲۰ میلی مولار افزایش داشت. در شوری ۶۰ میلی مولار روند افزایش تجمع یون کلر خیلی کمتر از سطوح پایین‌تر شوری بود. در این سطح شوری بیشترین میزان افزایش یون کلر در نارنج، اندکی کمتر از ۱/۵ برابر نسبت به تیمار ۴۰ میلی مولار بود. به طور کلی بین تیمار شاهد و سایر تیمارها از نظر میزان تجمع یون کلر در شاخساره اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد وجود داشت و از مجموع تیمارها بالاترین مقدار یون کلر در شاخساره نارنج (۱/۴۶ درصد) و بعد از آن به ترتیب لیمو آب (۱/۱۶درصد)، بکرایی (۱/۰۹درصد)، لیمو شیرین (۱/۰۵درصد) و ولکامریانا (۰/۹۷ درصد) قرار داشتند (جدول ۶).

اختلاف در مقدار کلر در شاخساره گونه‌های مختلف با نتایج به دست آمده توسط محققان مختلف (۲، ۴، ۱۳، ۲۲ و ۲۴) در مورد سایر ارقام مرکبات مطابقت دارد. والکر (۲۳) افزایش میزان کلر در مرکبات را کاملاً توجیه پذیر دانسته و عنوان کرده است که دلیل این مسأله این است که برگ‌ها آخرین مسیر جذب و انتقال کلر می‌باشند. بالا بودن مقدار یون کلر در شاخساره نارنج با نتایج گارسیا لگاز و همکاران (۹) و ذکری (۲۵) مطابقت دارد. عنوان شده است که مقدار یون کلر در شاخساره می‌تواند شاخص خوبی برای تعیین تحمل به شوری در مرکبات باشد (۲۶). طبق نظر کوپر (۴)، وقتی مقدار یون

جدول ۶. اثر تیمارهای شوری بر مقدار کلر (درصد ماده خشک) در شاخساره گونه‌های مختلف مرکبات

| میانگین | گونه‌های مرکبات | | | | | میلی مول NaCl در لیتر |
|-------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| | ولکامریانا | لیموشیرین | لیمو آب | بکرایبی | نارنج | |
| | مقدار کلر (درصد ماده خشک) | | | | | |
| ۰/۳ ^A | ۰/۱۴ ^d | ۰/۳۲ ^d | ۰/۲۴ ^d | ۰/۱۶ ^d | ۰/۶۱ ^d | ۰ |
| ۰/۷۸ ^B | ۰/۴ ^c | ۰/۸۲ ^c | ۰/۷۸ ^c | ۰/۹۲ ^c | ۰/۹۸ ^c | ۲۰ |
| ۱/۳۷ ^C | ۱/۴۲ ^b | ۱/۳۴ ^b | ۱/۳۱ ^b | ۱/۱۹ ^b | ۱/۱۶ ^b | ۴۰ |
| ۲/۱۳ ^D | ۱/۹۱ ^a | ۱/۷۳ ^a | ۲/۳ ^a | ۲/۱ ^a | ۲/۶۴ ^a | ۶۰ |
| | ۰/۹۷ ^E | ۱/۰۵ ^D | ۱/۱۶ ^B | ۱/۰۹ ^C | ۱/۴۶ ^A | میانگین |

در هر ردیف یا ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ و یا کوچک، در سطح ۱٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.

شرایط آبیاری با آب با کیفیت مناسب و هم‌چنین تحت شرایط آبیاری با آب حاوی سطوح مختلف شوری پی برد. بر این اساس در توصیه و کاربرد عناصر کم مصرف باید نوع گونه مرکبات و شرایط خاک و کیفیت آب آبیاری را مد نظر داشت.

آزمایش تنها با نتایج به دست آمده در مورد نارنج مطابقت دارد و در سایر گونه‌ها، مقدار بُر در سطوح پایین شوری افزایش و در سطوح بالاتر شوری کاهش یافته است. به طور کلی از نتایج آزمایش می‌توان به رفتار متفاوت گونه‌های مختلف مرکبات در جذب عناصر کم مصرف در خاک‌های جنوب (آهکی) تحت

منابع مورد استفاده

- Al-Harbi, A. R. 1995. Growth and nutrient composition of tomato and cucumber seedlings as affected by sodium chloride salinity and supplemental calcium. J. Plant Nutr. 18: 1403-1416.
- Behboudian, M. H., E. Torokfalvy and R. R. Walker. 1986. Effects of salinity on ionic content, water relations and gas exchange parameters in some citrus scion-rootstock combinations. Sci. Hort. 28: 105-116.
- Cooper, W. C., B.S. Gorton and E. O. Olson. 1952. Ionic accumulation in citrus as influenced by rootstock and scion and concentration of salts and boron in the substrate. Plant Physiol. 27:191-203.
- Cooper, W. C. 1961. Toxicity and accumulation of salts in citrus trees on various rootstocks in Texas. Proc. Florida State Hort. Soc. 74: 95-104.
- Dahiya, S. S. and M. Singh. 1976. Effect of salinity, alkalinity and iron application on availability of iron, manganese, phosphorus and sodium in pea (*Pisum sativum*) crop. Plant Soil 44: 697-702.
- Doering, H. W., G. Schulze and P. Roscher. 1984. Salinity effects on the micronutrient supply of plants differing in salt resistance. Proc. of the 6th Int. Coll. for the Opti. of Plant Nutr. Montpellier, France, pp: 165-172.
- El-Motaium, R., H. Hu and P. H. Brown. 1994. The relative tolerance of six *Pronus* rootstocks to boron and salinity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119: 1169-1175.
- Ferreyra, R., A. Aljaro, A. Ruiz, L. Rojas and J. D. Oster. 1997. Behavior of 42 crop species grown in saline soils with high boron concentrations. Agric. Water Manag. 34: 111-124.
- Garcia-Legaz, M. F., J.M. Oritz and A. G. Garcia-Lidon. 1993. Effect of salinity on growth, ion content, and CO₂ assimilation rate in lemon varieties on different rootstocks. Physiol. Plant 89:427-432.
- Grattan, S. R. and C. M. Grieve. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Sci. Hort. 78: 127-157.

11. Greenway, H. and R. Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31: 149-190.
12. Hassan, N. A. K., J.V. Drew, D. Knudsen and R. A. Olson. 1970. Influence of soil salinity on production of dry matter and uptake and distribution of nutrients in barley and corn. II. Corn (*Zea mays*). *Agron. J.* 62: 46-48.
13. Hewitt, A. A., J.R. Furr and J. B. Carpenter. 1964. Uptake and distribution of chloride in citrus cuttings during a short-term test. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 84:165-169.
14. Izzo, R., F. Navari-Izzo and M.F. Quartacci. 1991. Growth and mineral absorption in maize seedlings as affected by increasing NaCl concentrations. *J. Plant Nutr.* 14: 687-699.
15. Knight, S.L., R. B. Rogers, M.A.L. Smith and L. A. Spomer. 1992. Effects of NaCl salinity on miniature dwarf tomato: I. Growth analysis and nutrient composition. *J. Plant Nutr.* 15: 2315-2327.
16. Mass, E.V., G. Ogata and M. J. Garber. 1972. Influence of salinity on Fe, Mn and Zn uptake by plants. *Agron J.* 64: 793-795.
17. Niazi, B. H. and T. Ahmed. 1984. Effect of sodium chloride and zinc on the growth of tomato. II. Uptake of ions. *Geobios* 11: 155-160.
18. Page, A. L., A.C. Chang and D. C. Adriano. 1990. Deficiencies and toxicities of trace elements. *Agricultural Salinity Assessment and Management, Chapter 7, ASCE Manuals and Reports on Eng. Practice No. 71, ASCE*, pp. 138-160.
19. Rahman, S., G. F. Vance and L. C. Munn. 1993. Salinity induced effects on the nutrient status of soil, corn leaves and kernels. *Comm. Soil Sci. Plant anal.* 24: 2251-2269.
20. Ruiz, D., V. Martines and A. Cerada. 1997. Citrus response to salinity: Growth and nutrient uptake. *Tree Physiol.* 17:141-150.
21. Stoffella, J., Y. Li, R. Pelosi and M. Hamner. 1995. Citrus rootstock and carbon dioxide enriched irrigation influence on seedling emergence, growth and nutrient content. *J. Plant Nutr.* 18: 1439-1448.
22. Walker, R. R. and T. J. Douglas. 1983. Effect of salinity level on uptake and distribution of chloride, sodium and potassium ions in citrus plants. *Aust. J. Agric. Res.* 34:145-153.
23. Walker, R. R. 1986. Sodium exclusion and potassium-sodium selectivity in salt treated Trifoliate orange and Cleopatra mandarin plants. *Aust. J. Plant Physiol.* 13:293-303.
24. Zekri, M. 1991. Effects of NaCl on growth and physiology of sour orange and Cleopatra mandarin seedlings. *Sci. Hort.* 47:305-315.
25. Zekri, M. and L. parsons. 1992. Salinity tolerance of citrus rootstocks: Effect of salt on root and leaf mineral concentrations. *Plant Soil*, 147-181.
26. Zekri, M. 1993. Salinity and calcium effects on emergence, growth and mineral composition of seedlings of eight citrus rootstocks. *J. Hort. Sci.* 68:63-70.