Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره هشت، آبان ماه ۹۹

اثر شوری و کلسیم تکمیلی بر رشد، غلظت برخی عناصر غذایی و کیفیت میوه گوجه فرنگی تحت شرایط آبکشت

ابوالفضل آزادی [۱*]

Abolfazl_azadi@yahoo.com

عبدالمجید رونقی [۲]

زهرا احمدی [۳]

مجتبی صدری [۳]

زهرا اسدی [۳]

صابر حیدری [٤]

تاریخ دریافت: ۹۷/۹/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱/۲۱

چکیده

زمینه و هدف: تنش شوری از مشکلات اساسی در تولید محصول در کشاورزی بوده و نقش مهمی در کاهش رشد گوجه فرنگی دارد. غلظت مناسب کلسیم در شرایط شوری عامل مهمی در کنترل سمیت سدیم و کلر و افزایش عملکرد گیاهان حساس به این یون‌ها خصوصا گوجه فرنگی است. این پژوهش با هدف تعیین اثر شوری و کلسیم تکمیلی بر رشد، غلظت برخی عناصر غذایی و کیفیت میوه گوجه فرنگی تحت شرایط آبکشت انجام گرفته است.

روش بررسی: بدین منظور، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار در سال ۹۰-۸۹ در گلخانه بخش خاکشناسی دانشگاه شیراز انجام گرفت. تیمار های مورد استفاده شامل: سه سطح شوری (۰، ۱۰ و ۲۰ میلی مولار) از منبع کلرید سدیم و سه سطح کلسیم (۰، ۵ و ۱۰ میلی مولار) از منبع نیترات کلسیم بود.

۱- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران. [*](مسوول مکاتبات)

۲- استاد بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز .

۳- دانشجویان سابق کارشناسی ارشد بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

۴- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش وترویج کشاورزی، جیرفت، ایران.

www.SID.ir

Archive of SID

یافته ها: نتایج نشان داد که افزودن کلسیم تکمیلی در شرایط شور به محلول غذایی، از اثرات منفی شوری و زیادی سدیم و کلر بر رشد گوجه فرنگی می‌کاهد. اگرچه این کلسیم تکمیلی سبب بهبود رشد و عملکرد میوه نگردید، ولی می‌تواند به عنوان یک عامل رقابتی در جذب سایر کاتیون‌ها توسط گیاه نیز عمل کند.

بحث و نتیجه گیری: نتایج نشان داد که افزودن کلرید سدیم به محلول غذایی بر وزن خشک ریشه و شاخساره گوجه فرنگی تأثیر منفی داشته ولی تنها در ریشه این کاهش وزن معنی‌دار بود (۲۵/۷۲ درصد نسبت به نمونه شاهد). افزایش شوری باعث کاهش میزان نیتروژن شاخساره گردید. تغییرات پتاسیم در شاخساره معنی دار نبود اما در ریشه با افزایش شوری و کلسیم، جذب پتاسیم کاهش یافت. کمترین جذب پتاسیم در ریشه مربوط به تیمار با شوری ۲۰ میلی مولار و بدون کلسیم تکمیلی بدست آمد تیمار کلرید سدیم (شوری) سبب افزایش غلظت سدیم ریشه و شاخساره گردید و کاربرد کلسیم تکمیلی غلظت سدیم در آنها را کاهش داد. بیشترین میزان جذب منیزیم در شاخساره در تیمار شوری ۲۰ میلی مولار و بدون کلسیم بود و کمترین میزان جذب منیزیم در تیمار بدون شوری با کلسیم ۱۰ میلی مولار بوده است. شوری سبب افزایش معنی دار غلظت منگنز، روی و مس در شاخساره و افزایش روی در ریشه گردید.

واژه‌های کلیدی: گوجه فرنگی، کلرید سدیم، آبکشت، عناصر کم مصرف.

www.SID.ir

Archive of SID

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.8, October, 2020

Influence of Salinity and Supplementary Calcium on Growth, Concentration of Some Nutrients and Quality of Tomato Fruit under Hydroponic Conditions

Abolfazl Azadi [1*]

Abolfazl_azadi@yahoo.com

Abdolmajid Ronaghi [2]

Zahra Ahmadi[3]

Mojtaba Sadri[3]

Zahra Asadi[3]

Saber Heidari[4]

Admission Date:April 10, 2019 Date Received: December 10, 2018

Abstract

Background and Objective: Soil salinity is one of the important stresses in agricultural production and plays an important role in reducing the growth of crops such as tomatoes. The proper concentration of calcium in salinity conditions is an important factor in controlling sodium and chlorine toxicity and increasing the yield of sensitive plants especially tomatoes. This research was carried out to study the effect of salinity and supplemental calcium on growth, concentration of some nutrients and fruit quality of tomato under hydroponic conditions.

Method: For this purpose, a factorial experiment was conducted on the based on a completely randomized design with three replications in year 89-90 in the greenhouse of the Soil Science Department of Shiraz University. The treatments consisted of three levels of salinity (0, 10 and 20 mM) from sodium chloride and three levels of calcium (0, 5 and 10 mM) from calcium nitrate source.

Findings: The results showed that the application of supplemental calcium in saline conditions to the nutrient solution reduced the negative effects of salinity and high sodium and chloride on tomato growth, although this supplemental calcium did not improve the growth and yield of the fruit, but could be considered as a competitive factor in the absorption of other cations by the plant.

Discussion and Conclusion: The results showed that the sodium chloride had a negative effect on root and shoot dry weight, but this weight loss was significant only for the root (25.77% decrease compared to the control sample). Increasing salinity reduced the amount of nitrogen in the shoots.

1- Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran. *(Corresponding Author)

2- Professor of Soil Science, Faculty of Agricultural Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran.

3- MSc Former Students of Soil Science, Faculty of Agricultural Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran.

4- Assistant Professor, Soil and Water Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran.

www.SID.ir

Archive of SID

Changes in potassium were not significant in shoots, but in the root with increasing salinity and calcium, potassium absorption decreased. The lowest potassium uptake in the root was obtained from treatment with salinity of 20 mM and no supplemental calcium. Sodium chloride (salinity) treatment increased root and shoot sodium concentrations, and supplementation of calcium reduced the sodium concentration in them. The highest amount of magnesium absorption in shoots was in salinity treatment (20 mM) and without calcium, and the lowest magnesium adsorption was in non-saline treatments with 10 mM calcium. Salinity increased the concentration of manganese, zinc and copper in shoots and increased zinc in the root.

Keywords: Tomato, Sodium Chloride, Hydroponic, Micronutrients.

مقدمه

هیدروپونیک به تولید گیاهان در محیط بدون خاک که در آن همه عناصر غذایی از طریق آب آبیاری به گیاه می‌رسد، گفته می‌شود. سیستم‌های هیدروپونیک شامل محیط‌های آبی بدون بستر متخلخل (دانه بندی شده) و یا با بستر است. محیط‌های کشت در این سیستم‌ها از پرلایت، ورمی کولایت، سنگریزه، شن، رس انبساط یافته، پیت، خاک اره و غیره تشکیل می‌شود. گیاهان هیدروپونیک به‌طور دوره‌ای با عناصر غذایی محلول در آب، آبیاری می‌شوند تا ریشه مرطوب نگهداشته شده و به‌طور ثابت تغذیه شود(۱). از آنجا که کشت هیدروپونیک یا آبکشت به منظور به دست آوردن رشد و عملکرد مطلوب، اجازه استفاده از یک محلول غذایی منحصر برای هر محصول و یا رقم خاص می‌دهد، در سال‌های اخیر توسط تولید کنندگان تجاری در کشورهای مختلف مورد توجه و استفاده قرار گرفته است(۲). در کشت هیدروپونیک، می‌توان با کاربرد مناسب و کافی آب و مواد مغذی به حداکثر عملکرد و کیفیت ممکن رسید، با این حال کیفیت آب عرضه شده از اهمیت بالایی برخوردار است (۳). تنش شوری از جمله مشکلات اساسی تولید محصول در کشاورزی است به طوری که نزدیک به ۶ درصد از زمین های جهان و ۲۳ درصد از اراضی تحت کشت با مشکل شوری مواجه هستند (۴). شور شدن تدریجی آب با توجه به اثرات غیر قابل برگشت بر کیفیت آب مورد استفاده برای مقاصد آبیاری، یکی از مشکلات عمده زیست محیطی در بسیاری از مناطق کشاورزی مدیترانه خصوصا ایران است (۵). در واقع، استفاده از آبهای با کیفیت پایین در آینده نزدیک به ضرورتی انکار ناپذیر برای کشت محصولات کشاورزی تبدیل می‌شود، اما استفاده از این آب‌ها سبب افزایش شوری خاک خواهد شد، که می‌تواند اثر منفی بر رشد و عملکرد محصولات کشاورزی داشته باشد. بنابراین، استفاده از آبهای زیرزمینی نیمه شور توسط تولیدکنندگان باعث افزایش تدریجی Na^+ و Cl^- در منطقه ریشه خواهد شد (۶). در شرایط شوری، فراهمی عناصر غذایی در محلول خاک به دلیل غلظت بالای کلر، سدیم و بعضا کلسیم کاهش یافته و منجر به اختلال در تغذیه و بر هم خوردن تعادل عناصر غذایی گیاه می گردد. بنابراین نقش تغذیه صحیح در این شرایط بسیار حائز اهمیت است تا ضمن ایجاد تعادل غذایی، رشد مناسب و افزایش عملکرد گیاه را فراهم نماید (۷). سدیم به مقدار زیاد، جذب پتاسیم توسط گیاه را کاهش می‌دهد، اما در مورد کلسیم تا حدودی بی اثر است. اگر چه مشاهده شده است که به دلیل حضور کلرید سدیم زیاد در محیط جذب کلسیم کاهش یافته و عوارض زیادی در بافت میوه، غده و سبزی های انباری ایجاد کرده است. همچنین با مصرف پتاسیم، رشد، عملکرد و میزان کلروفیل گیاه افزایش یافته و عوارض ناشی از کمبود پتاسیم (کاهش تراوایی غشای سلولی) کم شده است (۸). گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) یکی از منابع سرشار از مواد معدنی، ویتامینها و ترکیبات آنتی اکسیدانی بوده و از مهمترین محصولات زراعی جهان در ارتباط با سلامت و تغذیه انسان به شمار می‌آید، و یکی از محصولات مهم زراعی است که مقاومت نسبی به شوری دارد. شوری یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که اثرات عمده‌ای بر روی خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاهان دارد و هر ساله باعث ایجاد

www.SID.ir

Archive of SID

خسارات فراوانی در محصولات کشاورزی از جمله سبزیجات می‌گردد. تنش نمک بر برخی از فرآیندهای عمده مانند جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، وزن خشک ریشه / ساقه و نسبت Na^+ / K^+ در ریشه و ساقه تأثیر می‌گذارد (۹). لی و همکاران (۱۰) بیان داشتند که تنش شوری در ناحیه ریشه در گوجه فرنگی، با کاهش عملکرد میوه همراه است که این کاهش عملکرد مربوط به کاهش وزن میوه می‌باشد درحالیکه تعداد میوه تغییری نداشته است. در آزمایشی بیشترین و کمترین عملکرد گوجه فرنگی کشت شده در محیط آبکشتی به ترتیب با افزودن ۳ و ۱۲ میلی زیمنس بر سانتی متر شوری به دست آمد و هم چنین تعداد میوه با کاربرد ۱۲ میلی زیمنس بر سانتی‌متر شوری به صورت معنی‌داری کاهش یافت (۱۱). بر اساس گزارش وزارت کشاورزی آمریکا، از میان تمام سبزیجات، گوجه فرنگی به شوری نسبتاً حساس است. از سوی دیگر، تنوع ژنتیکی زیادی از تحمل به سطوح مختلف شوری در میان ژنوتیپ‌های گوجه فرنگی وجود دارد. برخی از این ژنوتیپ‌ها می‌تواند شوری ۲/۵-۲/۹ دسی زیمنس بر متر در ناحیه ریشه را بدون خسارت عملکرد تحمل کنند. تاثیر دقیق شوری بسته به حساسیت ارقام و شرایط محیطی می‌تواند متفاوت باشد (۱۲). هاجر و همکاران (۱۳) اظهار داشتند که با افزودن شوری محلول غذایی، وزن تر و خشک شاخساره و ریشه گوجه فرنگی کاهش یافت. شوری، غلظت عناصر غذایی و انتقال آنها را در ریشه، شاخساره و میوه گیاهان تحت تاثیر قرار می‌دهد. گوجه فرنگی گیاهی است که به دلیل داشتن ویتامین های مختلف به ویژه ویتامین C از اهمیت زیادی برخوردار است. غلظت اسیدها و ویتامین های مختلف در گوجه فرنگی می‌تواند تحت تأثیر عواملی مانند شوری و کلسیم تکمیلی قرار گیرد (۱۴). همچنین مقدار اسید سیتریک میوه که از ویژگی‌های مهم مؤثر بر طعم و مزه میوه و از ویژگی‌های مهم در فراوری و تبدیل آن به رب گوجه فرنگی است و مقدار ویتامین C نیز که یکی از ویژگی‌های کیفی مهم در محصولات غذایی از جمله گوجه فرنگی است و می‌تواند تحت تأثیر عواملی مانند شوری و کلسیم تکمیلی قرار گیرد(۱۴). بنابراین پژوهش حاضر به منظور تعیین اثر شوری و کلسیم تکمیلی بر توزیع عناصر غذایی، اسید سیتریک و ویتامین C درگوجه فرنگی تحت سیستم هیدروپونیک انجام گرفته است.

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر شوری و کلسیم تکمیلی بر رشد و جذب عناصر غذایی در گیاه گوجه فرنگی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار در سال ۹۰-۸۹ درگلخانه دانشگاه شیراز انجام گرفت. تیمار های مورد استفاده شامل: سه سطح شوری (۰، ۱۰ و ۲۰ میلی مولار) از منبع کلرید سدیم و سه سطح کلسیم (۰، ۵ و ۱۰ میلی مولار) از منبع نیترات کلسیم بود. برای تهیه بوته های گوجه فرنگی، بذرهایی از گوجه فرنگی رقم ارگون (دارای شاخصه‌های بوته قوی با شاخ و برگ مناسب، حساسیت کم در مقابل بیماری‌های *ورتیسلیوم* و *فوزاریوم*، بازار پسند و مصرف تازه خوری مناسب) در سینی نشاء کشت شد و پس از حدود یک ماه نشاءها به گلدان های ۵ لیتری با محیط کشت پیت ماس و پرلیت با نسبت حجمی ۱/۵ و ۲ ، انتقال داده شدند. برای تهیه محلول غذایی از کود گرومور با NPK ۲۰-۲۰-۲۰ که صد در صد در آب قابل حل و به صورت محلول پاشی یا محلول در آب برای کشت هیدروپونیک قابل استفاده است، به‌کار گرفته شد. غلظت عناصر غذایی در محلول هوگلند در جدول ۱ آورده شده است.

www.SID.ir

جدول ۱- غلظت عناصر غذایی در محلول غذایی هوگلند

Table1. Nutrient concentrations in Hoagland solution

فرمول شیمیایی	غلظت عناصر غذایی (میلی‌گرم بر لیتر)			
$Ca(NO_3)_2$	۱۶۰	Ca	۱۱۲	N
KNO_3	۲۳۴/۵	K	۸۴	N
KH_2PO_4	۳۹	K	۳۰/۹۷	P
$MgSO_4$	۲۴/۳		Mg	
$ZnSO_4$	۰/۱۳		Zn	
$MnSO_4$	۰/۱۱		Mn	
$CuSO_4$	۰/۰۳۲		Cu	
Fe-EDDHA	۰/۰۰۳		Fe	
H_3BO_3	۰/۲۷		B	
H_2MoO_4	۰/۰۴		Mo	

محلول دهی تا زمان برداشت بوته ها ادامه یافت و در این مدت مقدار pH محلول غذایی با افزودن اسید سولفوریک یا سود در محدوده ۶ تا ۶/۵ کنترل شد. در طول دوره رشد، حجم محلول غذایی در ظروف کشت با استفاده از آب مقطر در یک مقدار ثابت تنظیم شد. به منظور جلوگیری از ایجاد تنش شوری (شوک اسمزی) بر گیاهچه های گوجه فرنگی، تیمارهای شوری به صورت تدریجی به محلول غذایی تا رسیدن به غلظت مورد نظر افزوده شد. ۱۵۰ روز پس از کاشت، بخش های مختلف گیاه در دو چین برداشت و پس از شستشو، در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه خشک گردید. نمونه ها قبل و بعد از خشک شدن در خشک کن وزن شده و پس از آن با آسیاب برقی پودر و به منظور تجزیه شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شدند. برای تجزیه شیمیایی، یک گرم از ماده خشک گیاهی در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد خاکستر و سپس در ۵ میلی لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال حل شد. پس از عبور عصاره از کاغذ صافی مخصوص گیاه با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شده و غلظت آهن، منگنز، روی و مس توسط دستگاه جذب اتمی (Shimadzu AA-670) اندازه‌گیری شد (۱۵). ویتامین C میوه با روش تینگ و راسف (۱۶) اندازه گیری شد. اندازگیری مواد جامد محلول[1] با استفاده از دستگاه رفراکتومترصورت گرفت، که برای این منظور چند قطره از گوشت له شده میوه استفاده شد. برای تعیین مقدار اسیدیته قابل تیتر عصاره میوه از روش استاندارد با pH متر استفاده شد. مقدار اسیدیته قابل تیتر بر حسب میلی‌گرم اسید در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه محاسبه شد (۱۴).داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS و همچنین آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد تجزیه و تحلیل و مقایسه قرار گرفتند. همچنین ترسیم نمودارها با نرم افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

اثر شوری و کلسیم تکمیلی بر وزن خشک شاخساره و ریشه گوجه فرنگی

وزن خشک شاخساره در تیمارهای با کاربرد توأم سطوح کلرید سدیم (شوری) و کلسیم تکمیلی در مقایسه با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت ($p\leq$۰/۰۵) ولی در وزن خشک ریشه تفاوت معنی داری بین تیمارها و شاهد وجود داشت (جدولهای ۲ و ۳). در ریشه کاربرد کلسیم تکمیلی در کاهش آثار منفی شوری بر وزن خشک ریشه گوجه فرنگی موثر بود و بیشترین کاهش وزن خشک ریشه در تیمار ۲۰ میلی مولار شوری و

1 - Total suspended solids (TSS)

www.SID.ir

Archive of SID

بدون کاربرد کلسیم تکمیلی به دست آمد (۲۵/۷۲ درصد نسبت به شاهد). اما کاربرد کلسیم تکمیلی به محلول شور (شوری ۲۰ میلی مولار) منجر به افزایش معنی دار و حدود ۲۰ درصدی وزن خشک ریشه‌ها شد . در سطح بدون شوری و شوری ۱۰ میلی مولار، کاربرد کلسیم تکمیلی وزن خشک ریشه را کاهش داد که نشان دهنده عدم تاثیر کاربرد کلسیم تکمیلی بر کاهش رشد ریشه در شوری‌های کمتر و برابر ۱۰ میلی‌مولار بود. طبق نتایج چندین پژوهش، کاربرد کلسیم تکمیلی ، وزن خشک اندام هوایی توت فرنگی ارقام کامورسا و اسوگراند (۱۷) و گوجه‌فرنگی (۱۸) را درتیمارهایی که شوری سبب کاهش وزن شده بود افزایش داد که علت آن را بدین صورت بیان کردند که به دلیل وجود رقابت بین یون‌های سدیم با یون های کلسیم برای سایت‌های اتصال غشایی، غلظت بالا کلسیم می تواند غشای سلولی را حفظ کند و از اثرات نامطلوب شوری، مانند کاهش رشد جلوگیری نماید.

اما چاتیساویدیس و همکاران (۱۹) گزارش کردند که افزودن کلرید کلسیم به محلول غذایی سبب کاهش اثر منفی شوری بر رشد نهال های مرکبات نشده است. احتمالا به دلیل کاربرد شوری پایین محلول غذایی (کمتر از ۲۰ میلی‌مولار) که این محققان با آن کار کردند.

اثر شوری و کلسیم تکمیلی بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در شاخساره و ریشه گوجه فرنگی

همان‌طور که در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است. در سطح شوری ۱۰ میلی مولار، کمترین غلظت نیتروژن در شاخساره مشاهده شده است که احتمالاً به دلیل رقابت بین کلر و نیترات برای جذب توسط گیاه می باشد. بیشترین غلظت و جذب نیتروژن شاخساره در تیمارهای کلسیم ۱۰ میلی مولار بدون شوری و شوری ۲۰ میلی مولار دیده شد که به دلیل منبع کلسیم می باشد (نیترات کلسیم). در سطح شوری ۲۰ میلی مولار، کاربرد نیتروژن به صورت نیترات کلسیم باعث افزایش جذب نیتروژن در شاخساره و ریشه شده است. افزایش جذب نیتروژن با شوری احتمالا به دلیل جذب بیشتر نیتروژن برای کنترل تعادل غذایی و یا افزایش مقاومت به شوری بوده است.

مهمترین اثر شوری افزایش غلظت سدیم در بافت های گیاه است که می‌تواند تغییرات نامطلوب درجذب سایر عناصر غذایی ایجاد کند (۲۰). تغییرات پتاسیم در شاخساره معنی دار نبود اما در ریشه با افزایش شوری، جذب پتاسیم کاهش یافت. در ریشه در تیمار بدون شوری، شوری ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار، کاربرد کلسیم تکمیلی به ترتیب سبب افزایش ۲۰/۳۱، ۹/۸۳ و ۳۰/۶ درصدی میزان جذب پتاسیم شد. کمترین جذب پتاسیم در ریشه مربوط به تیمار با شوری ۲۰ میلی مولار و بدون کلسیم تکمیلی به‌دست آمد و بیشترین میزان جذب پتاسیم در ریشه نیز مربوط به تیمار بدون شوری و با کلسیم تکمیلی ۱۰ میلی مولار بود. احتمالا مهمترین دلیل برای این کاهش، وجود رابطه ناهمسازی بین سدیم و کلسیم با پتاسیم برای جذب توسط ریشه می‌باشد(۲۱).

بیشترین مقدار جذب فسفر در شاخساره در تیمار بدون شوری با کلسیم ۵ میلی مولار و کمترین مقدار جذب آن در تیمار شوری ۱۰ میلی مولار و بدون کلسیم دیده شد که به دلیل رقابت کلر و فسفر در جذب توسط گیاه است. جذب فسفر در ریشه در تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشته است. برخی از محققان بیان داشتند که در غلظت‌های پایین فسفر، شوری از جذب فسفر توسط ریشه، انتقال آن از ریشه به شاخساره جلوگیری می‌کند که احتمالا به دلیل کاهش حرکت فسفر در واکوئل‌ها است(۲۲). خورشیدی و همکاران(۲۳) در تحقیق خود بیان داشتند که تا سطح شوری ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم، غلظت نیتروژن و پتاسیم کاهش یافت در حالی‌که غلظت فسفر تغییری نداشت.

اثر شوری و کلسیم تکمیلی بر جذب سدیم، کلسیم و منیزیم در شاخساره و ریشه گوجه فرنگی

همان طور که در جدول ۲ و ۳ مشاهده می شود، شوری سبب افزایش معنی‌دار غلظت سدیم در اندام های گوجه فرنگی شد. همچنین در ریشه و شاخساره، در تیمار بدون شوری تفاوت معنی‌داری بین غلظت سدیم در شاهد (تیمار بدون کلسیم تکمیلی) و تیمارهایی که در آنها کلسیم تکمیلی به کار برده شد مشاهده نشد. در هر دو بخش شاخساره و ریشه گوجه

www.SID.ir

Arch

فرنگی در سطوح مختلف کلرید سدیم همراه با کلسیم تکمیلی، غلظت سدیم در مقایسه با شاهد هر سطح (بدون کلسیم تکمیلی) کاهش معنی دار نشان داد به این معنی که با افزایش سطح کلسیم تکمیلی (۵ و ۱۰ میلی‌مولار)، تجمع سدیم در بخش‌های مختلف گیاه گوجه فرنگی کاهش یافت. در شاخساره در سطوح شوری ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار به ترتیب به میزان ۲۸/۲۴ و ۴۰/۱۴ درصد کاهش یافت. همچنین در ریشه در سطوح شوری ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار به ترتیب به میزان ۵۵/۴۴ و ۵۰/۷۷ درصد کاهش یافت. این شرایط توسط کایا و همکاران(۱۷) در ریشه گیاه توت فرنگی تحت شرایط آبکشت مشاهده شد. غلظت بالای کلسیم می‌تواند نفوذ پذیری غشا سیتوپلاسمی به سدیم را کاهش داده و از تجمع سدیم در ریشه و شاخساره جلوگیری کند (۲۴). کمترین مقدار جذب کلسیم در شاخساره در تیمارهای شوری ۱۰ و ۲۰ میلی مولار و بدون کلسیم بود و بیشترین مقدار آن در تیمار شوری ۱۰ و کلسیم ۵ میلی مولار مشاهده گردید که احتمالاً به دلیل بیشتر بودن وزن خشک گیاه در این تیمار می باشد. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود در کاربرد تنهای کلرید سدیم غلظت کلسیم در شاخساره گوجه فرنگی در مقایسه با شاهد به صورت معنی‌داری و به میزان ۲۰/۵۵ درصد کاهش یافت. ناوارو و همکاران(۱۸) نیز کاهش غلظت کلسیم در گوجه فرنگی در حضور کلرید سدیم کاهش گزارش نموده اند. همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، غلظت منیزیم در ریشه در تمام تیمارها با افزایش کلسیم تکمیلی کاهش یافت اگرچه این افزایش معنی‌دار نبود. در شاخساره گوجه فرنگی (جدول ۲) بیشترین میزان جذب منیزیم در تیمار شوری ۲۰ میلی مولار و بدون کلسیم است و کمترین میزان جذب منیزیم در تیمار بدون شوری با کلسیم ۱۰ میلی مولار می باشد که مهمترین دلیل کاهش غلظت منیزیم وجود رابطه آنتاگونیستی بین این عنصر و کلسیم می‌باشد. مارشنر(۲۵) بیان داشت که جذب منیزیم به میزان زیادی می‌تواند توسط سایر کاتیون‌ها مانند پتاسیم و کلسیم تحت تاثیر قرار بگیرد.

اثر شوری و کلسیم تکمیلی بر جذب عناصر کم مصرف در شاخساره و ریشه گوجه فرنگی

همان‌طور که در جدول ۲ و ۳ مشاهده می‌شود تغییرات غلظت آهن در ریشه و شاخساره معنی‌دار نبود، اما تغییر عناصر کم مصرف روی، مس در شاخساره و تغییر روی در ریشه گوجه فرنگی معنی دار بود. با افزایش شوری بدون مصرف کلسیم تکمیلی، غلظت عناصر کم مصرف در شاخساره افزایش یافت (به ترتیب به میزان ۴۴/۹ و ۳۳/۳۴ درصد برای Zn و Cu). همچنین در هر سطح از شوری با افزایش غلظت کلسیم تکمیلی غلظت عناصر کم مصرف نسبت به تیمار شاهد در هر سطح (بدون کلسیم تکمیلی) کاهش یافت (تقریبا ۲۰ درصد برای Zn و ۲۱ درصد در Cu). بیشترین غلظت روی، مس و منگنز در شاخساره در تیمار ۲۰ میلی مولار شوری بدون کلسیم تکمیلی بود و کمترین میزان عناصر کم مصرف در تیمار بدون شوری و با کلسیم تکمیلی ۱۰ میلی مولار بود. از آنجا که وزن خشک شاخساره گوجه فرنگی با اعمال تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت، شاید دلیل این تغییرات به علت کاهش pH محلول غذایی در نتیجه اعمال شوری و یا رقابت با سایر عناصر کاتیونی برای جذب باشد. ماس و همکاران(۲۶) در تحقیقات خود بیان داشتند که با افزایش سطح شوری غلظت روی و آهن در ریشه و شاخساره گوجه فرنگی، افزایش یافته است.

اثر شوری و کلسیم تکمیلی بر ویژگی‌های کیفی میوه گوجه فرنگی

شکل ۱ اثر شوری و کلسیم تکمیلی را بر ویژگی‌های کیفی میوه گوجه فرنگی را نشان می‌دهد. تیمارهای ۰ و ۱۰ میلی مولار شوری در مقایسه با شاهد بیشترین وزن تر میوه را نشان دادند. با افزایش میزان شوری به ۲۰ میلی مولار بدون کاربرد کلسیم تکمیلی وزن تر میوه به میزان ۴/۶ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. با کاربرد دو سطح کلسیم تکمیلی، وزن تر میوه به صورت معنی‌داری کاهش یافت (به میزان ۲۷ درصد به صورت میانگین نسبت به تیمار شاهد هر سطح). ساکاموتو و همکاران(۲۷) بیان داشتند اندازه میوه گوجه فرنگی تحت تنش

www.SID.ir

Archive of SID

شوری کاهش پیدا کرده است. که دلیل آن جلوگیری از جذب آب توسط ریشه و بنابراین کاهش انتقال آب به سمت میوه ذکر شد. افزایش شوری آب آبیاری اثر قابل توجهی بر روی پتانسیل اسمزی آب گیاه و به تبع آن جـذب آب توسـط گیـاه دارد. افزایش شوری محیط ریشه باعث کاهش پتانسیل آب در کل گیاه می‌گردد، بنابراین مقدار آب کمتری توسط گیاه جـذب شده و نهایتا آب کمتری به سمت میوه‌ها جریان پیدا مـی-کند(۲۸). از آن‌جا که حدود ۹۲ درصد وزن میوه گوجه فرنگی را آب تشکیل می‌دهد لذا وزن میوه هـا، تـابعی از مقـدار آب موجود در آن است، بنابراین با تهدید جریان آب به سمت میوه-ها، اندازه و وزن میوه کاهش می‌یابد(۲۹) .

جدول۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای اعمال شده بر وزن خشک (گرم در گلدان) و جذب عناصر (میلی گرم در گلدان) و غلظت نیتروژن (درصد) در شاخساره

Table 2. Mean Comparison of the effect of treatments applied on dry weight (g per pot) and the absorption of elements (mg per pot) and nitrogen concentration (percentage) in shoots

شوری (میلی مولار)	۰			۱۰			۲۰		
کلسیم-تکمیلی (میلی مولار)	۰	۵	۱۰	۰	۵	۱۰	۰	۵	۱۰
Cu	۰/۵۸ bc	۰/۵۵ bc	۰/۴۲ c	۰/۵۸ bc	۰/۷۵ ab	۰/۴۵ c	۰/۸۷ a	۰/۶۵ abc	۰/۶۹ abc
Zn	۵/۴ b	۶/۸ ab	۵/۷ b	۵/۹ b	۶/۹ ab	۴/۸ b	۹/۸ a	۸/۲ ab	۷/۷ ab
Mn	۵/۸ ab	۴/۲ abc	۲/۹ c	۳/۹ abc	۵/۳ abc	۳/۱ bc	۵/۹ a	۵/۴ abc	۵/۳ abc
Mg	۱۵۲۷۷/۸ bc	۱۰۹۲۲/۲ bcde	۸۳۸۳/۸ e	۱۰۳۲۶/۲ cde	۱۶۰۹۶/۲ ab	۱۴۲۴۳/۵ bcd	۲۰۵۶۰/۵a	۱۰۴۲۳/۸ cde	۹۶۷۰/۷ de
Ca	۱۴۳۹/۸ bc	۱۴۷۴/۵ bc	۲۰۱۰/۴ abc	c۱۰۴۶/۵	۲۵۴۰/۲ a	۲۴۱۳/۹ ab	۱۱۴۳/۹ c	۱۸۹۵/۸ abc	۲۲۸۷/۲ ab
Na	۲۸۹/۱ c	۲۱۳/۷ c	c۲۰۰/۲	۱۶۴۱/۹ ab	۱۲۸۴/۳ b	۱۱۷۸/۳ b	۲۱۲۵/۶ a	۱۴۳۶/۴ ab	۱۲۷۲/۴ b
P	۴۳۶/۹ cd	۸۷۸/۴ a	۴۱۶/۷cd	۲۱۳/۳ e	۵۴۶/۱ bc	۶۴۴/۹ b	۵۳۸/۵ bc	۴۵۹/۵ cd	۲۹۰/۱ de
K	۲۲۷۶/۷ a	۱۹۶۰/۷ a	۱۸۲۸/۶a	۱۶۵۸/۴ a	۲۵۷۴/۷ a	۱۷۱۷/۵ a	۲۳۴۸/۱ a	۲۴۸۴/۳ a	۱۹۸۵/۴ a
N	۳/۶ abc	۳/۷ ab	۳/۸ a	۳/۴ bc	۳/۵ abc	۳/۵ abc	۳/۲ c	۳/۵ abc	۳/۷ a
DM	۵۹/۵ a*	۵۴/۹ a	۵۴/۴ a	۵۰/۳ a	۷۰/۶ a	۵۸/۱ a	۶۹/۲ a	۶۶/۲ a	۶۱/۴ a

*-میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون برای هر عامل اختلاف معنی‌داری از لحاظ آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند.

www.SID.ir

جدول۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای اعمال شده بر وزن خشک (گرم در گلدان) و جذب عناصر (میلی گرم در گلدان) و غلظت نیتروژن (درصد) در ریشه

Table 3. Mean Comparison of the effect of treatments applied on dry weight (g per pot) and absorption of the elements (mg per pot) and nitrogen concentration (percentage) in the root

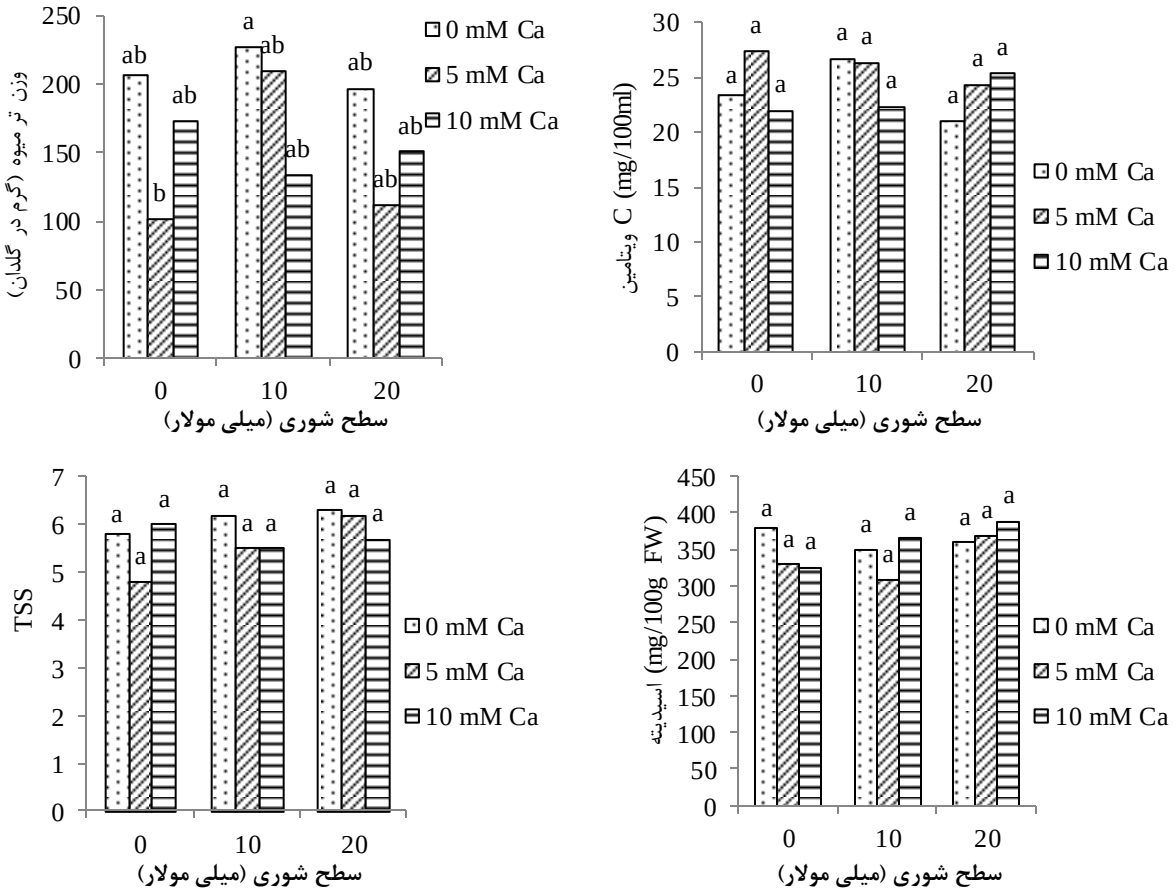
شوری (میلی مولار)	۰			۱۰			۲۰		
کلسیم- تکمیلی (میلی مولار)	۰	۵	۱۰	۰	۵	۱۰	۰	۵	۱۰
Fe	a۰/۳۷	a۰/۴۱	a۰/۴۲	۰/۴۸ a	۰/۶ a	۰/۷۷ a	۰/۴۹ a	۰/۴۶ a	۰/۵۱ a
Cu	۰/۰۵ a	۰/۰۴ a	۰/۰۴ a	۰/۰۹ a	۰/۱ a	۰/۰۶ a	۰/۰۶ a	۰/۰۴ a	۰/۰۴ a
Zn	۰/۲۲ ab	۰/۲۲ ab	۰/۲۴ ab	۰/۳۳ a	۰/۲۷ ab	۰/۲۸ ab	۰/۱۶ b	۰/۲۳ ab	۰/۲۶ ab
Mn	۰/۲۸ a	۰/۱۶ a	۰/۹۴ a	۰/۱۸ a	۰/۲۱ a	۰/۲۶ a	۰/۱۴ a	۰/۱۵ a	۰/۱۶ a
Mg	a۱۳۷/۵	a۱۳۳/۴	۱۱۱/۷ a	۲۲۰/۱ a	۱۶۶/۹ a	۱۰۵/۸ a	۱۴۹/۱ a	۹۵/۸ a	۱۲۲/۱ a
Ca	ab۰/۹۳	b۰/۶	b۰/۵۵	۱/۲۷ a	۰/۷۳ ab	۱/۲۸ a	۰/۴۸ b	۱/۰۲ ab	۰/۶۶ ab
Na	۳۴/۸ b	۱۷/۴۶ b	b۲۵/۰۱	۱۴۲/۹۴ a	۷۳/۸۲ b	۶۳/۷ b	۳۴/۴۱ b	۷۲/۴ b	۶۹/۹ b
P	۳۲/۶ a	۳۰/۲ a	۳۱/۷ a	۳۵/۳ a	۲۹/۶ a	۴۶/۵ a	۱۹/۲ a	۱۹/۴ a	۲۰/۹ a
K	۲۵/۹ ab	۱۹/۲ ab	۳۲/۵ a	۲۱/۱ ab	۲۷/۳ ab	۲۳/۴ ab	۱۶/۱ b	۲۶/۸ ab	۲۳/۲ ab
N	۲/۳ c	۲/۷ ab	۲/۶ abc	۲/۴ bc	۲/۷ ab	۲/۸ a	۲/۷ ab	۲/۵ bc	۲/۵ abc
DM	۳/۵ ab	۳ b	۳/۱ b	۵ a	۳/۶ ab	۴ ab	۲/۶ b	۲/۹ b	۳/۳ b

*-میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون برای هر عامل اختلاف معنی‌داری از لحاظ آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند.

شوری و کلسیم تکمیلی اثر معنی‌داری بر مقدار اسیدیته ، ویتامین C و TSS در میوه گوجه فرنگی نداشته است. اگرچه افزایش شوری به سطح ۱۰ و ۲۰ میلی مولار سبب افزایش اسیدیته، ویتامین C و TSS در میوه گوجه فرنگی شد، اما این افزایش معنی‌دار نبود. هاهجو و همکاران(۲۹) گزارش داده که در گوجه فرنگی تحت شرایط شوری محلول غذایی، به دلیل پدیده خشکی اسمزی (Osmotic Drought) جذب آب کاهش می‌یابد، لذا قندها و نشاسته و اسیدها در میوه‌ها افزایش یافته و باعث افزایش میزان ماده خشک میوه می‌شود. مالاش و همکاران(۳۰) نیز گزارش دادند که افزایش شوری در محلول غذایی باعث افزایش مقادیر ویتامین C میوه می‌شود که دلیل آن را تجیع مونوساکاریدها در میوه دانستند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- اثر سطوح شوری کلرید سدیم و کلسیم تکمیلی بر وزن تر میوه، محتوی ویتامین C، درصد جامدات محلول (TSS) و اسیدیته میوه گوجه فرنگی

Figure 1. Effect of salinity levels of sodium chloride and supplemental calcium on fresh fruit weight, vitamin C content, total soluble solids (TSS) and the acidity of tomato fruit

در تحقیق حاضر، شوری سبب کاهش وزن خشک ریشه گردید که احتمالا افزایش غلظت سدیم و کلر سبب کاهش رشد ریشه در گوجه فرنگی شد که با کاربرد کلسیم تکمیلی اثرات منفی افزایش شوری کاهش یافت. اما از آنجا که بین شاهد و باقی تیمارها در وزن خشک شاخساره تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، آستانه تحمل گوجه فرنگی به شوری در شاخساره نسبت به ریشه متفاوت بوده و لازم است به منظور تعیین آستانه تحمل شاخساره، سطوح بیشتری از نمک به کار برده شود تا بتوان سطحی را که از آن به بعد کاهش معنی‌دار وزن خشک شاخساره گیاه مشاهده می‌شود را تعیین کرد. درنهایت نتایج حاکی از این است که با افزودن کلسیم تکمیلی در شرایط شور به محلول غذایی، از اثرات منفی شوری و زیادی سدیم و کلر بر رشد گوجه فرنگی کاسته می‌شود اگرچه این کلسیم تکمیلی سبب بهبود رشد و عملکرد میوه نگردیده است، ولی کلسیم باعث ایجاد برخی واکنش‌های فیزیولوژیک در گیاه شده و روی ساختمان غشاء و جابه‌جایی یون‌ها اثر می‌گذارد و می‌تواند به عنوان یک عامل رقابتی در جذب کاتیون‌ها توسط گیاه نیز عمل کند که ماحصل فرآیندهای مزبور افزایش تحمل به تنش شوری خواهد بود.

Reference

1. Sajjadinia, A. R., Ershadi, A., Roosta, H. R., 2010. Comparison of eco-physiological characteristics of pepper

www.SID.ir

in hydroponic and aquaponic systems. ejgcst. Vol.1 (2), pp. 1-8. (In Persian)

2. Carvajal, M., V. Martínez., A. Cerdá.,1999. Influence of magnesium and salinity on tomato plants grown in hydroponic culture. Journal of Plant Nutrition. Vol.22(1), pp.177-190.
3. van, Os. E., C. Blok., W. Voogt., L. Waked., 2016. Water quality and salinity aspects in hydroponic cultivation. WUR Glastuinbouw.
4. FAOSTAT. http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E .
5. Correia, F.N.,1999. Water resources in the Mediterranean region. Water International. Vol. 24(1), pp. 22-30.
6. Sonneveld, C., 2000. Effects of salinity on substrate grown vegetables and ornamentals in greenhouse horticulture. Ph.D. Dissertation. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 151 pp.
7. Homme, M., 1381. The reaction of plants to salinity. Iran Irrigation and Drainage Committee, Tehran.(In Persian)
8. Adams, P., Ho. L.,1989. Effects of constant and fluctuating salinity on the yield, quality and calcium status of tomatoes. Journal of Horticultural Science. 64(6):725-732.
9. Parida, A.K., A.B Das., 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol.60(3), pp.324-349.
10. Li ,Y.L, C. Stanghellini., H. Challa., 2001. Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). Scientia Horticulturae. Vol. 88(1), pp.11-29.
11. Adams, P., 1991. Effects of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. Journal of Horticultural Science. Vol. 66(2), pp.201-207.
12. Karlberg, L., A. Ben-Gal., P-E. Jansson., U. Shani., 2006. Modelling transpiration and growth in salinity-stressed tomato under different climatic conditions. Ecological Modelling. Vol.190(1-2), pp. 15-40.
13. Hajer, A., A.A. Malibari., H.S. Al-Zahrani., O.A. Almaghrabi., 2006. Responses of three tomato cultivars to sea water salinity 1. Effect of salinity on the seedling growth. African Journal of Biotechnology. Vol. 5(10), pp. 855-861.
14. Dalvand, S., N. Alemzadeh Ansari., M.H. Mortazavi., 2016 Effect of Soilless Substrates on Fruit Quality of Four Greenhouse TomatoCultivars. Journal of Iranian Horticultural Science and Technology. Vol. 17 (4), pp. 377-88. (In Persian)
15. Safarzadeh Shirazi, S., Ronaghi, A. M., Gholami, A. S., Zahedifar, M., 2010. The Influence of salinity and nitrogen on tomato fruit quality and micronutrients concentration in hydroponic culture. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture Soilless Culture Research Center. Vol. 1 (3), pp.11-22. (In Persian)
16. Ting, S., R.L. Rouseff., 1986. Citrus fruits and their products: analysis , technology: Dekker.
17. Kaya, C., H. Kirnak., D. Higgs., K. Saltali.,2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield

www.SID.ir

Archive of SID

in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. Scientia Horticulturae. Vol. 93(1), pp.65-74.

18. Navarro, J.M., V. Martínez., M. Carvajal.,2000. Ammonium, bicarbonate and calcium effects on tomato plants grown under saline conditions. Plant Science. Vol. 157(1),pp. 89-96.
19. Chatzissavvidis, C., I. Papadakis., I. Therios., 2008. Effect of calcium on the ion status and growth performance of a citrus rootstock grown under NaCl stress. Soil Science and Plant Nutrition. Vol. 54(6), pp.910-915.
20. Greenway, H., and R. Munns., 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Annual Review of Plant Physiology, Vol. 31(1), pp.149-90.
21. Hasegawa, P.M., R.A. Bressan., J-K. Zhu., H.J. Bohnert., 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Biology. Vol.51, pp. 463-499.
22. Martinez, V., N. Bernstein., A. Läuchli.,1996. Salt-induced inhibition of phosphorus transport in lettuce plants. Physiologia Plantarum. Vol.97(1), pp.118-122.
23. Khorshidi. M., M. Yarnia., and D. Hassanpanah., 2009.. Salinity effect on nutrients accumulation in alfalfa shoots in hydroponic condition. Journal of Food, Agriculture and Environment.Vol. 7, pp.787-90.
24. Cramer, G.R., A. Läuchli., V.S. Polito.,1985. Displacement of Ca2+ by Na+ from the plasmalemma of root cells: A primary response to salt stress? Plant Physiology.Vol. 79(1), pp. 207-11.
25. Marschner, H. 1992. Mineral nutrition of higher plants., 2nd edn (Academic Press: London). 1995.
26. Mass, E., G. Ogata., and M. Garber., 1972. Influence of Salinity on Fe, Mn, and Zn Uptake by Plants 1. Agronomy journal. Vol.64(6), pp. 793-695.
27. Sakamoto. Y., S. Watanabe., T. Nakashima., K. Okano.,1999 .Effects of salinity at two ripening stages on the fruit quality of single-truss tomato grown in hydroponics. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology.Vol. 74(6), pp.690-693.
28. Gül, A., A. Sevgican., 1990. Effect of growing media on glasshouse tomato yield and quality. Protected Cultivation, XXIII IHC 303, pp.145-50.
29. Hohjo, M., M. Ganda., T. Maruo., Y. Shinohara., T. Ito., 2001. Effects of NaCl application on the growth, yield and fruit quality in NFT-tomato plants. Acta Horticulturae, pp.469-476.
30. Malash, N., A. Ghaibeh., A. Yeo, R. Ragab., J. Cuartero, editors., 2000. Effect of irrigation water salinity on yield and fruit quality of tomato. International Symposium on Techniques to Control Salination for Horticultural Productivity. Acta Horticulturae (573). International Society for Horticultural Science, pp. 415-423.

www.SID.ir