اثر شوری و نیتروژن بر کیفیت میوه و غلظت عناصر کم مصرف گوجه‌فرنگی در کشت هیدروپونیک

صدیقه صفرزاده شیرازی*، عبدالمجید رونقی، عبدالصمد غلامی و مریم زاهدی فر[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۶/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۷/۲۰)

چکیده

شوری نقش مهمی در کاهش رشد گوجه‌فرنگی، به ویژه در نواحی خشک و نیمه خشک، دارد. امکان دارد کاربرد نیتروژن با افزایش رشد گوجه‌فرنگی، سبب افزایش تحمل گیاه به تنش شوری شود. به منظور بررسی اثر برهمکنش شوری و نیتروژن بر رشد، کیفیت میوه و غلظت عناصر کم مصرف در گیاه گوجه‌فرنگی، آزمایشی در محیط آبکشت شامل سه سطح شوری (صفر، ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار) و سه سطح نیتروژن (صفر، ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار) در قالب طرح کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که شوری سبب کاهش ارتفاع و وزن تر شاخساره، کاهش وزن تر میوه و هم‌چنین ایجاد عارضه پوسیدگی گلگاه در میوه شد. اما با افزایش شوری، مقدار اسید سیتریک میوه و در نتیجه کیفیت آن (طعم میوه) بهبود یافت. با کاربرد نیتروژن، ارتفاع گیاه و وزن تر میوه و شاخساره نسبت به گیاه شاهد افزایش نشان داد. با افزودن نیتروژن به محلول غذایی شور، ارتفاع گیاه افزایش یافت. شوری سبب افزایش معنی‌دار غلظت آهن، منگنز، روی و مس در ریشه و افزایش مس و آهن در میوه گردید. افزایش سطح نیتروژن در محلول غذایی سبب افزایش غلظت عناصر کم مصرف در ریشه گوجه‌فرنگی شد. کاربرد نیتروژن در تیمار ۶۰ میلی‌مولار شوری سبب کاهش غلظت عناصر کم مصرف در ریشه نسبت به تیمار شاهد گردید. نتایج نشان می‌دهد که در محلول غذایی شور، افزودن نیتروژن می‌تواند سبب کاهش و تعدیل اثرات نامطلوب شوری بر رشد گیاه شود.

واژه‌های کلیدی: نیتروژن، گوجه‌فرنگی، کشت هیدروپونیک، رشد، عناصر کم مصرف

مقدمه

کشت گلخانه‌ای به علت برخورداری از مزایای مهمی نظیر امکان تولید محصول در تمامی سال، صرفه‌جویی در نهاده‌های اولیه مانند کود، زمین و نیروی کار به ازای واحد تولید، عرضه محصولات با کیفیت و قیمت بالا و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. به منظور تولید تجاری برخی از محصولات باغبانی، روش هیدروپونیک جایگزین مناسب برای کشت سنتی به شمار می‌رود. در روش هیدروپونیک، سبزی‌هایی با کیفیت خوب تولید می‌شوند زیرا محلول غذایی حاوی مواد مورد نیاز برای هر محصول در غلظت‌ها و نسبت‌های مناسب بوده و گیاهان از شرایط آبی و تغذیه‌ای مناسب بهره‌مند می‌باشند (مسیحا و همکاران، ۱۳۷۸). گوجه‌فرنگی از مهم‌ترین گیاهان گلخانه‌ای در مناطق نیمه خشک با آب زیرزمینی شور بوده و برای تولید بهینه آن باید تحقیقاتی در زمینه اثر شوری بر رشد و ترکیب شیمیایی آن انجام شود. زیرا شوری از طریق کاهش وزن میوه و ویژگی‌های

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد، دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشجوی سابق دکتری بخش علوم خاک، دانشگاه شیراز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: r_safar2000@yahoo.com

جدول ۱. غلظت عناصر غذایی در محلول غذایی هوگلند

فرمول شیمیایی	غلظت محلول (میلی‌مولار)	غلظت عناصر (میلی‌گرم در لیتر)			
$Ca(NO_3)_2$	۴	۱۶۰	Ca	۱۱۲	N
KNO_3	۶	۲۳۴/۵۴	K	۸۴	N
KH_2PO_4	۱	۳۹/۰۹	K	۳۰/۹۷	P
$MgSO_4$	۱	۲۴/۳۰	Mg		
$ZnSO_4$	۰/۰۰۲	۰/۱۳	Zn		
$MnSO_4$	۰/۰۰۲	۰/۱۱	Mn		
$CuSO_4$	۰/۰۰۰۵	۰/۰۳۱۷	Cu		
Fe-EDDHA	۰/۰۲	۰/۰۰۳	Fe		
H_3BO_3	۰/۰۲۵	۰/۲۷	B		
H_2MoO_4	۰/۰۰۰۵	۰/۰۴	Mo		

بازارپسندی آن (تولید میوه کوچک) اثر منفی بر عملکرد دارد. ساتو و همکاران (۲۲) اظهار داشتند که با افزودن شوری محلول غذایی، وزن تر میوه گوجه‌فرنگی کاهش یافت. هاجر و همکاران (۱۳) نیز کاهش وزن تر و خشک شاخساره و ریشه گوجه‌فرنگی را در شرایط شور گزارش نمودند. شوری، غلظت عناصر غذایی و انتقال آنها را در ریشه، شاخساره و میوه گیاهان تحت تأثیر قرار می‌دهد. به طوری‌که طبق تحقیقات انجوم (۵)، ییلدیریم و همکاران (۲۸) و رانهام و همکاران (۲۰)، با افزایش شوری، توزیع عناصر کم مصرف در ریشه و شاخساره گیاهان در مقایسه با شرایط غیر شور تغییر می‌یابد.

شوری می‌تواند از طریق افزایش مقدار اسید و قند، سبب بهبود کیفیت و طعم میوه شود. محققین متعددی گزارش کردند که شوری باعث بهبود کیفیت و طعم میوه گوجه‌فرنگی می‌شود (۲۲ و ۲۴). علاوه بر این در بین عناصر غذایی، نیتروژن نه تنها بر رشد گیاه تأثیر مثبت دارد (۱۲)، بلکه ممکن است سبب کاهش اثرات منفی شوری بر رشد و ترکیب شیمیایی گیاه شود (۲۴). بنابراین هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر نیتروژن و شوری بر رشد، خصوصیات ظاهری گیاه و توزیع عناصر کم مصرف در ریشه، شاخساره و میوه گوجه‌فرنگی در سیستم هیدروپونیک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر شوری و نیتروژن بر ویژگی رشد و ترکیب شیمیایی گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill) آزمایشی به صورت فاکتوریل ۳×۳ در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در ابتدا بذرهای گوجه‌فرنگی در پتری دیش‌های حاوی آب مقطر خیسانده شده و پس از جوانه‌زنی به گلدان‌های بسیار کوچک یونولیتی حاوی کوکوپیت منتقل شدند. گلدان‌ها در سوراخ‌های تعبیه شده روی درب ظروف پلاستیکی ۵ لیتری حاوی محلول غذایی، به نحوی قرار داده شدند که ریشه‌ها بتوانند از محلول غذایی درون ظرف استفاده کنند. به منظور تسهیل هوادهی، با استفاده از پمپ هوا، هوای درون ظرف‌های حاوی محلول غذایی تأمین شد. بر اساس جدول ۱، جهت تهیه محلول غذایی، از نیترات کلسیم، نیترات پتاسیم، فسفات پتاسیم، سولفات منیزیم، اسید بوریک، اسید مولیبدیک، کلات آهن، سولفات‌های روی، منگنز و مس استفاده شد (۱۹). در طول دوره رشد، حجم محلول غذایی در ظروف کشت با استفاده از آب مقطر در یک مقدار ثابت تنظیم شد. تیمارهای مورد استفاده شامل سه سطح شوری از دو منبع کلرید سدیم و کلرید کلسیم (صفر، ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار با نسبت وزنی ۱:۱) و سه سطح نیتروژن (صفر، ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار) از دو منبع کلرید

جدول ۲. محلول غذایی پایه و رقیق شده تیمارهای نیتروژن

تیمار نیتروژن (میلی‌مولار)	فرمول شیمیایی	غلظت محلول (میلی‌مولار)	محلول پایه (میلی‌مولار)	رقیق سازی (میلی‌لیتر در ۵ لیتر)
۱/۵	NH_4Cl	۱	۱۰۰	۵۰
	$NH_4H_2PO_4$	۰/۵	۵۰۰	۵
۳	NH_4Cl	۲	۱۰۰	۱۰۰
	$NH_4H_2PO_4$	۱	۵۰۰	۱۰

جدول ۳. محلول غذایی پایه و رقیق شده تیمارهای شوری

تیمار شوری (میلی‌مولار)	فرمول شیمیایی	غلظت محلول (میلی‌مولار)	محلول پایه (میلی‌مولار)	رقیق سازی (میلی‌لیتر در ۵ لیتر)
۳۰	NaCl	۱۵	۳۰۰۰	۲۵
	$CaCl_2$	۱۵	۱۵۰۰	۵۰
۶۰	NaCl	۳۰	۳۰۰۰	۵۰
	$CaCl_2$	۳۰	۱۵۰۰	۱۰۰

آمونیم و فسفات آمونیوم به نسبت ۲:۱ بود. ترکیب محلول غذایی تیمارهای استفاده شده و نحوه رقیق سازی آنها در جداول ۲ و ۳ آورده شده است. به منظور جلوگیری از ایجاد تنش شوری (شوک اسمزی) بر دانهال‌های گوجه‌فرنگی، تیمارهای شوری به صورت تدریجی به محلول غذایی تا رسیدن به غلظت مورد نظر افزوده شد. پس از ۱۵۰ روز برخی از خصوصیات گیاه مانند ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک میوه و شاخساره اندازه‌گیری شد. سپس بخش‌های مختلف گیاه (میوه، شاخساره و ریشه) جداگانه برداشت، با آب مقطر شسته شده و در دمای ۶۵ درجه سلسیوس خشک و سپس توزین گردیدند. نمونه‌ها پس از آسیاب شدن در کوره در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس خاکستر شد. خاکستر حاصل پس از هضم در اسید کلریدریک ۲ نرمال به منظور اندازه‌گیری غلظت آهن، منگنز، روی و مس توسط دستگاه جذب اتمی، استفاده شد (۷). اسید سیتریک میوه با روش تینگ و راسف (۲۷) اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای MSTATC و Excel مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث

اثر شوری و نیتروژن بر ارتفاع گیاه و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی

افزودن ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار نیتروژن به محلول غذایی غیر شور سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه به ترتیب به مقدار ۴۹ و ۶۰ درصد در مقایسه با گیاه شاهد شد (جدول ۴). در مقابل، شوری، میانگین ارتفاع گیاه را به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش داد. در سطوح ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار شوری، افزودن نیتروژن به مقدار ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار، ارتفاع گوجه‌فرنگی را افزایش داد (جدول۴). گالسر (۱۲) گزارش کرد که با افزایش نیتروژن کاربردی از سطح صفر تا ۱۵۹ کیلوگرم در هکتار، مقدار کل نیتروژن، عملکرد و ارتفاع اسفناج افزایش، ولی غلظت روی، آهن و منگنز گیاه کاهش یافت. هاجر و همکاران (۱۳) اظهار داشتند که ارتفاع گوجه‌فرنگی با افزایش شوری کاهش یافت. السعدون و خلیل (۴) افزایش ارتفاع گوجه‌فرنگی را با کاربرد نیتروژن گزارش کردند.

با کاربرد نیتروژن، میانگین ارتفاع گوجه‌فرنگی افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت (جدول ۴). بنابراین می‌توان

جدول ۴. اثر سطوح شوری و نیتروژن بر ارتفاع (سانتی‌متر) گوجه‌فرنگی

نیتروژن (میلی‌مولار)	سطوح شوری (میلی‌مولار)			میانگین
	۰	۳۰	۶۰	
۰	۱۵۰ cd*	۱۴۲ cd	۱۳۰ d	۱۴۰ B
۱/۵	۲۲۲ ab	۱۷۸ bcd	۱۳۷ d	۱۷۹ A
۳	۲۴۰ ab	۱۸۸ bcd	۱۶۵ cd	۱۹۸ A
میانگین	۲۰۴ A	۱۶۹ B	۱۴۴ B	

* میانگین‌ها در هر ستون که در یک حرف لاتین کوچک و یا در هر ردیف که در یک حرف لاتین بزرگ مشترک هستند طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۵. اثر سطوح شوری و نیتروژن بر مقدار اسید سیتریک (درصد) گوجه‌فرنگی

نیتروژن (میلی‌مولار)	سطوح شوری (میلی‌مولار)			میانگین
	۰	۳۰	۶۰	
۰	۰/۶ bc*	۰/۵۷ bc	۰/۶۷ bc	۰/۶۱ B
۱/۵	۰/۵۵ ab	۰/۷۲ bc	۰/۷۵ d	۰/۶۷ AB
۳	۰/۶۴ ab	۰/۷ bc	۰/۹۳ bc	۰/۷۵ A
میانگین	۰/۵۹ A	۰/۶۶ B	۰/۷۸ B	

* میانگین‌ها در هر ستون که در یک حرف لاتین کوچک و یا در هر ردیف که در یک حرف لاتین بزرگ مشترک هستند طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

گفت که نیتروژن تا حدودی باعث کاهش اثرات منفی شوری بر گیاه شده است. نتایج مشابهی توسط بن اولیل و همکاران (۶) گزارش شده است.

طعم میوه گوجه‌فرنگی عمدتاً به وسیله عواملی مانند مقدار قند (فروکتوز و گلوکز) و مقدار اسید آلی (اسید سیتریک، مالیک و اسیدیته کل) اندازه‌گیری می‌شود . هر چه مقدار قند و اسید در میوه افزایش یابد، طعم میوه بهتر خواهد شد. در پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر شوری و نیتروژن بر طعم میوه گوجه‌فرنگی، مقدار اسید سیتریک میوه اندازه‌گیری شد. همانگونه که در جدول ۵ نشان داده شده است، با افزایش سطوح شوری مقدار اسید سیتریک میوه (میلی‌مولار)، نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت. بنابراین شاید بتوان گفت که در تیمارهای حاوی نمک، به دلیل افزایش اسید سیتریک، طعم میوه بهتر از تیمار شاهد بوده است. سریو و همکاران (۲۴) نشان دادند که اگرچه شوری باعث کاهش عملکرد گوجه‌فرنگی می‌شود اما کیفیت میوه آن (طعم بهتر میوه) افزایش می‌یابد. ساتو و همکاران (۲۲) مشاهده کردند که میوه‌های گوجه‌فرنگی رشد کرده در محلول غذایی شور شده با نمک کلرید سدیم تا ۵ دسی‌زیمنس بر متر طعم بهتری در مقایسه با شاهد داشتند. بن اولیل و همکاران (۶) بهبود کیفیت گوجه‌فرنگی بر اثر شوری را به دلیل افزایش مقدار قند، اسید آمینه و نمک‌های محلول در میوه می‌دانند. فلورس و همکاران (۱۰) نیز دلایل مشابهی را برای بهبود کیفیت میوه گوجه‌فرنگی در شرایط کاربرد شوری و آمونیوم گزارش کردند.

ساکاماتو و همکاران (۲۱) بیان داشتند که شوری می‌تواند از طریق کاهش جذب آب به وسیله ریشه‌ها، کاهش انتقال آب به میوه، و افزایش غلظت نمک‌های محلول، سبب بهبود طعم میوه شود.



(الف)



(ب)

شکل ۱. کمبود کلسیم و ایجاد عارضه پوسیدگی گلگاه بر اثر تیمار شوری: الف) شاهد و ب) تیمار حاوی نمک

جدول ۶. اثر سطوح شوری و نیتروژن بر وزن خشک ریشه (گرم در گلدان) گوجه‌فرنگی

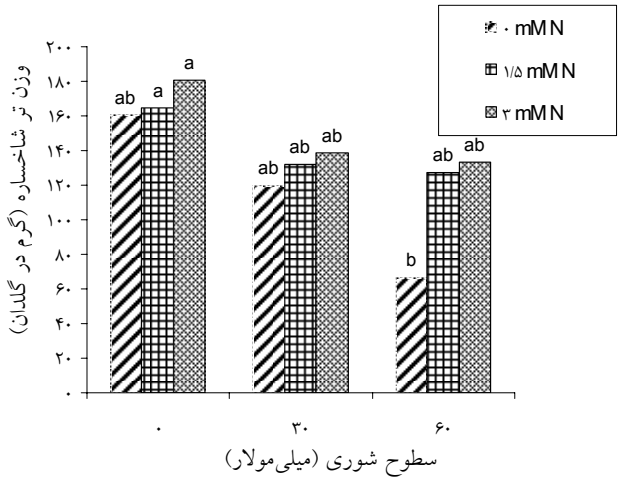
نیتروژن (میلی‌مولار)	سطوح شوری (میلی‌مولار)			میانگین
	۰	۳۰	۶۰	
۰	۵ bc*	۴/۱ bc	۲/۵ c	۳/۸ B
۱/۵	۷/۱ ab	۹/۳ a	۶/۷ ab	۷/۷ A
۳	۵/۷ abc	۵/۷ abc	۷/۱ ab	۶/۱ A
میانگین	۶ A	۶/۴ A	۵/۴ A	

* میانگین‌ها در هر ستون که در یک حرف لاتین کوچک و یا در هر ردیف که در یک حرف لاتین بزرگ مشترک هستند طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

هم‌چنین با بررسی‌های انجام گرفته در طول دوره رشد گیاه مشاهده شد که در تمام گلدان‌های حاوی شوری (با یا بدون کاربرد نیتروژن)، میوه‌های گوجه‌فرنگی نشانه کمبود کلسیم (عارضه پوسیدگی گلگاه) را نسبت به تیمارهای بدون نمک نشان دادند. شکل ۱ این عارضه را در گلدان‌های حاوی ۶۰ میلی‌مولار نمک نشان می‌دهد. هو و اشمیدهالتر (۱۵) کمبود کلسیم در شرایط شور را ناشی از رقابت بین عناصر سدیم و کلر با این عنصر و افزایش نسبت سدیم به کلسیم در گیاه می‌دانند. آدامز و هو (۳) کمبود کلسیم را در گیاه گوجه‌فرنگی به صورت عارضه پوسیدگی گلگاه در محیط شور مشاهده کردند. بر طبق نظر آنان، شوری سبب کاهش جذب آب و در نتیجه کاهش جذب کلسیم به وسیله گیاه و کاهش مقدار آن در میوه می‌شود. گبار و همکاران (۱۱) بیان کردند که جذب و انتقال کلسیم به تمام اندام گیاهی با افزایش شوری، کاهش می‌یابد زیرا شوری منجر به تغییر در تعادل کاتیونی گیاه می‌شود.

اثر شوری و نیتروژن بر وزن تر شاخساره، میوه و وزن خشک ریشه گوجه‌فرنگی

با افزایش شوری، میانگین وزن خشک ریشه تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. اما با کاربرد نیتروژن افزایش معنی‌داری در میانگین وزن خشک ریشه مشاهده شد (جدول ۶). بدون کاربرد نیتروژن و با افزایش شوری، تفاوت معنی‌داری بین وزن خشک ریشه‌ها مشاهده نشد. بیشترین کاهش وزن خشک ریشه در



شکل ۲. وزن تر شاخساره گوجه‌فرنگی تحت تأثیر سطوح شوری و نیتروژن

جدول ۷. اثر سطوح شوری و نیتروژن بر وزن تر میوه گوجه‌فرنگی (گرم در گلدان)

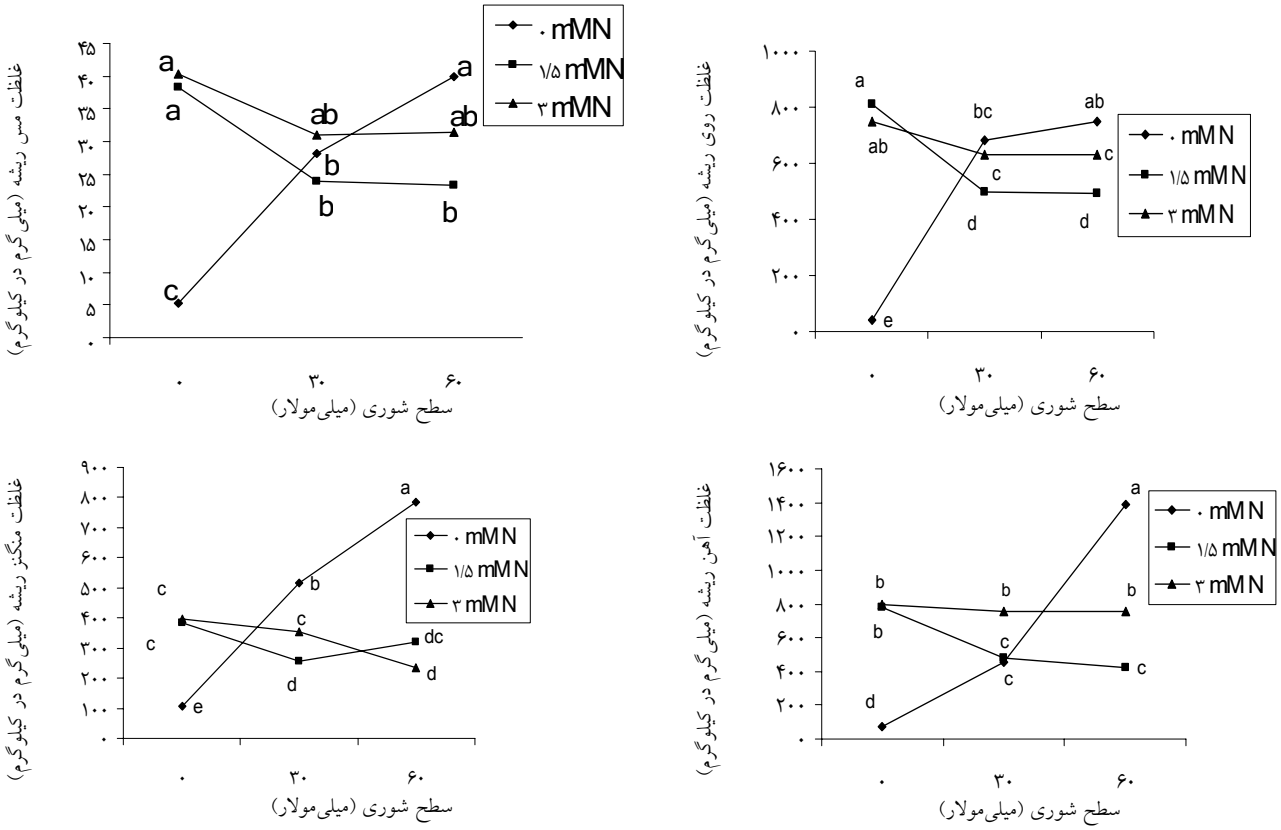
نیتروژن (میلی‌مولار)	سطوح شوری (میلی‌مولار)			میانگین
	۰	۳۰	۶۰	
۰	۱۴۵ d*	۷۵ d	۸۶ d	۱۰۲ B
۱/۵	۸۲۰ a	۵۶۳ bc	۲۶۵ d	۵۴۹ A
۳	۷۲۴ ab	۳۳۰cd	۲۲۰ d	۴۲۵ A
میانگین	۵۶۳ A	۳۲۴ B	۱۹۰ B	

* میانگین‌ها در هر ستون که در یک حرف لاتین کوچک و یا در هر ردیف که در یک حرف لاتین بزرگ مشترک هستند طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

تیمار ۶۰ میلی‌مولار شوری و بدون کاربرد نیتروژن به دست آمد. اما کاربرد نیتروژن به محلول شور منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه‌ها شد (جدول ۶).

وزن تر شاخساره گیاه تحت تأثیر سطوح شوری و نیتروژن قرار گرفت. به طوری‌که با افزایش شوری، وزن تر شاخساره گوجه‌فرنگی نسبت به شاهد کاهش اما با افزودن نیتروژن افزایش یافت (شکل ۲). برهمکنش بین شوری و نیتروژن معنی‌دار نشد. ناوارو و همکاران (۱۹) نشان دادند که با کاربرد ۶۰ میلی‌مولار نمک سدیم کلرید، وزن تر و خشک شاخساره گوجه‌فرنگی در محیط آبکشت کاهش یافت. تانتاوی و همکاران (۲۶) بیان کردند که شوری باعث کاهش ارتفاع گیاه، سطح برگ، وزن تر قسمت هوایی و عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی می‌شود. عبدالغدیر و همکاران (۲) افزایش معنی‌دار وزن خشک شاخساره گوجه‌فرنگی را بر اثر کاربرد ۷ و ۱۴ میلی‌مولار نیتروژن در لیتر گزارش کردند. فرناندز-گارسیا و همکاران (۹) با بررسی اثر شوری بر رشد گوجه‌فرنگی در محیط آبکشت بیان کردند که با کاربرد ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار نمک وزن خشک گیاه کاهش یافت.

نتایج ارائه شده در جدول ۷ نشان می‌دهد که با کاربرد نیتروژن، وزن تر میوه گوجه‌فرنگی افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشته اما بین تیمارهای ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار نیتروژن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. هم‌چنین افزایش سطوح نمک موجب کاهش معنی‌دار وزن تر میوه‌ها نسبت به شاهد گردید، به طوری‌که با افزودن ۳۰ و۶۰ میلی‌مولار نمک به محلول



شکل ۳. اثر سطوح شوری و نیتروژن بر غلظت عناصر کم مصرف در ریشه گوجه‌فرنگی

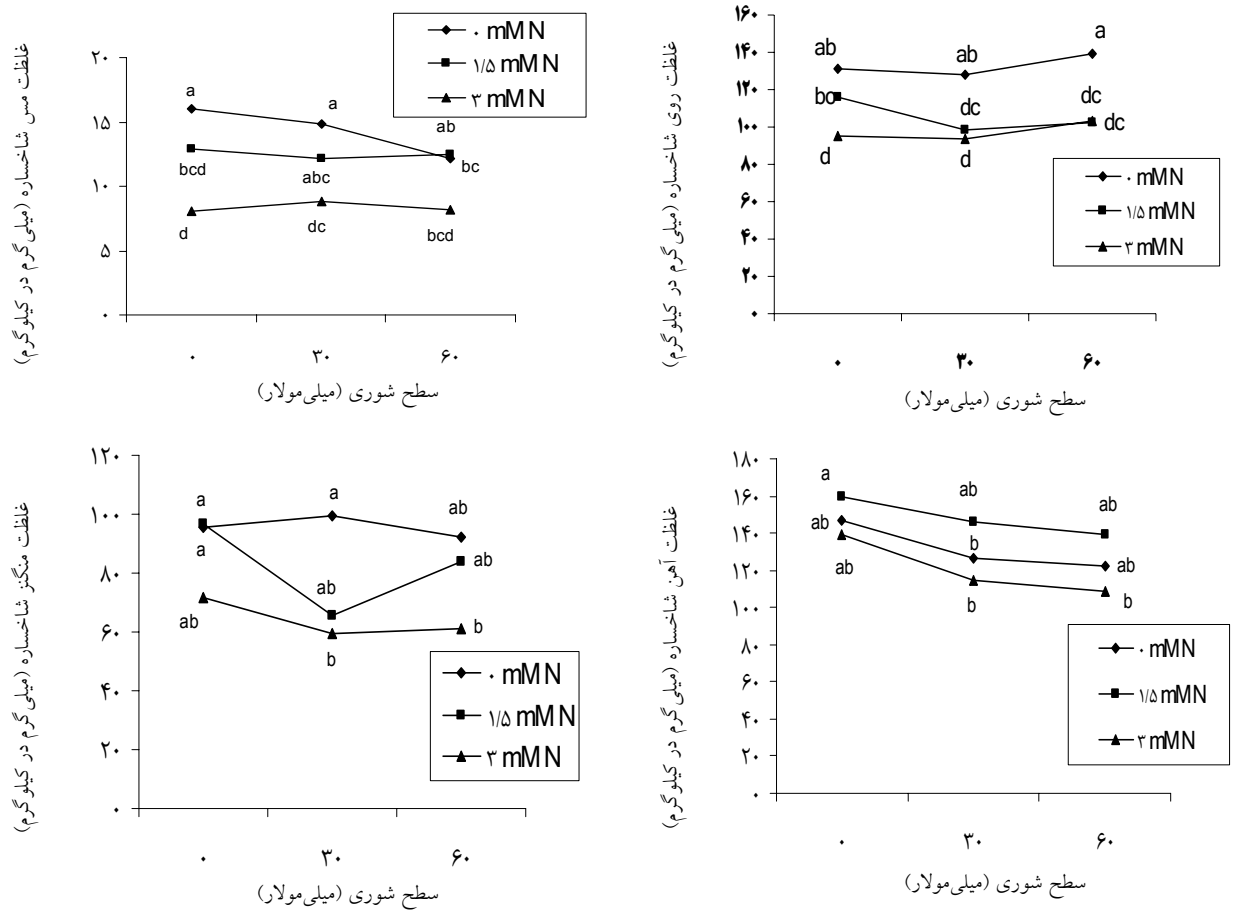
غذایی، عملکرد میوه به ترتیب ۴۲/۴۵ و ۶۶/۲۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. از آنجایی که بین شاهد و تیمار ۳۰ میلی‌مولار شوری تفاوت معنی‌دار بود، آستانه تحمل گوجه‌فرنگی در پژوهش حاضر قابل تخمین نمی‌باشد.

ساتو و همکاران (۲۲) گزارش کردند که با افزودن نمک به محلول غذایی، وزن تر میوه گوجه‌فرنگی نسبت به شاهد ۲۹٪ کاهش یافت. فلورس و همکاران (۱۰) نیز نتایج مشابهی را بیان کردند. کاهش وزن تر گیاه در اثر اعمال شوری در مورد گیاهانی مانند ذرت (۱۸)، بادمجان (۲۳) و زیتون (۲۵) نیز گزارش شده است.

اثر شوری و نیتروژن بر غلظت عناصر کم مصرف در ریشه گوجه‌فرنگی

همانگونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود بدون کاربرد نیتروژن و با افزایش شوری، غلظت عناصر کم مصرف در ریشه گوجه‌فرنگی افزایش معنی‌دار یافته است. به طور مثال در سطوح ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار نمک، غلظت مس در ریشه نسبت به شاهد به ترتیب ۴/۴ و ۶/۶ برابر شده است. از آنجایی که وزن خشک ریشه با اعمال شوری تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت (جدول ۶)، شاید دلیل افزایش غلظت عناصر در ریشه را بتوان به کاهش پ – هاش محلول غذایی در اثر اعمال شوری و رقابت با سایر عناصر کاتیونی برای جذب نسبت داد. افزودن نیتروژن و کاربرد ۶۰ میلی‌مولار شوری منجر به کاهش معنی‌دار غلظت عناصر کم مصرف در ریشه شد. به طوری‌که در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار نیتروژن و ۶۰ میلی‌مولار شوری غلظت آهن و روی نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۸۶/۵ و ۶۴/۹ درصد کاهش یافت.

دوران زازو و همکاران (۸) نشان دادند که با افزایش شوری غلظت آهن، منگنز و مس در ریشه گیاه انبه افزایش یافته و عنصر روی عمدتاً در ریشه و برگ گیاه تجمع یافته است. ییلدیریم و همکاران (۲۸) اظهار داشتند که شوری باعث افزایش



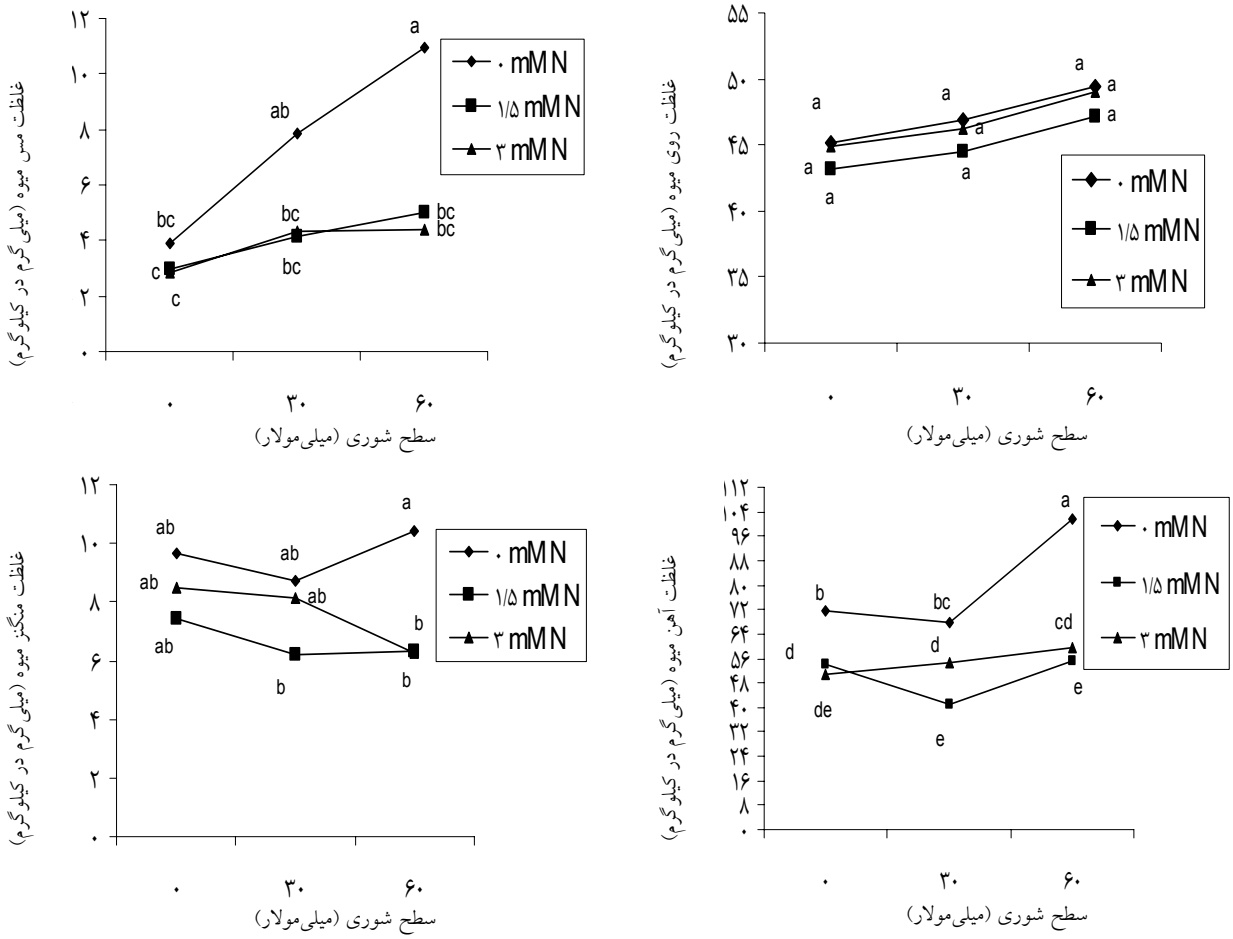
شکل ۴ . اثر شوری و نیتروژن بر غلظت عناصر کم مصرف در شاخساره گوجه‌فرنگی

غلظت روی در ریشه نخود شده اما غلظت مس تغییری نکرده است. ماس و همکاران (۱۶) نشان دادند که با افزایش سطوح شوری غلظت روی و آهن در ریشه گوجه‌فرنگی، افزایش یافت. با افزودن نیتروژن به محلول غذایی غیر شور، غلظت همه عناصر کم مصرف در ریشه نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. اما تفاوت معنی‌داری بین تیمار ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار نیتروژن مشاهده نشد (شکل ۳). میانگین عناصر کم مصرف ریشه تحت تأثیر افزایش کاربرد شوری و نیتروژن قرار نگرفت.

اثر شوری و نیتروژن بر غلظت عناصر کم مصرف در شاخساره گوجه‌فرنگی

همان‌گونه که در شکل ۴ نشان داده شده است با کاربرد شوری غلظت مس و منگنز در شاخساره گوجه‌فرنگی کاهش یافت، که این کاهش تنها در مورد مس معنی‌دار بود. شوری اثر معنی‌داری بر غلظت روی در شاخساره نداشت. ییلدیریم و همکاران (۲۸) نتایج مشابهی به دست آوردند و بیان داشتند که شوری منجر به کاهش غلظت آهن، مس و افزایش روی در شاخساره نخود گردید، اما غلظت منگنز تغییری نکرد. انجوم (۵) گزارش کرد که غلظت عناصر کم مصرف آهن، روی، مس و منگنز در برگ و ریشه مرکبات با افزایش سطوح شوری (۸۰ میلی‌مولار) کاهش می‌یابد. رانهام و همکاران (۲۰) با بررسی اثر شوری بر گیاه ذرت نشان دادند که غلظت مس در شاخساره و برگ گیاه با افزایش شوری کاهش یافته است. ماس و همکاران (۱۶) بیان کردند که غلظت روی در شاخساره گوجه‌فرنگی با افزایش شوری، افزایش یافت.

بر اساس نتایج به دست آمده، غلظت عناصر مس و روی با



شکل ۵. اثر سطوح شوری و نیتروژن بر غلظت عناصر کم مصرف در میوه گوجه‌فرنگی

کاربرد نیتروژن نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌دار یافته است (شکل ۴)، از آنجایی‌که افزایش معنی‌دار وزن تر شاخساره مشاهده نشده است، شاید بتوان گفت که انتقال کمتر این عناصر از ریشه به شاخساره و تجمع آنها در آپوپلاست ریشه بتواند عامل کاهش آنان در شاخساره باشد. هم‌چنین برهمکنش شوری و نیتروژن اثر معنی‌داری بر غلظت عناصر کم مصرف شاخساره نداشت.

اثر شوری و نیتروژن بر غلظت عناصر کم مصرف در میوه گوجه‌فرنگی

افزایش شوری سبب افزایش معنی‌دار غلظت مس و آهن در میوه گوجه‌فرنگی شد، اما بر منگنز و روی اثر معنی‌داری نداشت (شکل ۵). کاربرد سطوح ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار نیتروژن و برهمکنش شوری و نیتروژن بر غلظت مس، روی، آهن و منگنز نسبت به تیمار شاهد اثر معنی‌داری نداشت (شکل ۵).

بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، شوری سبب کاهش ارتفاع شاخساره گیاه و وزن تر آن، افزایش کیفیت میوه (مزه میوه) و کاهش وزن تر میوه گوجه‌فرنگی نسبت به تیمار شاهد گردید. احتمالاً افزایش غلظت سدیم و کلر بر اثر کاربرد نمک و کاهش غلظت کلسیم سبب کاهش رشد گوجه‌فرنگی شده است. از آنجایی که بین تیمار شاهد و سطح ۳۰ میلی‌مولار شوری تفاوت معنی‌دار دیده شد، آستانه تحمل گوجه‌فرنگی در پژوهش حاضر، قابل تخمین

نمی‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود به منظور تعیین آستانه تحمل، بین سطح صفر و ۳۰ میلی‌مولار سطوح بیشتری از نمک به‌کار برده شود تا بتوان سطحی را که از آن به بعد کاهش معنی‌دار عملکرد مشاهده می‌شود تعیین کرد.

بر اثر افزودن نمک به محلول غذایی، نشانه‌های کمبود کلسیم (عارضه پوسیدگی گلگاه) در میوه‌ها مشاهده شد که شاید دلیل آن را بتوان به رقابت بین عناصر سدیم و کلر با کلسیم و افزایش نسبت سدیم به کلسیم در گیاه نسبت داد. با کاربرد نیتروژن ارتفاع گیاه و وزن تر میوه و شاخساره نسبت به شاهد افزایش نشان داد. اگرچه در برخی موارد این افزایش معنی‌دار نبود.

بر اساس تحقیقات هو و همکاران (۱۴) در محلول غذایی شور به دلیل رقابت بین کلر و نیترات برای جذب توسط گیاه، افزودن نیترات به محیط شور منجربه کاهش جذب کلر و افزایش جذب نیترات می‌شود. نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داد که با کاربرد نیتروژن به محلول غذایی شور از اثرات منفی شوری بر رشد گیاه گوجه‌فرنگی کاسته شد به طوری‌که با افزودن نیتروژن به محلول غذایی شور ارتفاع گیاه افزایش یافت که شاید دلیل آن را بتوان به افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه در اثر شوری نسبت داد. هم‌چنین بیشترین کاهش وزن خشک ریشه در تیمار ۶۰ میلی‌مولار شوری به دست آمد. اما با افزودن نیتروژن به محلول غذایی وزن خشک ریشه افزایش معنی‌دار یافت. بنابراین احتمالاً در شرایط شورکاربرد نیتروژن در محیط رشد گیاه می‌تواند یکی از عوامل مؤثر در کاهش اثرات مخرب شوری بر رشد باشد.

کاربرد شوری و نیتروژن و برهمکنش آنها سبب توزیع متفاوت عناصر کم مصرف در اندام‌های گیاه شد. کاربرد شوری سبب افزایش تجمع عناصر کم مصرف آهن، منگنز، روی و مس در ریشه، افزایش غلظت عناصر مس و آهن در میوه، و کاهش غلظت روی در شاخساره شد. افزودن سطوح نیتروژن به محلول غذایی باعث تجمع عناصر کم مصرف در ریشه‌ها شد اما غلظت آنها در شاخساره کاهش یافت.

پیشنهاد می‌شود جهت ارزیابی دقیق تحمل نسبی گیاه به شوری و نیتروژن، پارامترهای دیگر مانند اسیدهای آمینه و مقدار قندها و آنزیم‌های گیاه نیز ارزیابی گردد. هم‌چنین به علت تفاوت احتمالی در حساسیت ارقام مختلف گوجه‌فرنگی به تنش شوری و نیتروژن، تحقیقاتی مشابه با ارقام مختلف گوجه‌فرنگی انجام شود و برهمکنش شوری با سایر عناصر غذایی به ویژه فسفر و پتاسیم و بعضی عناصر کم مصرف نیز مورد مطالعه قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از کلیه مسئولین و کارکنان محترم بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز به دلیل فراهم آوردن امکانات لازم برای انجام این تحقیق، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. مسیحا، س. م.، ص. کریمایی و م. مقدم. ۱۳۷۸. مقایسه اثر سه محلول غذایی بر میزان رشد و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در کاهو با استفاده از سیستم هیدروپونیک. مجله نهال و بذر ۱۵(۴): ۳۷۵-۳۸۹.

2. Abdelgadir, E. M., M. Oka and H. Fujiyama. 2005. Characteristics of nitrate uptake by plants under salinity. J. Plant Nutri. 28: 33-46.
3. Adams, P. and L. C. Ho. 1993. Effect of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and incidence of blossom-end rot. Plant and Soil 154: 127-132.
4. Alsadon, A. A. and S. O. Khalil. 1993. Effect of nitrogen level on two tomato cultivars under plastic house conditions. J. King Saud Univ. 5: 69-77.
5. 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 Physiol. Plant 30: 43-52.
6. Ben-Oliel, G., S. Kant, M. Naim, H. Rabinowitch, G. R. Takeoka, R. G. Buttery and U. Kafkafi. 2004. Effects of ammonium to nitrate ratio and salinity on yield and fruit quality of large and small tomato fruit hybrids. J. Plant Nutr. 27: 1795- 1812.
7. Chapman, H. D. and D. F. Pratt. 1961. Methods of analysis for soil, plant and water. Univ. of Calif., Div. Agric. Sci., pp. 60.
8. Duran Zuazo, V. H., A. Martinez-Raya, J. Aguilar Ruiz and D. Franco Tarifa. 2004. Impact of salinity on macro- and micronutrient uptake in mango (*Mangifera indica* L. cv. Osteen) with different rootstocks. Spanish J. Agric. Res. 2: 121-133.
9. Fernandez-Garcia, N., V. Martinez and M. Carvajal. 2004. Effect of salinity on growth, mineral composition, and water relations of grafted tomato plants. J. Plant Nutr. Soil Sci., 167: 616-622.
10. Flores, P., J. M. Navarro, M. Carvajal, A. Cerda and V. Martinez. 2003. Tomato yield and quality as affected by nitrogen source and salinity. Agronomie 23: 249-256.
11. Gebauer, J., K. El-Siddig, A. A. Salih and G. Ebert. 2003. Effect of different levels of NaCl-induced salinity on growth, photosynthesis, leaf chlorophyll concentration and ion distribution of *Adansonia digitata* L. seedlings. J. Appl. Botany 77: 103-107.
12. Gulser, F. 2005. Effect of ammonium sulfate and urea on NO_3^- and NO_2^- accumulation, nutrient contents and yield criteria in spinach. Scientia Hort. 106: 330-340.
13. Hajer, A. S., A. A. Malibari, H. S. Al-Zahrani and O. A. Almaghrabi. 2006. Responses of three tomato cultivars to sea water salinity I. Effect of salinity on the seedling growth. Afr. J. Biotechnol. 5: 855-861.
14. Hu, Y., J. J. Oertli and U. Schmidhalter. 1997. Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat. 1. Growth. J. Plant Nutr. 20: 1155–1167.
15. Hu, Y., U. Schmidhalter. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. J. Plant Nutr. Soil Sci. 168: 541-549.
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. Massantini, F., R. Filli, G. Magnani and N. Oggiano. 1988. Biotechnology for high quality vegetables. Soilless Culture 4(2): 27-40.
18. Murat, A. T., A. H. A. Elkarim, N. Taban and S. Taban. 2009. Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations on maize plan. Afr. J. Agric. Res. 4: 893-897.
19. Navarro, J. M., V. Martinez, and M. Carvajal. 2000. Ammonium, bicarbonate and calcium effects on tomato plants grown under saline conditions. Plant Sci. 157: 89-96.
20. Ranham, S., G. F. Vance, and L. C. Munn. 1993. Salinity induces effects on the nutrient status of soil, corn leaves and kernels. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 24: 2251-2269.
21. Sakamato, Y., S. Watanabe, T. Nakashima and K. Okano. 1999. Effect of salinity at two ripening stages on the fruit quality of single - truss tomato grown in hydroponics. J. Hort. Sci. Biotechnol. 74: 690-693.
22. Sato, S., S. Sakaguchi, H. Furukawa and H. Ikeda. 2006. Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on fruit characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Sci. Hortic. 109: 248–253.
23. Savvas, D. and F. Lenz. 2000. Effects of NaCl or nutrient-induced salinity on growth, yield, and composition of eggplants grown in rockwool. Sci. Hortic. 84: 37-47.
24. Serio, F., L. D. Gara, S. Caretto, L. Leo and P. Santamaria. 2004. Influence of an increased NaCl concentration on yield and quality of cherry tomato grown in posidonia (*Posidonia oceanica (*L) *Delile*). J. Sci. Food. Agric. 84: 1885–1890.
25. Tabatabaei, S. J. 2006. Effects of salinity and N on the growth, photosynthesis and N status of olive (*Olea europaea* L.) trees. Sci. Hortic. 108: 432-438.
26. Tantawy, A. S., A. M. R. Abdel-Mawgoud, M. A. El-Nemr and Y. Ghorra Chamoun. 2009. Alleviation of salinity effects on tomato plants by application of amino acids and growth regulators. Europ. J. Scientific Res. 30: 484-494.
27. Ting, S. U. and L. Russeff. 1981. Citrus fruit and their products: Analysis – Technology (Food Science and technology). Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 124-125.
28. Yildirim, B., F. Yasar, O. Terzioglu, A. Tamkoc and D. Turkozu. 2008. Effect of salinity stress on nutrient composition of field pea genotypes (*Pisum sativum. sp. Arvense* L.). J. Anim. Veterin. Advanc. 7: 944-948.