تأثیر سطوح شوری و نیتروژن بر رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی گوجه‌فرنگی تحت شرایط آبکشت

مریم زاهدی‌فر*، عبدالمجید رونقی، سید علی‌اکبر موسوی و صدیقه صفرزاده شیرازی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۶/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۶/۲۴)

چکیده

مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر سطوح شوری و نیتروژن بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی و غلظت و جذب برخی عناصر غذایی در اندام‌های مختلف گیاه در محیط آبکشت انجام شد. نیتروژن در سطوح ۰، ۱/۵ و ۳ درصد از منبع کلرید و فسفات آمونیوم (نسبت وزنی ۱:۱) و شوری در سطوح ۰، ۳۰ و ۶۰ میلی مولار از کلرید سدیم و کلسیم (نسبت وزنی ۲:۱) اضافه شد. آزمایش به صورت طرح کامل تصادفی در شرایط گلخانه انجام شد. نتایج نشان داد که با کاربرد نیتروژن، وزن تر میوه افزایش یافت ولی تیمار شوری آن را کاهش داد. بیشترین وزن تر میوه با کاربرد ۳٪ نیتروژن و بدون افزودن شوری مشاهده شد، در حالی که کمترین وزن تر میوه با کاربرد ۳۰ میلی مولار شوری و بدون افزودن نیتروژن به دست آمد. افزودن ۳۰ و ۶۰ میلی مولار شوری، غلظت فسفر میوه را در سطح ۵٪ به صورت معنی‌داری افزایش داد ولی بر غلظت فسفر شاخساره و ریشه اثر معنی‌داری نداشت. کاربرد نیتروژن، غلظت فسفر را در میوه، شاخساره و ریشه به صورت معنی‌دار افزایش داد. با افزودن نیتروژن در تیمار شاهد شوری، جذب نیتروژن ریشه، شاخساره و میوه افزایش یافت، در حالی که در سطوح بالای شوری، افزایش جذب نیتروژن کمتر از سطوح پایین شوری بود. کاربرد شوری در غیاب نیتروژن، جذب فسفر و منگنز میوه، غلظت مس، روی و منگنز ریشه و جذب منگنز شاخساره را به صورت معنی‌داری در سطح ۵ درصد کاهش داد. هم‌چنین نتایج نشان داد که در سطوح پایین شوری، کاربرد نیتروژن از اثرات منفی شوری بر رشد و عملکرد گیاه می‌کاهد.

واژه‌های کلیدی: شوری، آبکشت، گوجه‌فرنگی، نیتروژن، جذب عناصر غذایی

مقدمه

در بسیاری از مناطق دنیا به ویژه در مناطق خشک، شوری یکی از مشکلات اصلی است که اثرات نامطلوبی بر فعالیت‌های کشاورزی دارد. شوری با افزایش فشار اسمزی، عدم تعادل بین عناصر غذایی و سمیت برخی عناصر ویژه، رشد گیاه را محدود می‌کند (۱۲). شوری بر وضعیت تغذیه‌ای عناصر معدنی غذایی اثر می‌گذارد. شوری جذب انتخابی یون‌ها توسط ریشه را تغییر داده و جابجایی آنها را در گیاه کاهش می‌دهد (۲۷).

گوجه‌فرنگی یکی از محصولات جهانی است که نسبتاً به شوری مقاوم است (۱۹) و در سال‌های اخیر پرورش آن در محیط آبکشت مورد توجه قرار گرفته است.

در بسیاری از مطالعات انجام شده، شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک و تر میوه در مقایسه با شاهد شده است (۲۲). محققان گزارش کرده‌اند که رشد اندام هوایی

۱. به ترتیب دانش آموخته دکتری، استاد، استادیار و دانشجوی دکتری بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: maryamzahedifar2000@yahoo.com

گوجه‌فرنگی، به ویژه پهنای برگ، بیشتر از رشد ریشه به شوری حساس است (۲۱). افراد دیگری بیان کردند که شوری می‌تواند به طور مستقیم توسعه دیواره سلولی را کاهش دهد (۵). در برخی تحقیقات انجام شده، نشان داده شد که رشد ریشه و اندام هوایی در محیط آبکشتی تحت تأثیر شوری قرار نگرفته است، در حالی که رشد آنها در خاک کاهش یافته است (۲۶). در آزمایشی بیشترین و کمترین عملکرد گوجه‌فرنگی کشت شده در محیط آبکشتی به ترتیب با افزودن ۳ و ۱۲ میلی زیمنس بر سانتی‌متر شوری به دست آمد و هم‌چنین تعداد میوه با کاربرد ۱۲ میلی زیمنس بر سانتی‌متر شوری به صورت معنی‌داری کاهش یافت (۱).

نیتروژن از عناصر ضروری در افزایش تعداد گل و کیفیت میوه است و در بیشتر موارد نیتروژن ناکافی، محدود کننده رشد گیاه بوده و از سوی دیگر افزودن نیتروژن، رشد گیاه را بهبود می‌بخشد. بنابراین استفاده از کود نیتروژن به عنوان روشی در کاهش اثرات مضر شوری مطرح شده است (۱۷). تأثیر برهمکنش شوری و عناصر غذایی بر عملکرد و جذب عناصر غذایی در چندین گیاه مورد بررسی قرار گرفته است (۲۳). استفاده از کود نیتروژن در تمام خاک‌ها به ویژه در خاک‌های شور حائز اهمیت زیادی است (۸). نتایج آزمایش‌های محققان نشان داد که با کاربرد نیتروژن در شرایط شوری، تحمل به شوری افزایش می‌یابد (۲۵). این اثر بستگی به گونه گیاه، سطح شوری و یا شرایط محیطی دارد (۹). محققین بیان کردند که افزودن کود نیتروژن تا حدی می‌تواند مشکل شوری را تعدیل کند و کاربرد زیادی نیتروژن باعث افزایش شوری می‌شود (۲۴). در آزمایشی مشخص شد که افزودن نیتروژن در محلول غذایی عملکرد میوه گوجه‌فرنگی را افزایش داد، در حالی که شوری بر این عملکرد بی تأثیر بود. هم‌چنین کیفیت میوه در سطوح پایین شوری و بالای نیتروژن بسیار خوب بود (۱۳). با توجه به اهمیت این موضوع، مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر سطوح شوری و نیتروژن بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی و غلظت و جذب کل برخی عناصر غذایی در اندام‌های مختلف گیاه در محیط آبکشت در گلخانه بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این تحقیق، بذرهای گیاه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* var. Kalji) پس از جوانه زدن در پتری دیش‌های حاوی آب مقطر، به گلدان‌های بسیار کوچک یونولیتی که حاوی کوکوپیت مرطوب بودند انتقال داده شدند. سپس این مجموعه در سوراخ‌های تعبیه شده روی درب ۲۷ ظرف پلاستیکی حاوی ۵ لیتر محلول غذایی قرار داده شدند به نحوی که ریشه‌های دانهال‌ها بتوانند از محلول غذایی استفاده نمایند. به منظور تأمین عناصر پرمصرف از ترکیبات نیترات کلسیم، نیترات پتاسیم، سولفات منیزیوم و فسفات پتاسیم به ترتیب به میزان ۴، ۶، ۱ و ۱ میلی مولار و جهت تأمین عناصر کم مصرف از ترکیبات اسید بوریک، کلات آهن، اسید مولیبدیک، سولفات روی، مس و منگنز به ترتیب به میزان ۲۵، ۲۰، ۰/۵ و ۲ میکرومولار استفاده شد (۲۰). تیمارهای مورد استفاده هر کدام با سه تکرار و به صورت طرح کامل تصادفی شامل شوری از دو منبع NaCl و $CaCl_2$ (۰، ۳۰ و ۶۰ میلی مولار) که افزودن آن به صورت تدریجی و در ۵ نوبت صورت گرفت و نیتروژن از دو منبع NH_4Cl و $NH_4H_2PO_4$ به نسبت ۲:۱ (۰، ۱/۵ و ۳ درصد) بود. در طول دوران رشد گیاه، مقدار پ‌هاش در محلول‌های غذایی با افزودن اسید سولفوریک و یا هیدروکسید پتاسیم در محدوده ۶ تا ۶/۵ نگهداشته شد. پس از رسیدن کامل میوه‌های گوجه‌فرنگی، ۱۵۰ روز پس از کاشت ، بخش‌های مختلف گیاه جداگانه برداشت شد. ریشه‌ها، شاخساره‌ها و میوه‌ها با آب مقطر شسته شده و در دمای ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شده، سپس توزین و آسیاب شدند. نمونه‌های آسیاب شده در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره تبدیل به خاکستر شده و با اسید کلریدریک ۲ نرمال هضم شدند. غلظت عناصر مس، روی، منگنز و آهن در عصاره‌های آماده شده به روش چاپمن و پرات (۷) و با استفاده

جدول۱. اثر تیمارهای نیتروژن و شوری بر وزن تر میوه گوجه‌فرنگی (گرم در گلدان).

مقادیر نیتروژن (٪)	سطوح شوری (میلی مولار)			میانگین
	۰	۳۰	۶۰	
۰	۱۴۴ $^{+}$d	۷۵ d	۸۶ d	۱۰۲ B
۱/۵	۸۲۰ a	۵۶۲ bc	۲۶۴ d	۵۴۹ A
۳	۷۲۳ ab	۳۳۰ cd	۲۲۰ d	۴۲۴ A
میانگین	۵۶۲ A	۳۲۲ B	۱۹۰ B	

+ : میانگین‌هایی که در هر ستون یا ردیف در یک حرف بزرگ و یا میانگین‌هایی که در متن جدول در یک حرف کوچک مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

از دستگاه جذب اتمی تعیین شد. غلظت فسفر و نیتروژن به ترتیب به روش‌های کو (۱۶) و برمنر (۴) اندازه‌گیری شد. برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک مانند طول ریشه، ارتفاع شاخساره، تعداد میوه و وزن خشک و تر میوه نیز اندازه‌گیری شد. مقدار جذب هر یک از عناصر از حاصل ضرب وزن خشک در غلظت آن عنصر در بافت گیاهی مورد نظر به دست آمد. داده‌های آزمایش با استفاده از برنامه‌های آماری SPSS، MSTATC و EXCEL تحلیل شدند.

نتایج

جدول ۱ اثر شوری و کاربرد نیتروژن را بر وزن تر میوه گوجه‌فرنگی نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که کاربرد نیتروژن اثر مثبت معنی‌داری در سطح ۵٪ بر وزن تر میوه داشت. البته این اثر بین دو سطح ۱/۵ و ۳ درصد نیتروژن معنی‌دار نبود. در سطوح ۱/۵ و ۳ درصد نیتروژن، شوری وزن تر میوه را به صورت معنی‌داری کاهش داد. در سطوح پایین شوری (۳۰ میلی مولار) نسبت به شاهد، افزودن نیتروژن باعث کاهش اثرهای منفی شوری بر وزن تر میوه شد به طوری که در این سطح نیتروژن مصرفی، کاهش وزن تر میوه با شوری معنی‌دار نبود. شوری در سطوح بالاتر (۶۰ میلی مولار)، سبب کاهش معنی‌دار وزن تر میوه شد..

همچنان که در جدول ۲ نشان داده شده است، سطوح ۳۰ و ۶۰ میلی مولار شوری، غلظت فسفر میوه را به صورت معنی‌داری (در سطح ۵٪) افزایش داد. کاربرد نیتروژن غلظت فسفر را در میوه، شاخساره و ریشه به صورت معنی‌دار افزایش داد. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که شوری تأثیر معنی‌داری بر جذب فسفر ریشه نداشته ولی جذب فسفر شاخساره را نسبت به شاهد به صورت معنی‌داری افزایش داده است. هم‌چنین سطح شوری ۶۰ میلی مولار جذب فسفر میوه را به صورت معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش داده است. افزودن نیتروژن، جذب فسفر ریشه، شاخساره و میوه را به صورت معنی‌داری افزایش داد و این به دلیل وجود رابطه هم‌افزایی بین فسفر و نیتروژن می‌باشد.

جدول ۳ نشان می‌دهد که جذب فسفر میوه با افزودن غلظت نیتروژن محلول غذایی، صرف نظر از سطح شوری، به صورت مثبت و معنی‌داری افزایش یافته و این موضوع به دلیل برهمکنش مثبت نیتروژن و فسفر بوده است. هرچند این افزایش در تیمار ۶۰ میلی مولار شوری از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

شکل ۱ نشان می‌دهد که در شرایط غیرشور، با افزودن نیتروژن، جذب نیتروژن ریشه، شاخساره و میوه به صورت معنی‌داری افزایش یافته است. در سطح شوری ۳۰ میلی مولار، کاربرد نیتروژن تا ۱/۵ درصد باعث افزایش جذب نیتروژن در شاخساره و ریشه شده ولی افزایش مقدار کاربرد نیتروژن

جدول ۲. اثر تیمارهای نیتروژن و شوری بر غلظت فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) در ریشه، میوه و شاخساره گوجه‌فرنگی

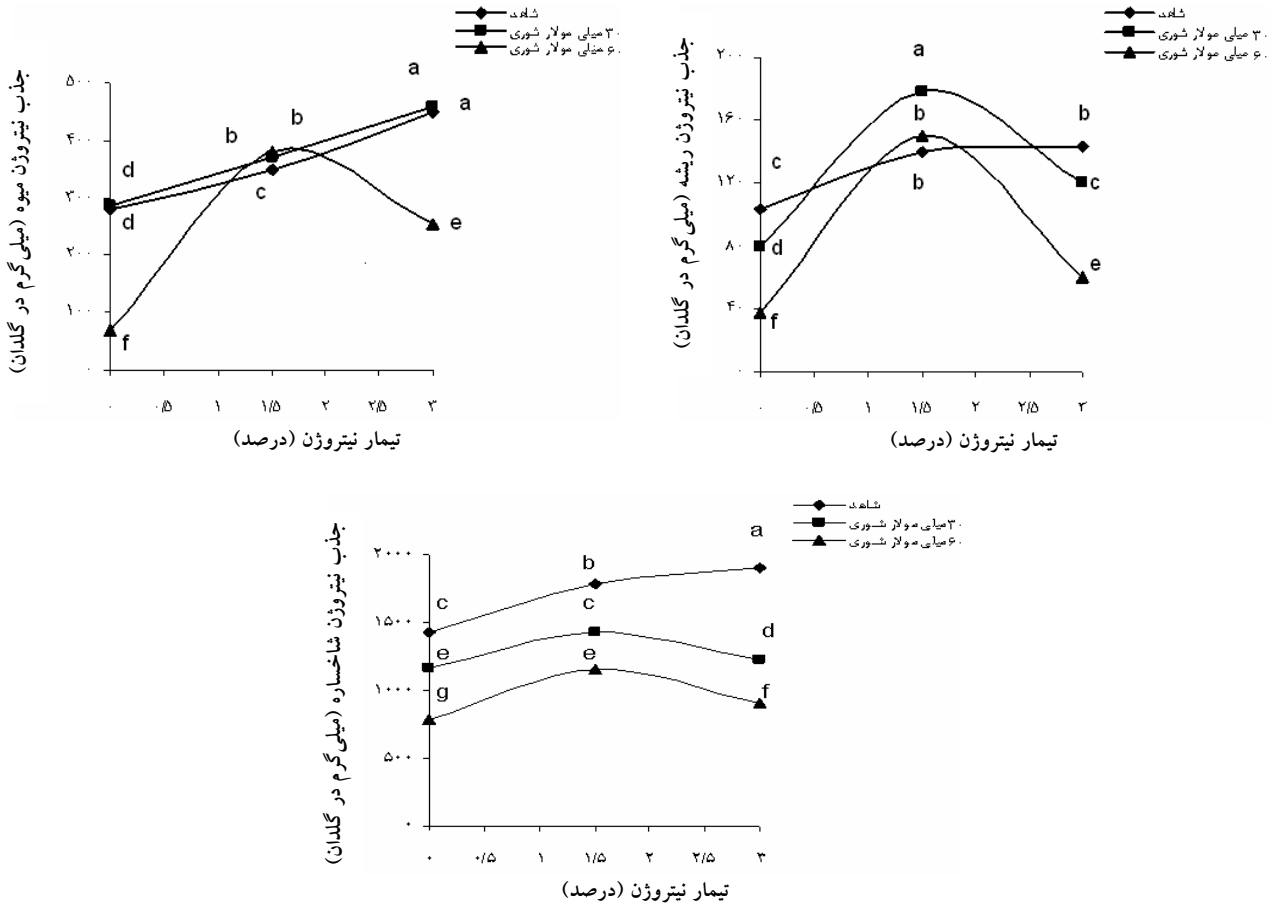
نیتروژن (٪)	سطوح شوری (میلی مولار) ۰	۳۰	۶۰	میانگین
	ریشه			
۰	۱۳۴۹ $^{+}$e	۲۱۹۴ de	۱۲۳۵ de	۱۹۵۹ C
۱/۵	۷۷۶۵ c	۵۴۹۳ c	۴۹۰۹ cd	۶۰۵۶ B
۳	۱۳۲۷۰ b	۱۴۴۰۰ ab	۱۷۰۵۰ a	۱۴۹۱۰ A
میانگین	۷۴۶۰ A	۷۳۶۱ A	۸۱۰۰ A	
		شاخساره		میانگین
۰	۶۴۵ b	۷۷۶ b	۸۳۹ b	۷۵۳ B
۱/۵	۴۷۵۴ a	۴۳۴۳ a	۴۰۳۸ a	۴۳۷۸ A
۳	۴۴۸۱ a	۳۰۴۶ ab	۴۱۴۴ a	۳۸۹۰ A
میانگین	۳۲۹۴ A	۲۷۲۲ A	۳۰۰۷ A	
		میوه		میانگین
۰	۱۴۱۷ e	۱۵۶۵ e	۲۰۵۳ de	۱۶۷۸ C
۱/۵	۲۸۰۵ cd	۳۰۱۰ c	۲۹۷۶ c	۲۹۳۰ B
۳	۳۳۷۳ bc	۴۵۵۲ a	۴۲۷۸ ab	۴۰۶۸ A
میانگین	۲۵۳۲ B	۳۰۴۲ A	۳۱۰۲ A	

+: میانگین‌هایی که در هر ستون یا ردیف در یک حرف بزرگ و یا میانگین‌هایی که در متن جدول در یک حرف کوچک مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵ ٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۳. اثر تیمارهای نیتروژن و شوری بر جذب فسفر (میلی‌گرم در گلدان) در ریشه، میوه و شاخساره گوجه‌فرنگی

نیتروژن (٪)	سطوح شوری (میلی مولار) ۰	۳۰	۶۰	میانگین
	ریشه			
۰	۶/۶۳ $^{+}$e	۹/۰۱ e	۵/۸۸ e	۷/۱۸ C
۱/۵	۵۵/۸۲ c	۵۱/۲۱ c	۳۵/۰۵ d	۴۷/۳۵ B
۳	۷۵/۶۹ b	۸۱/۵۲ b	۱۰۹/۳۱ a	۸۸/۸۴ A
میانگین	۴۶/۰۵ A	۴۷/۲۴ A	۵۰/۰۸ A	
		شاخساره		میانگین
۰	۵۱ g	۳۸ h	۲۴ i	۳۸ C
۱/۵	۲۴۶ b	۳۳۰ a	۲۳۶ c	۲۷۱ A
۳	۱۶۹ e	۱۳۷ f	۲۲۴ d	۱۷۷ B
میانگین	۱۵۵ C	۱۶۸ A	۱۶۱ B	
		میوه		میانگین
۰	۲۰۴ c	۱۱۷ c	۱۸۳ c	۱۶۸ B
۱/۵	۲۲۸۵ a	۱۶۹۶ ab	۷۸۶ bc	۱۵۸۹ A
۳	۲۵۳۰ a	۱۶۹۷ ab	۸۷۶ bc	۱۷۰۱ A
میانگین	۱۶۷۳ A	۱۱۷۰ AB	۶۱۵ B	

+: میانگین‌هایی که در هر ستون یا ردیف در یک حرف بزرگ و یا میانگین‌هایی که در متن جدول در یک حرف کوچک مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۱. اثر تیمارهای شوری و نیتروژن بر جذب نیتروژن توسط ریشه، شاخساره و میوه گوجه‌فرنگی

به ۳٪، جذب این عنصر در شاخساره و ریشه را کاهش داده است. افزایش جذب نیتروژن با شوری احتمالاً به دلیل جذب بیشتر نیتروژن برای کنترل تعادل غذایی و یا افزایش مقاومت به شوری بوده است.

نتایج نشان می‌دهد که جذب نیتروژن میوه در شوری ۶۰ میلی مولار، در مقایسه با میزان جذب نیتروژن میوه در شاهد و سطح شوری ۳۰ میلی‌مولار، کمترین مقدار بود. در شوری ۶۰ میلی مولار، جذب نیتروژن میوه با افزودن ۱/۵٪ نیتروژن افزایش یافت. در حالی‌که در سطح ۳٪ نیتروژن به صورت معنی‌داری کاهش یافت. که احتمالاً به دلیل افزایش شوری حاصل از کاربرد ۳٪ نیتروژن است که توأم با تیمار شوری ۶۰ میلی‌مولار در کاهش جذب نیتروژن میوه مؤثر بوده است.

با کاربرد شوری و نیتروژن در سطح ۱/۵٪ ، جذب نیتروژن ریشه به صورت معنی‌داری افزایش یافت. ولی در سطح ۳٪ نیتروژن جذب نیتروژن ریشه کم شد. نتایج نشان می‌دهد که در سطوح بالای شوری افزایش جذب نیتروژن کمتر از سطوح پایین‌تر شوری بوده است. در شاهد و یا در سطح شوری ۳۰ میلی مولار، کاربرد نیتروژن، جذب نیتروژن میوه را افزایش داد که این احتمالاً به دلیل انتقال نیتروژن افزوده شده از شاخساره به میوه به منظور ذخیره شدن در میوه بوده است.

کاربرد نیتروژن به صورت معنی‌داری غلظت آهن، منگنز، روی و مس شاخساره را کاهش داد (جدول ۴). هم‌چنین افزودن ۳۰ میلی مولار شوری غلظت آهن، منگنز، و مس شاخساره را نسبت به شاهد به صورت معنی‌داری کاهش داد.

جدول ۴. اثر تیمارهای نیتروژن و شوری بر غلظت آهن، منگنز، مس و روی (میلی‌گرم در کیلوگرم) در شاخساره گوجه‌فرنگی.

نیتروژن (٪)	سطوح شوری (میلی مولار)			
	۰	۳۰	۶۰	
	آهن			میانگین
۰	۱۴۷ +ab	۱۰۶ b	۱۳۲ ab	۱۲۸ AB
۱/۵	۱۸۲ a	۱۲۴ b	۱۵۶ ab	۱۵۴ A
۳	۱۳۹ ab	۱۱۴ b	۱۰۸ b	۱۲۰ B
میانگین	۱۵۶ A	۱۱۵ B	۱۳۲ AB	
	منگنز			میانگین
۰	۹۵/۴۵ a	۹۹/۷۰ a	۹۲/۴۰ ab	۹۵/۸۵ A
۱/۵	۹۶/۷۲ a	۴۳/۷۷ c	۸۱/۵۳ ab	۷۴/۰۱ B
۳	۷۱/۷۵ abc	۵۹/۲۳ bc	۶۱/۰۵ bc	۶۴/۰۲ B
میانگین	۸۷/۹۷ A	۶۷/۵۸ B	۷۸/۳۳ AB	
	روی			میانگین
۰	۱۳۱ ab	۱۲۸ ab	۱۳۹ a	۱۳۲ A
۱/۵	۱۱۶ bc	۹۴ d	۱۰۳ cd	۱۰۴B
۳	۹۵ d	۹۳ d	۱۰۳ cd	۹۷ B
میانگین	۱۱۴ A	۱۰۵ A	۱۱۵ A	
	مس			میانگین
۰	۱۶/۰۰ a	۱۴/۸۰ ab	۱۲/۱۷ bcd	۱۴/۳۲ A
۱/۵	۱۲/۸۷ abc	۷/۱۲ f	۱۱/۴۵ b-e	۱۰/۴۸ B
۳	۸/۱۲ ef	۸/۷۸ def	۱۰/۱۳ c-f	۹/۰۱ B
میانگین	۱۲/۳۳ A	۱۰/۲۳ B	۱۱/۲۵ AB	

+. میانگین‌هایی که در هر ستون یا ردیف در یک حرف بزرگ و یا میانگین‌هایی که در متن جدول در یک حرف کوچک مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

سطوح ۳۰ و ۶۰ میلی مولار شوری غلظت روی ریشه را به صورت معنی‌داری کاهش داد (جدول ۵). هم‌چنین کاربرد ۳۰ میلی مولار شوری غلظت مس ریشه و کاربرد ۶۰ میلی مولار شوری غلظت منگنز ریشه را به صورت معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. جدول ۵ نشان می‌دهد که کاربرد ۳ ٪ نیتروژن، غلظت آهن و روی ریشه را به صورت معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد.

جذب منگنز شاخساره و میوه در سطوح بالای شوری کاهش یافت. در سطوح پایین شوری، غلظت و جذب مس شاخساره در مقایسه با شاهد به صورت معنی‌داری کاهش یافت، ولی غلظت و جذب مس میوه به صورت معنی‌داری افزایش یافت.

بحث

همان گونه که در نتایج بیان شد (جدول ۱) افزودن نیتروژن، وزن تر میوه را افزایش داد در حالی که کاربرد شوری آن را کاهش داد. در آزمایشی، افزودن کود نیتروژن به محلول غذایی

جدول ۵. اثر تیمارهای نیتروژن و شوری بر غلظت آهن، منگنز، مس و روی (میلی‌گرم در کیلوگرم) در ریشه گوجه‌فرنگی.

نیتروژن (٪)	سطوح شوری (میلی مولار)			
	۰	۳۰	۶۰	
	آهن			میانگین
۰	۲۸۹ $^{+}$e	۴۵۳ b-e	۳۹۱ cde	۳۷۸ B
۱/۵	۷۴۱ ab	۳۶۷ de	۴۱۴ cde	۵۰۷ B
۳	۶۷۳ abc	۸۰۷ a	۶۴۹ a-d	۷۱۰ A
میانگین	۵۶۷ A	۵۴۳ A	۴۸۵ A	
	منگنز			میانگین
۰	۱۸۱ d	۴۶۱ a	۲۷۳ bcd	۳۰۵ A
۱/۵	۴۱۴ ab	۲۴۲ cd	۳۵۷ abc	۳۳۸ A
۳	۳۹۰ ab	۴۷۹ a	۲۳۶ cd	۳۶۸ A
میانگین	۳۲۸ AB	۳۹۴ A	۲۸۹ B	
	روی			میانگین
۰	۶۷۱ ab	۶۶۰ ab	۴۴۰ c	۵۹۰ B
۱/۵	۷۸۸ a	۴۷۰ c	۴۸۱ c	۵۸۰ B
۳	۷۴۱ ab	۷۳۹ ab	۶۳۳ b	۷۰۴ A
میانگین	۷۳۳ A	۶۲۳ B	۵۱۸ C	
	مس			میانگین
۰	۳۲/۰۱ abc	۲۵/۶۷ bc	۳۰/۶۷ abc	۲۹/۴۴ A
۱/۵	۳۶/۱۸ ab	۲۳/۹۱ c	۲۴/۷۳ bc	۲۸/۲۷ A
۳	۳۹/۴۵ a	۳۲/۴۱ abc	۳۱/۴۵ abc	۳۴/۴۴ A
میانگین	۳۵/۸۸ A	۲۷/۳۲ B	۲۸/۹۵ B	

+. میانگین‌هایی که در هر ستون یا ردیف در یک حرف بزرگ و یا میانگین‌هایی که در متن جدول در یک حرف کوچک مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند

شور، وزن خشک شاخساره و ریشه گوجه‌فرنگی را افزایش داد (۶). نتایج تحقیق دیگری نشان داد که تعداد و وزن تر میوه گوجه‌فرنگی در شوری ۱۲ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر کاهش یافت در حالی که کاهش تعداد و وزن تر میوه در شوری ۳ یا ۸ میلی زیمنس بر سانتی‌متر مشاهده نشد (۱). در آزمایشی با افزایش شوری از ۲/۵ به ۱۰ دسی زیمنس بر متر، جوانه زنی، سبز شدن و وزن خشک و تر گوجه‌فرنگی کاهش یافت (۲). کاهش وزن خشک و تر میوه گوجه‌فرنگی در محیط شور توسط دیگران نیز گزارش شده است (۲۲). مهمترین اثر شوری افزایش غلظت سدیم در بافت گیاهی است. سدیم اضافی می‌تواند منجر به تغییراتی در وضعیت تغذیه‌ای عناصر دیگر شود. مثلاً کاهش جذب پتاسیم و کاهش رشد و عملکرد گیاه از نتایج افزایش حضور سدیم است (۱۱).

همان گونه که قبلاً گفته شد شوری و نیتروژن غلظت فسفر را تحت تأثیر قرار داد. اثر شوری بر غلظت فسفر در گوجه‌فرنگی بستگی به غلظت فسفر در محلول غذایی دارد. در

غلظت‌های پایین فسفر در محیط ریشه، شوری از جذب فسفر توسط ریشه، انتقال آن از ریشه به شاخساره و جابجایی دوباره فسفر از برگ‌های پیر به جوان جلوگیری می‌کند، که احتمالاً به دلیل کاهش حرکت فسفر ذخیره شده در واکوئل‌ها است (۲۰). در تحقیق دیگری نشان داده شد که کاربرد شوری تا سطح ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم منجر به کاهش غلظت نیتروژن، کلسیم، و پتاسیم شد در حالی‌که بر غلظت فسفر اثری نداشت (۱۵).

محققان نشان دادند که افزایش غلظت کلر برگ به دنبال کاهش غلظت فسفر آن به دلیل رقابت بین کلر و فسفر در جذب توسط گیاه می‌باشد (۳). شوری می‌تواند جذب فسفر را در گیاه کاهش دهد اگرچه در برخی از آزمایش‌های انجام گرفته این جذب افزایش یافته و یا تحت تأثیر قرار نگرفته است. در خاک‌های شور، کاهش قابلیت دسترسی فسفر تنها تحت تأثیر پیوندهای یونی که منجر به کاهش فعالیت فسفر می‌شود، نیست بلکه کمپلکس‌های کلسیم- فسفر، میزان انحلال پذیری فسفر را کنترل می‌کنند (۱۰). همان گونه که نتایج نشان داد افزودن نیتروژن توانست در سطوح پایین شوری، اثرات مخرب شوری را تا حدودی جبران نماید. مشابه این نتایج توسط سایرین نیز گزارش شده است که نشان دادند در سطوح شوری ۱ دسی زیمنس بر متر، افزودن نیتروژن اثر مثبتی بر رشد گیاه دارد در حالی که در سطوح بالای شوری، (۵ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) نیتروژن نتوانست از اثرات مخرب شوری بر عملکرد و رشد گوجه‌فرنگی بکاهد (۲۳). نیتروژن حتی در شرایط شور می‌تواند میزان جذب فسفر توسط گیاه را ثابت نگه‌دارد (۱۸). بر اساس نتایج برخی مطالعات، افزایش سطح نیتروژن مصرفی در شرایط شور در مقایسه با شرایط غیرشور می‌تواند تحمل به شوری در گیاه را افزایش دهد (۲۵). در واقع، افزایش کوددهی نیتروژن، برخی از اثرات بازدارندگی شوری را کاهش می‌دهد (۲۴).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در سطح پایین نیتروژن (۱/۵٪) در محلول غذایی، شوری، جذب نیتروژن ریشه را افزایش داد ولی این افزایش در سطح ۳٪ نیتروژن مشاهده نشد. برخی محققان نشان دادند که کاربرد نیتروژن اثر مثبتی بر گیاهان رشد کرده در شرایط شوری دارد که احتمالاً به دلیل جذب بیشتر نیتروژن و به دنبال آن غلظت بالاتر نیتروژن در برگ‌های تحت تنش شوری می‌باشد. آنها نشان دادند که جذب کلی نیتروژن به صورت خطی در ارتباط با مقادیر کاربرد نیتروژن است ولی در شرایط شوری، این جذب کلی بدون توجه به مقدار نیتروژن، متوقف می‌شود و جذب کلی نیتروژن در سطوح پایین شوری به صورت معنی‌داری بیشتر از جذب آن در سطوح بالای شوری است. هم‌چنین آنها بیان کردند که کوددهی بیش از حد نیتروژن ممکن است باعث شور شدن محیط رشد ریشه شود و اثرات مخرب شوری را بر گیاه افزایش دهد (۳). نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در اغلب موارد غلظت و جذب عناصر کم مصرف با افزودن شوری و نیتروژن کاهش یافتند.

در سطوح پایین شوری، غلظت و جذب مس میوه به صورت معنی‌داری افزایش یافت. در برخی تحقیقات صورت گرفته هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین شوری خاک و غلظت عناصر منگنز و روی در برگ‌ها و شاخساره‌های ذرت و جو به دست آمد و شوری، غلظت مس و آهن را در ذرت افزایش داد در حالی که این غلظت‌ها در جو کاهش یافتند (۱۴). در آزمایش دیگری که اثر شوری بر غلظت آهن، منگنز و روی در گوجه‌فرنگی مورد مطالعه قرار گرفت، نتایج نشان داد که افزودن شوری غلظت هر سه عنصر را در اندام هوایی گیاه افزایش داد. در شوری بیشتر از ۲۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر کلرید سدیم، غلظت آهن و روی ریشه افزایش یافت. از سوی دیگر غلظت منگنز ریشه کاهش یافت (۱۹). برخی محققان بر این باور هستند که اثر شوری بر غلظت عناصر کم مصرف بستگی به نوع نمک اضافه شده و گیاه مورد مطالعه دارد (۱۸).

با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق می‌توان بیان کرد که مطالعه پاسخ گیاه به مقادیر مختلف کود نیتروژن و سطوح شوری در مراحل مختلف رشد به منظور تعیین مقادیر مناسب افزودن کود نیتروژن که بتواند اثرات نامناسب شوری بر

رشد گیاه را کاهش دهد، ضروری است. از سوی دیگر مقادیر زیاد کود نیتروژن می‌تواند بر شوری محیط رشد ریشه افزوده و بر رشد و عملکرد گیاه اثرات منفی داشته باشد. بنابراین کوددهی بهینه نیتروژن به منظور دست‌یابی به عملکرد مناسب گیاه لازم است.

سپاسگزاری

از مسئولین محترم بخش علوم خاک و دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز به خاطر فراهم نمودن تسهیلات لازم جهت انجام این پژوهش، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. 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. J. Hort. Sci. 66(2): 201-20.
2. Al-Harbi, A. R., M. A. Wahb-Allah and S. S. Abu-Moriefah. 2008. Salinity and nitrogen level affects germination, emergence and seedling growth of tomato. Inter. J. Veg. Sci. 14(4): 380-392.
3. Badr, M. A. and A. S. Talaab. 2008. Response of tomatoes to nitrogen supply through drip irrigation system under salt stress conditions. Austr. J. Basic and Applied Sci. 2(1): 149-156.
4. Bremner, J. M. 1996. Nitrogen-total. PP. 1085-1122. *In:* D. L. Sparks et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed., Am. Soc. Agron., Madison, WI.
5. Bressan, R. A., D. E. Nelson., N. M. Iraki., P. C. Larosa., N. K. Singh, P. M. Hasegawa and N. C. Carpita. 1990. Reduced cell expansion and changes in cell walls of plant cells adapted to NaCl. PP. 137-171. *In:* F. Katterman (Ed.), Environmental Injury to Plants, Academic Press, New York.
6. Cerda, A. and V. Martinez. 1988. Nitrogen fertilization under saline conditions in tomato and cucumber plants. Hort. Sci. 63: 454-458.
7. Chapman, H. D. and D. F. Pratt. 1961. Methods of analysis of soil, plant, and water. Univ. Calif., Div. Agric. Sci. PP. 60-68.
8. Flores, P., M. Carvajal., A. Cerda and V. Martinez. 2001. Salinity and ammonium/nitrate interactions on tomato plant development, nutrition and metabolites. J. Plant Nutr. 24: 1561-1573.
9. Grattan, S. R. and C. M. Grieve. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Sci. Hortic. 78: 127-157.
10. Grattan, S. R. and C. M. Grieve. 1999. Salinity-mineral nutrient relation in horticultural crops. Sci. Hort. 78: 659-665.
11. Greenway, H. and R. Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. Ann. Rev. Plant Physiol. 31: 149-190.
12. Gunes, A., A. Inal and M. Alpaslan. 1996. Effect of salinity on stomatal resistance, praline and mineral composition of pepper. Plant Nutr. 19: 389-396.
13. Hall, D. A. 1983. The influence of nitrogen concentration and salinity of recirculating solutions on the early-season vigour and productivity of glasshouse tomatoes. Hort. Sci. 58(3): 411-415.
14. Hassan, N. K. A., J. V. Drew., D. Knudsen and R. A. Olsen. 1970. Influence of soil salinity on production of dry matter and uptake and distribution of nutrients in barely and corn. Agron. J. 62: 43-45.
15. Khorshidi, M. B., M. Yarnia and D. Hassanpanah. 2009. Salinity effect on nutrients accumulation in alfalfa shoots in hydroponic condition. J. Food, Agric. and Environ. 7 (3-4): 787-790.
16. Kuo, S. 1996. Phosphorus. PP. 869-920. *In:* D. L. Sparks et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed., Am. Soc. Agron., Madison, WI.
17. Lips, S. H., E. O. Leidi and M. Silberbush. 1990. Nitrogen assimilation of plant under stress and high concentrations. PP. 207-215. *In:* W. R. Ulrich, C. Rigano, A. Fuggi and P. J. Aparicio (Eds.), Inorganic Nnitrogen in Plants and Microorganisms, Uptake and Metabolism, Springer-Verlag, Berlin.
18. Lorenzo, H., J. M. Siverio and M. Caballero. 2001. Salinity and nitrogen fertilization and nitrogen metabolism in rose plants. J. Agric. Sci. 137: 77-84.
19. Maas, E. V. 1986. Salt tolerance of plants. Appl. Agric. Res. 1: 12-26.
20. Martinez, V., N. Bernstein and A. Lauchli. 1996. Salt-induced inhibition of phosphorus transport in lettuce plants. Physiol. Plantarum 97: 118-122.
21. Munns, R. and A. Termaat. 1986. Whole-plant responses to salinity. Aust. J. Plant Physiol. 13: 143-160.
22. 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.

23. Papadopoulos, I. and V. V. Rending. 1983. Interactive effects of salinity and nitrogen on growth and yield of tomato plants. Plant Soil 73: 47-57.
24. Ravikovitch, S. and A. Porath. 1967. The effect of nutrients on the salt tolerance of crops. Plant Soil 26: 49-71.
25. Ravikovitch, S. and D. Yoles. 1971. The influence of phosphorus and nitrogen on millet and clover growing in soils affected by salinity: I. Plant development. Plant Soil 35: 555-567.
26. Snapp, S. S. and C. Shennan. 1992. Effects of salinity on root growth and death dynamics of tomato, Lycopersicon esculentum Mill. New Phytol. 121: 71-79.
27. Thomas, H. 1997. Drought resistance in plants. PP. 1-43. *In:* A. S. Basra and A. K. Basra (Eds.), Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants, Harwood Academic Publ.