اثر بتاکاروتن بر ریشه‌دهی و برخی از شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) تحت تنش شوری در شرایط کشت درون شیشه‌ای

۱- علی اکبر احسانپور، استاد گروه زیست شناسی، دانشگاه اصفهان
ehsanpou@sci.ui.ac.ir
۲- هدی اسکندری، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان

دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۲۳
پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۲۲

چکیده

امروزه مهم‌ترین مشکل در مناطق خشک و نیمه خشک، شوری خاک است که منجر به کاهش رشد گیاهان می‌شود. بتاکاروتن یک آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی است که قادر به سرکوب گونه‌های منفرد اکسیژن است. در این مطالعه، گیاهان گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) در غلظهای صفر، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار نمک (NaCl) تحت تیمار صفر، ۶ و ۱۶ میلی‌گرم در لیتر بتاکاروتن به عنوان یک آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی در شرایط کشت در شیشه در محیط کشت MS رشد داده شدند. پس از گذشت سه هفته از اعمال تیمارها وزن تر، وزن خشک و غلظت سدیم و پتاسیم ریشه و اندام هوایی، طول و تعداد ریشه و غلظت پرولین اندام هوایی گیاه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در غلظت بالای NaCl (۱۲۰ میلی‌مولار) افزودن ۶ میلی‌گرم در لیتر بتاکاروتن به محیط کشت منجر به افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه می‌شود. با افزودن بتاکاروتن در هر دو غلظت نمک، طول و تعداد ریشه‌ها افزایش یافت. هم‌چنین بتاکاروتن تأثیر معنی‌داری بر غلظت پرولین و نسبت پتاسیم به سدیم گیاه داشت. بنابراین، می‌توان گفت بتاکاروتن قابلیت افزایش تحمل به شوری گیاه گوجه فرنگی را با افزایش ریشه‌دهی خواهد داشت.

واژگان کلیدی: گوجه فرنگی؛ بتاکاروتن؛ تنش شوری؛ رشد ریشه.

مقدمه

شوری آب یا خاک یکی از تنش‌های اصلی محیطی است که به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک می‌تواند اثر منفی بر تولید محصول بگذارد. آثار شوری بر رشد گیاهان با کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک (تنش آبی)، عدم توازن مواد غذایی، اثر مخصوص یونی (تنش نمکی) و یا ترکیبی از این عوامل همراه است [۱۱]. کاروتنوئیدها به رنگ زرد مایل به قرمز و نارنجی بوده و به خصوص در هویج، اسفناج و کاهو وجود دارند. کاروتنوئیدها از نظر شیمیایی عبارتند از هیدروکربورهائی با فرمول خام ($C_{40}H_{56}$) که فرمول گسترده آن‌ها تشکیل شده است از یک زنجیر کربنی که در یک یا دو انتها به یک حلقه شش ضلعی منتهی می‌شوند. بتاکاروتن دارای ساختمان شیمیایی قرینه است و در اثر باز شدن اتصال دوگانه ایجاد دو مولکول ویتامین A می‌کند. اهمیت کاروتنوئیدها برای رشد وتکامل گیاه به خاطر وجود حداقل دو هورمون گیاهی مهم، استریگولاکتون[1] و آبسزیک اسید[2]است که از پیش‌سازهای کاروتنوئیدها منشا گرفته‌اند [۵]. شواهد به دست آمده نشان می‌دهد که ABA از یک اکسو کاروتنوئید، ۹- سیس- نئوگزانتین، مشتق می‌شود. مسیر بیوسنتز بتاکاروتن با مسیر بیوسنتز هورمون‌های جیبرلین و آبسزیک اسید در ارتباط است. این موضوع بیان‌گر این است که تشکیل و مقدار کاروتنوئیدها ممکن است تغییر جهت فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی را برای گیاهان به دنبال داشته باشد که بر روی بیوسنتز کاروتنوئیدها اثر می‌گذارد.

[1].Strigolactone
[2]. Abscisic Acid

بنابراین، متابولیسم کاروتنوئیدها در سطوح کوچک و در مراحل چندگانه در گیاهان تنظیم می‌شوند [۱۴]. تجمع کاروتنوئیدها در گیاه توسط یک مکانیسم تنظیمی کنترل می‌شود [۲۲]. در جلبک‌ها نیز ارتباط درونی میان تولید آبسزیک اسید و تجمع بتاکاروتن در سلول‌های جلبک متحمل به شوری *Dunaliella salina* گزارش شده است [۶]. طبق مطالعات سرمد و همکاران [۱۸]، جلبک *Dunaliella salina* که قادر به تجمع بتاکاروتن به مقدار بیشتری بود در مقایسه با گونه تجمع دهنده کم بتاکاروتن (*Dunaliella viridis*) غلظت ABA درونی خود را در تنش نمک افزایش می‌دهد [۱۸]. همچنین مسیر بیوسنتزی پیشنهاد شده برای ABA در گیاهان عالی، وجود یک رابطه درونی میان تجمع بتاکاروتن موجود و تولید ابسزیک اسید را در سلول‌های *Dunaliella* پیشنهاد می‌کند.کاروتنوئیدها که اجزا اصلی تشکیل دهنده غشاهای تیلاکوئیدی هستند، به طور موثری می‌توانند کلروفیل سه بار برانگیخته شده و یا اکسیژن منفرد را سرکوب کنند که البته اختلالات محیطی زیادی (مثل نور شدید، خشکی، استرس دمایی، علف کش‌ها و غیره) می‌توانند از علل تجمع بیش از حد گونه‌های اکسیژن فعال باشد. بتاکاروتن یک ترپنوئید مشتق شده از خانواده کاروتنوئیدهاست که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بوده و در گیاهان در کاهش اثرات ROS[1] نقش فعالی را ایفا می‌کند [۱۹]. گیاه گوجه فرنگی متعلق به خانواده Solanaceae و با نام علمی *Lycopersicon esculentum* Mill. است. این گیاه دیپلوئید (2n=24) است. گونه‌های خودروی این گیاه در طبیعت چند ساله هستند ولی ارقام غیرزراعی آن به صورت یکساله هستند [۴]. این گیاه غنی از ویتامین A، C و فیبر و عاری از کلسترول است. یک میوه گیاه گوجه‌فرنگی دارای ۲۵ تا ۵۰ میلی‌گرم لیکوپن[2] در هر یک ۱۰۰ گرم میوه است [۱۲]. لیکوپن یکی از اعضای خانواده رنگدانه‌هایی به نام کاروتنوئیدهاست که جزء ترکیبات طبیعی هستند و رنگ برخی میوه‌ها و سبزیجات را تشکیل می‌دهند. لیکوپن یکی از مهم‌ترین آنتی اکسیدان‌ها در گروه کاروتنوئیدهاست و مانع تولید رادیکال‌های آزاد می‌شود و به این دلیل از دسته مواد ضد سرطان محسوب می‌شود [۱۰ و ۱۷]. با توجه به این‌که تاکنون گزارشی از اثر افزودن بتاکاروتن خارجی تحت تنش شوری به گیاه منتشر نشده است، هدف از این مطالعه بررسی اثر بتاکاروتن به عنوان یک آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی موثر در سرکوب ROSها تحت تنش شوری است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، ابتدا بذرهای گوجه‌فرنگی در محیط کشت MS (موراشیک-اسکوگ) در شرایط کشت درون‌شیشه‌ای جوانه زدند. سپس در محیط‌های حاوی غلظت‌های ۰، ۶۰ و ۱۲۰میلی‌مولار نمک (NaCl) تحت تیمار ۰، ۶ و ۱۶ میلی‌گرم در لیتر بتاکاروتن واکشت شدند. پس از گذشت سه هفته اثر بتاکاروتن تحت تنش شوری بر میزان وزن تر و خشک ساقه و ریشه، میزان سدیم وپتاسیم ساقه و ریشه، طول و تعداد ریشه و پرولین در اندام هوایی گیاه بررسی شد. برای اندازه‌گیری وزن تر اندام هوائی گیاهچه‌ها از کمی بالاتر از ریشه قطع و وزن شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ ^{o}C قرار داده شد. اندازه‌گیری میزان سدیم و پتاسیم توسط دستگاه شعله سنج[3] بر اساس منحنی استاندارد سدیم و پتاسیم صورت گرفت. میزان پرولین نیز به روش تغییر یافته Bates اندازه‌گیری شد [۳]. شاخص‌های اندازه‌گیری شده براساس طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار برای هر تیمار انجام گرفت، تجزیه داده‌ها با نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح $P\leq 0.05$ انجام شد.

نتایج

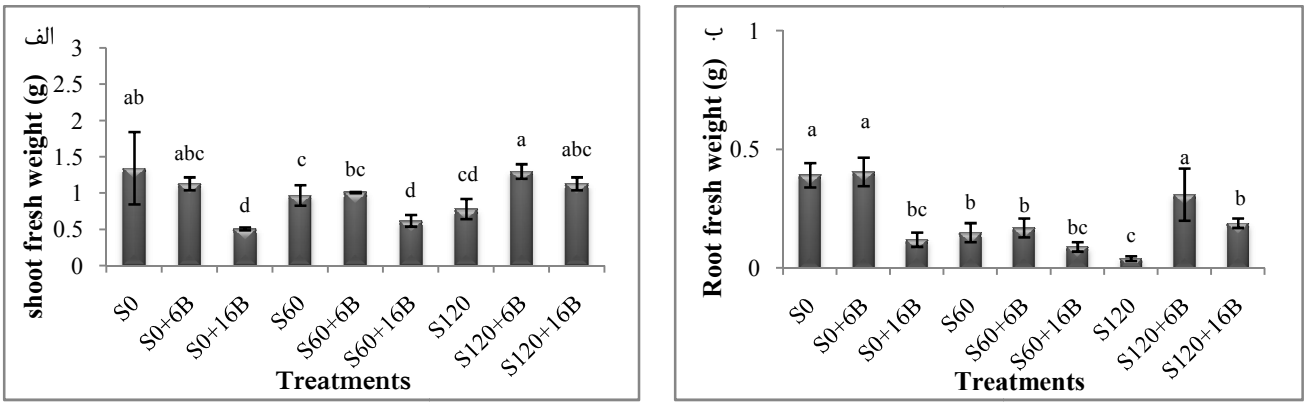
وزن تر ریشه و اندام هوایی

نتایج نشان داد که با افزایش غلظت نمک، وزن تر اندام هوایی و ریشه کاهش یافت (شکل ۱)؛ اما وزن تر ساقه نمونه رشد یافته در محیط حاوی ۱۲۰ میلی‌مولار نمک و ۶ میلی‌گرم در لیتر بتاکاروتن افزایش معنی‌داری را نسبت به نمونه حاوی ۱۲۰میلی‌مولار نمک بدون بتا کاروتن نشان داد.

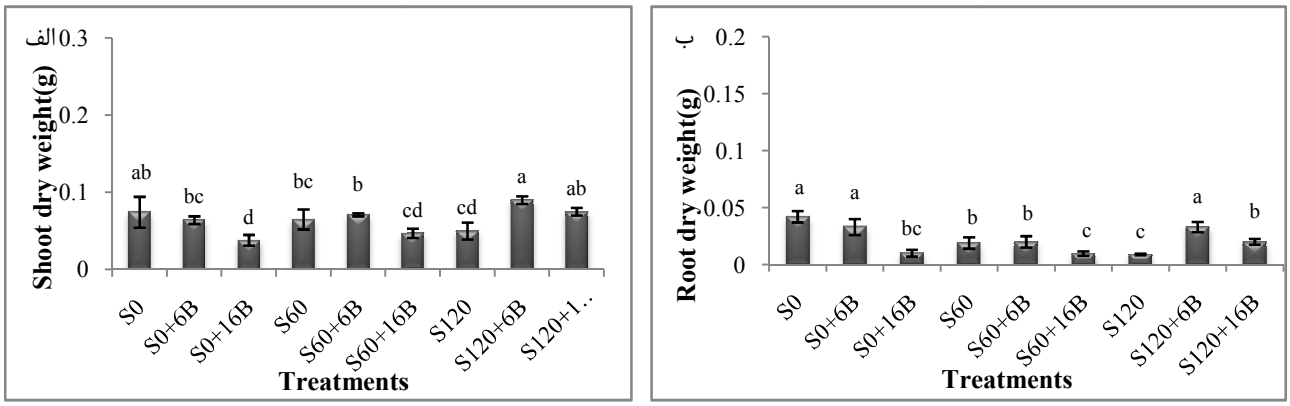
[1].Reactive Oxygen Species
[2].Lycopen
[3].Flame Photometer

وزن خشک ریشه و اندام هوایی

با افزودن بتاکاروتن در غلظت ۶۰ میلی‌مولار نمک تغییر معنی‌داری در وزن خشک گیاهان مشاهده نشد، اما وزن خشک ساقه و ریشه گیاهان رشد یافته در محیط ۱۲۰ میلی‌مولار حاوی ۶ و ۱۶ میلی‌گرم در لیتر بتاکاروتن نسبت به نمونه رشد یافته در ۱۲۰میلی‌مولار نمک بدون بتاکاروتن افزایش معنی‌داری را نشان دادند (شکل ۲).



شکل ۱- اثر بتاکاروتن بر وزن تر ساقه (الف) و وزن تر ریشه (ب) گیاه گوجه فرنگی تحت تنش شوری (S0=بدون نمک، S60 (۶۰ میلی‌مولار نمک)، S120 (۱۲۰ میلی‌مولار نمک)، 6B (۶ میلی‌گرم بر لیتر بتاکاروتن)، 16B (غلظت ۱۶ میلی‌گرم بر لیتر بتاکاروتن). داده‌ها میانگین سه تکرار ± std و حروف غیر مشترک بیانگر معنی‌دار بودن P≤0.05 بر اساس آزمون دانکن است.

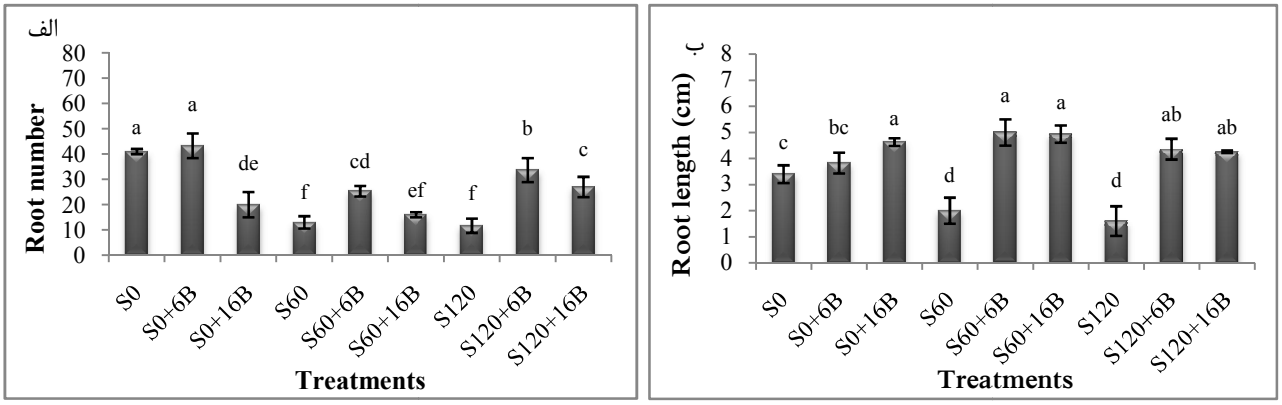


شکل۲- اثر بتاکاروتن بر وزن خشک ساقه (الف) و ریشه (ب) گیاهان گوجه فرنگی تحت تنش شوری S0 (بدون نمک)، S60 (۶۰ میل‌مولار نمک)، S120 (۱۲۰ میلی‌مولار نمک)، 6B (۶ میلی‌گرم بر لیتر بتاکاروتن)، 16B (غلظت ۱۶ میلی‌گرم بر لیتر بتاکاروتن). داده‌ها میانگین سه تکرار ±std و حروف غیر مشترک بیان‌گر معنی‌دار بودن P≤0.05 بر اساس آزمون دانکن است.

طول و تعداد ریشه

طول و تعداد ریشه‌های رشد یافته در محیط ۶۰ و۱۲۰ میلی‌مولار نمک کاهش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان دادند (شکل ۳). تعداد ریشه در محیط ۶۰ میلی‌مولار نمک حاوی ۶ میلی‌گرم در لیتر بتاکاروتن نسبت به تیمار ۶۰ میلی‌مولار نمک افزایش معنی‌داری را نشان داد. همچنین تعداد ریشه‌های رشد یافته در محیط ۱۲۰ میلی‌مولار نمک حاوی ۶ و ۱۶ میلی‌گرم در لیتر بتاکاروتن افزایش معنی‌داری را نسبت به تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار نشان داد. از لحاظ طول ریشه گیاهان رشد یافته در محیط ۶۰ میلی‌مولار حاوی ۶ و ۱۶ میلی‌گرم در لیتر بتاکاروتن نیز نسبت به گیاهان رشد یافته در ۶۰ میلی‌مولار نمک و همچنین گیاهچه‌های رشد یافته در محیط ۱۲۰ میلی‌مولار نمک حاوی ۶ و ۱۶ میلی‌گرم در لیتر بتاکاروتن نسبت به شاهد (۱۲۰ میلی‌مولار نمک) افزایش معنی‌داری را نشان

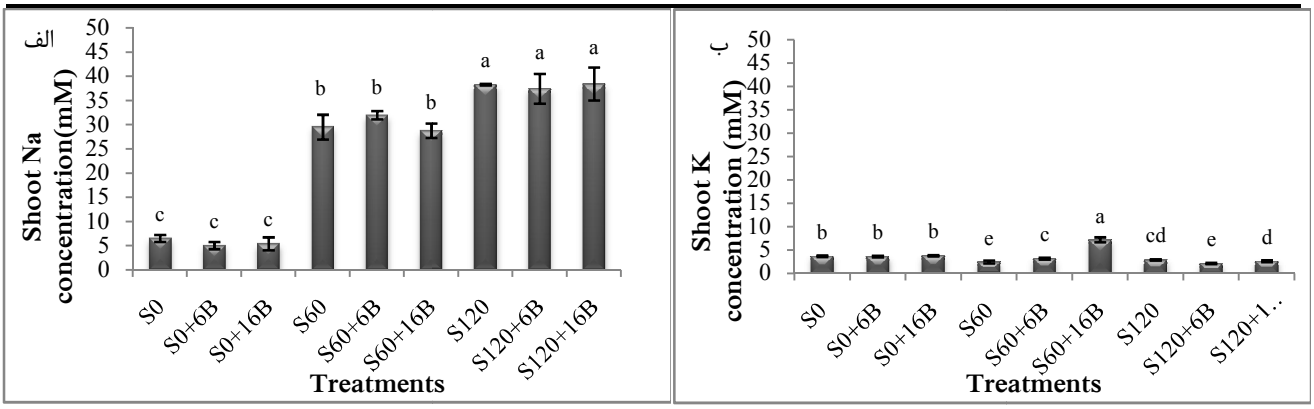
دادند. به‌طوری‌که طول ریشه‌های رشد یافته در محیط ۱۲۰ میلی‌مولار نمک حاوی ۶ میلی‌گرم در لیتر بتاکاروتن تقریباً بیش از دو برابر طول ریشه‌های رشد یافته در محیط کشت فاقد بتا کاروتن بود.

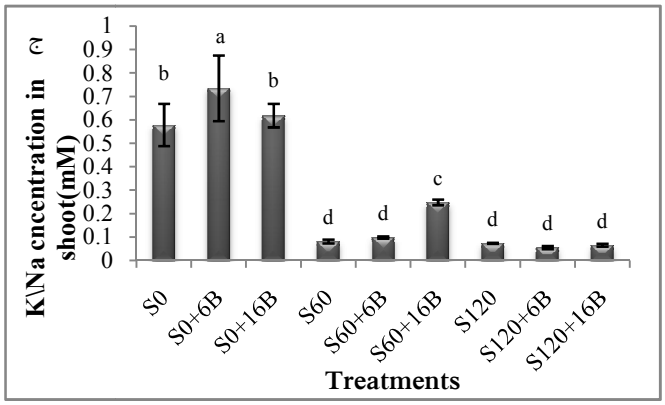


شکل ۳- اثر بتاکاروتن بر تعداد و میانگین طول ریشه گیاهان گوجه فرنگی تحت تنش شوری. S0 (بدون نمک)، S60 (۶۰ میلی‌مولار نمک)،S120 (۱۲۰ میلی‌مولار نمک)، 6B (۶ میلی‌گرم بر لیتر بتاکاروتن)، 16B (غلظت ۱۶ میلی‌گرم بر لیتر بتاکاروتن). داده‌ها میانگین سه تکرار ±std و حروف غیر مشترک بیانگر معنی‌دار بودن $P\leq0.05$ بر اساس آزمون دانکن است.

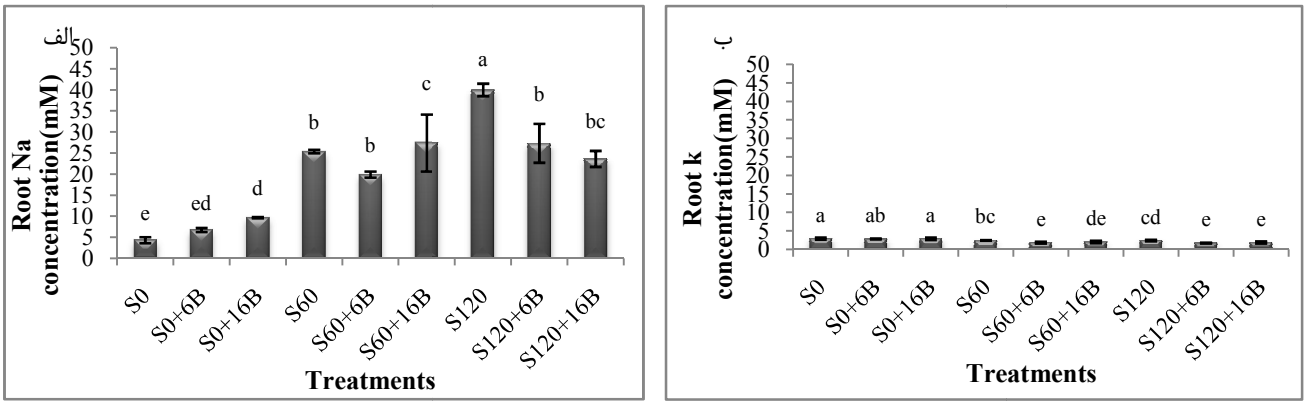
غلظت سدیم و پتاسیم ریشه و اندام هوایی

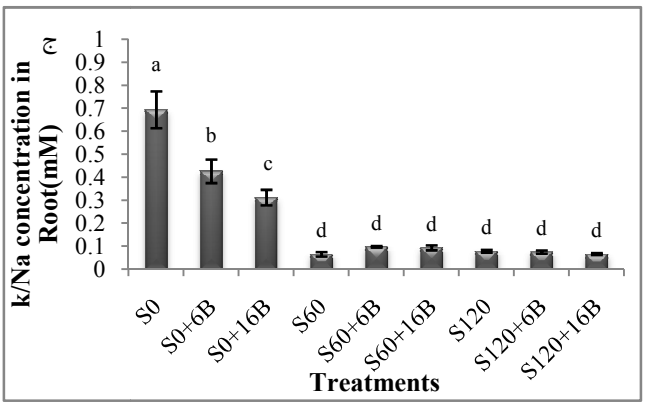
با توجه به شکل‌های ۴ و ۵ میزان سدیم ساقه و ریشه با افزایش غلظت نمک (۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار نمک)، به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. در شرایط شور کاربرد بتاکاروتن تأثیر معنی‌داری بر سدیم اندام هوایی نداشته است. افزودن بتاکاروتن به محیط کشت هیچ تغییر معنی‌داری را در نسبت پتاسیم به سدیم ساقه و ریشه ایجاد نکرد، اما نمونه‌های رشد یافته در محیط ۶۰ میلی‌مولار حاوی ۶ و ۱۶ میلی‌گرم در لیتر بتاکاروتن نسبت به تیمار ۶۰ میلی‌مولار نمک بدون بتا کاروتن، افزایش معنی‌داری را در جذب پتاسیم ساقه نشان داد. بیشترین نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی مربوط به محیط MS حاوی ۶ میلی‌گرم در لیتر بتاکاروتن و بدون نمک بود (شکل ۴ ج). نسبت پتاسیم به سدیم در نمونه‌های رشد یافته در ۶۰ میلی‌مولار نمک و ۶ میلی‌گرم بر لیتر بتاکاروتن، نسبت به محیط کشت ۶۰ میلی‌مولار نمک بدون بتاکاروتن افزایش معنی‌داری را نشان داد اما در غلظت ۱۲۰ میلی‌مولار نمک، افزودن بتاکاروتن به محیط کشت، تغییر معنی‌داری را در نسبت پتاسیم به سدیم ایجاد نکرد. در ریشه نیز با افزودن بتاکاروتن در شرایط شور تغییر معنی‌داری در نسبت پتاسیم به سدیم مشاهده نشد.





شکل ۴- اثر بتاکاروتن بر میزان سدیم ساقه (الف)، پتاسیم ساقه (ب) و نسبت پتاسیم به سدیم ساقه (ج) گیاه تحت تنش شوری S0 (بدون نمک)، S60 (۶۰ میلی‌مولار نمک)، S120 (۱۲۰ میلی‌مولار نمک)، 6B (۶ میلی‌گرم بر لیتر بتاکاروتن)، 16B (غلظت ۱۶ میلی‌گرم بر لیتر بتاکاروتن). داده‌ها میانگین سه تکرار ±std و حروف غیر مشترک بیانگر معنی‌دار بودن P≤0.05 بر اساس آزمون دانکن است.

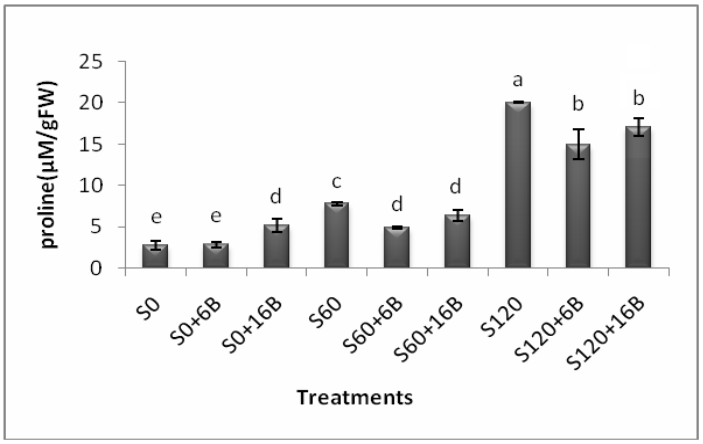




شکل ۵- اثر بتاکاروتن بر میزان سدیم ریشه (الف)، پتاسیم ریشه (ب) و نسبت پتاسیم به سدیم ریشه (ج) گیاهان تحت تنش شوری S0 (بدون نمک)، S60 (۶۰ میلی‌مولار نمک)، S120 (۱۲۰ میلی‌مولار نمک)، 6B (۶ میلی‌گرم بر لیتر بتاکاروتن)، 16B (غلظت ۱۶ میلی‌گرم بر لیتر بتاکاروتن). داده‌ها میانگین سه تکرار ±std و حروف غیر مشترک بیانگر معنی‌دار بودن P≤0.05 بر اساس آزمون دانکن است.

غلظت پرولین اندام هوایی

با توجه به شکل ۶ با افزایش غلظت نمک، میزان پرولین به طورمعنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری‌که محیط ۱۲۰ میلی‌مولار نمک بالاترین غلظت پرولین را نشان داد. افزودن بتاکاروتن با غلظت ۶ و ۱۶ میلی‌گرم در لیتر به محیط کشت‌های حاوی غلظت‌های ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار نمک باعث شد تا در هر دو تیمار میزان پرولین تجمع یافته در اندام هوائی گیاه نسبت به محیط کشت‌های حاوی نمک تنها کاهش معنی‌دار نشان دهد.



شکل ۶- اثر بتاکاروتن بر میزان پرولین بخش هوایی گیاهان گوجه فرنگی تحت تنش. S0 (بدون نمک)، S60 (۶۰ میلی مولار نمک)، S120 (۱۲۰ میلی‌مولار نمک)، 6B (۶ میلی‌گرم بر لیتر بتاکاروتن)، 16B (غلظت ۱۶ میلی‌گرم بر لیتر بتاکاروتن). داده‌ها میانگین سه تکرار ±std و حروف غیر مشترک بیانگر معنی‌دار بودن $P\leq0.05$ بر اساس آزمون دانکن است.

بحث

تنش شوری آثار مخربی بر متابولیسم گیاه دارد و منجر به تغییراتی در رشد، نمو و بیان ژن‌های گیاهی می‌شود [۲]. هم‌چنین تنش شوری بر وزن تر و خشک گیاهان رشد یافته اثر منفی گذاشته بطوری‌که با افزایش غلظت نمک کاهش معنی‌داری در وزن تر و خشک گیاهان رشد یافته در شرایط آزمایشگاه مشاهده شده است [۹].نتایج این مطالعه نشان داد کهبتاکاروتن به عنوان یک ماده آنتی‌اکسیدان توانست تا حدی میزان مقاومت به شوری در گیاه را بالا ببرد.افزودن بتاکاروتن به میزان ۶ میلی‌گرم در لیتر منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک و وزن تر گیاه گوجه فرنگی در غلظت بالای کلریدسدیم (۱۲۰ میلی‌مولار) شد. این نتایج بیانگر افزایش ریشه‌دهی به میزان چشمگیری در اثر افزودن بتاکاروتن تحت تنش شوری در گیاهچه‌های گوجه فرنگی است. بتاکاروتن یک ترکیب چربی دوست بوده و به عنوان یک آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی عمل می‌کندکه قادر به پاکسازی رادیکال‌های آزاد و واسطه‌گرهای اکسیژنی است [۱۹]. بنابراین بتاکاروتن با جذب از محیط کشت به ریشه گیاه و سرکوب گونه‌های فعال اکسیژن ROSهای تولید شده در اثر تنش شوری منجر به افزایش ریشه‌دهی و افزایش طول ریشه‌ها شده است. علاوه بر این خاصیت لیپوفیلی بتاکاروتن باعث شده تا این ماده بهتر و راحت‌تر جذب ریشه شود، بنابراین شاید اولین محلی که سیستم آنتی‌اکسیدان (بتاکاروتن) تاثیر خودش را نشان دهد، ریشه است زیرا در تماس مستقیم با ریشه قرار دارد. احتمال دیگری که در رابطه با افزایش ریشه‌زایی در اثر افزودن بتاکاروتن وجود دارد، وجود ارتباط میان تجمع بتاکاروتن و افزایش آبسزیک اسید درونی (ABA) تحت تنش شوری است [۲۱]. مشخص شده که افزایش مقدار ABA در شرایط تنش آبی باعث جلوگیری از تولید اتیلن و افزایش رشد ریشه می‌شود. بنابراین ممکن است بتاکاروتن از طریق تولید ABA بر رشد ریشه اثر مثبت گذاشته باشد [۲۰]. به هر حال اثبات این فرضیه نیاز به ردیابی و آنالیز دقیق تولید ABA توسط بتاکاروتن در شرایط تنش شوری دارد که بایستی در آینده انجام شود. در مطالعه حاضر بتاکاروتن نتوانست در غلظت‌های بالای نمک (۱۲۰ میلی‌مولار) ورود

سدیم به بخش هوایی را کاهش دهد، اما توانست در غلظت ۶۰ میلی‌مولار نمک میزان ورود پتاسیم به اندام هوایی را تا حدی افزایش دهد. در غلظت ۱۲۰ میلی‌مولار نمک حاوی بتاکاروتن با افزایش سدیم ساقه، میزان پتاسیم ساقه کاهش یافت. مشابه با نتایج حاضر افزایش میزان سدیم و کاهش پتاسیم در اندام‌های هوایی گیاهان مثل برنج، گندم و سیب زمینی تحت تنش شوری گزارش شده است که نتیجه آن، کاهش سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و رشد قسمت هوایی مشاهده شده است [۸]. بنابراین در غلظت ۱۲۰ میلی‌مولار نمک، بتاکاروتن نتوانست میزان ورود سدیم به ساقه را کاهش دهد، زیرا با افزایش شوری مکانیسم‌های ممانعت از انتقال سدیم به اجزا هوایی نقش کمتری داشته و سبب افزایش انتقال سدیم به برگ‌ها می‌شود که نشان دهنده عدم تحمل گیاه نسبت به نمک است. نظیر چنین نتایجی پیشتر نیز توسط دمیرال و تورکان [۸] گزارش شده است.در ریشه نیز میزان سدیم و پتاسیم در غلظت‌های ۶۰ و ۱۲۰میلی‌مولار نمک حاوی ۶ و ۱۶ میلی‌گرم در لیتر بتاکاروتن به طور معنی‌داری کاهش یافت. برای کاهش میزان سدیم، ریشه‌ها دارای توانایی قابل توجهی برای کنترل غلظت‌هایسدیمو کلر هستند [۱۶]. همچنین گزارش شده که که کنترل غلظت سدیم و نسبت بالای پتاسیم به سدیم ممکن است تحمل به شوری در گیاهان گوجه فرنگی را افزایش دهد [۱، ۷ و ۱۵]. این نتایج بیانگر آن است که بتاکاروتن به علت تجمع خود در ریشه احتمالا به علت سرکوب ROSهای حاصل از تنش شوری توانسته میزان ورود سدیم به ریشه را محدود کند. همچنین میزان ورود پتاسیم به ریشه نیز کاهش یافت. در جنس *Vigna radiata* پتاسیم کمتر از سدیم در کالوس سازگار به نمک تجمع می‌یابد .این احتمال وجود دارد که پتاسیم موجود در محیط کشت نمکی جهت برطرف کردن تقاضای فرآیندهای متابولیکی سلول کافی باشد. پتاسیم می‌تواند به عنوان یک کاتیون تک ظرفیتی تنظیم کننده اسمزی نقش ایفا کند و منجر به بالا رفتن مقدار سدیم در سلول‌های سازگار در پاسخ به مقادیر زیاد کلریدسدیم در محیط کشت گردد [۱۳]. در مجموع از نظر یون‌های سدیم و پتاسیم بتاکاروتن، در مطالعه حاضر روی ساقه اثر مثبتی نشان نداد ولی در ریشه کاهش موثری را نشان داد. از این فرآیند در حال حاضر نمی‌توان نتیجه گرفت که تغییرات مقاومت به شوری با تغییرات یون‌های سدیم و پتاسیم در گیاه گوجه فرنگی همراه است. غلظت پرولین بخش هوایی با افزایش غلظت نمک، به طور معنی‌داری افزایش یافت. افزودن ۶ و یا ۱۶ میلی‌گرم در لیتر بتاکاروتن به محیط کشت حاوی ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار نمک، باعث کاهش معنی‌داری میزان پرولین نسبت به محیط کشت‌های نمک به تنهائی شد. درگیاه گوجه فرنگی در شوری بالا تجمع مواد آلی از جمله اسید آمینه پرولین پیشتر نیز گزارش شده است [۲۳]. نکته قابل توجه در یافته حاضر کاهش پرولین در اثر تیمار بتاکاروتن در اندام هوائی گیاهی است. این کاهش احتمالاً می تواند به دلیل نقش آنتی‌اکسیدانی بتاکاروتن مربوط شود به این معنی که بتاکاروتن افزوده شده به محیط کشت باعث افزایش میزان بتاکاروتن اندام هوائی گیاه شده و احتمالا بخش مهمی از ROS تولید شده در گیاه در اثر تنش شوری را تجزیه می‌کند و بنابراین نیاز کمتری به پرولین برای سرکوب ROS بوده است. به هر حال به نظر می‌رسد مطالعه حاضر فقط دریچه جدیدی را برای مطالعه نقش کلیدی بتاکاروتن در شرایط کشت درون شیشه‌ای در گیاهان فراهم نموده است.

قدردانی

نویسندگان مقاله از دانشگاه اصفهان و قطب تنش‌های گیاهی به واسطه حمایت از این پژوهش تشکر می‌کنند.

References

[1]. Al-Karaki, G.N. (2000). Growth, water use efficiency, and sodium and potassium acquisition by tomato cultivars grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 23,1-8.

[2]. Amini, F., & Ehsanpour, A. (2006). Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars to MS, water agar and salt stress in in vitro culture. *Pakistanian Journal of Biological Sciences*, 9, 170-175.

[3]. Bates, L., Waldren, R., & Teare, I. (1973). Rapid determination of free proline

for water-stress studies. *Plant and Soil,* 39, 205-207.

[4]. Bhatia, P. (2003). Optimisation basis of physical, chemical, and biological factors for *in vitro* micropropagation through direct regeneration, axillary branching and osmotic embryogenesis methodes for the red coat cultivar of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Ph.D thesis, primery industries research centre, Central Queensland University, Rockhampton, Australia.

[5]. Cowan, A.K., Cairns, A.L.P., Bartels-Rahm, B. (1999). Regulation of abscisic acid metabolism: towards a metabolic basis for abscisic acid-cytokinin antagonism. *Journal of Experimental Botany*, 50, 595-603.

[6]. Cowan, A.K., & Rose, P.D. (1991). Abscisic Acid Metabolism in Salt-Stressed Cells of *Dunaliella salina* Possible Inter relationship with β-Carotene Accumulation. *Plant Physiology,* 97, 798-803.

[7]. Cuartero, J., & Fernández-Muñoz, R. (1998). Tomato and salinity. *Scientia Horticulture,* 78, 83-125.

[8]. Demiral, T., & Türkan, I. (2005). Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. *Environmental and Experimental Botany,* 53, 247-257.

[9]. El-Saht, H. (1998). Responses to chilling stress in French bean seedlings: antioxidant compounds. *Biologia Plantarum,* 41, 395-402.

[10]. Gerster, H. (1997). The potential role of lycopene for human health. *Journal of the American College of Nutrition*, 16, 109-126.

[11]. Hekmate Shoar, H. (1993). Plant physiology on hard situation. Tabriz University publications, (in Farsi).

[12]. Kalloo, G. (1991). Introduction in monographs on theoritical and applied genetics 14, Genetic improvment of tomato .Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1-9.

[13]. Kumar, V., & Sharma, D. (1989). Isolation and characterization of sodium chloride-resistant callus culture of *Vigna radiata* L. Wilczek var. radiata. *Journal of Experimental Botany*,40, 143-147.

[14]. Lu, S., & Li, L. (2008). Carotenoid metabolism: biosynthesis, regulation, and beyond. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50, 778-785.

[15]. Perez-Alfocea, F., Balibrea, M., Cruz, A.S., & Estan, M. (1996). Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in a commercial tomato hybrid. *Plant and Soil,* 180, 251-257.

[16]. Parizi, M.D., Kalantari, K.M., Enteshari, S., & Baghizadeh, A. (2009). Effect of salicylic acid and salt stress on Na and K content in *Ocimum basilicum* L. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 1, 28-32.

[17]. Rao, A.V., & Agarwal, S. (2000). Role of antioxidant lycopene in cancer and heart disease. *Journal of the American College of Nutrition*, 19, 563-569.

[18]. Sarmad, J., Shariati, M., & Madadkar Haghjou, M. (2007). Relationship between endogenous abscisic acid and b-carotene synthesis in the unicellular green alga *Dunaliella*. American-Eurasian *Journal of Agricultural and Environmental Science,* 2, 559-564.

[19]. Scandalios, J.G. (1993). Oxygen stress and superoxide dismutases. *Plant Physiology,* 101, 7-12.

[20]. Spollen, W.G., LeNoble, M.E., Samuels, T.D., Bernstein, N., & Sharp, R.E. (2000). Abscisic acid accumulation maintains maize primary root elongation at low water potentials by restricting ethylene production. *Plant Physiology,* 122, 967-976.

[21]. Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). Plant physiology. Sinauer Associates,USA.

[22]. Welsch, R., Wüst, F., Bär, C., Al-Babili, S., & Beyer, P. (2008). A third phytoene synthase is devoted to abiotic stress-induced abscisic acid formation in rice and defines functional diversification of phytoene synthase genes. *Plant Physiology,* 147, 367-380.

[23]. Yancey, P.H. (2001). Water stress, osmolytes and proteins. *American Zoologist,* 41, 699-709.

Effect of beta-carotene on rooting and some physiological parameters of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) undersalt stress *in vitro* conditions

1-A.A. Ehsanpour, Professor, Department of Biology, University of Isfahan
ehsanpou@sci.ui.ac.ir
2- H. Eskandari, MS. Student, Department of Biology, University of Isfahan

Received: 12 Apr 2014
Accepted: 13 Nov 2014

Abstract

Salinity is the most important problem in dry lands which cause decreasing of growth. Beta-carotene as a non enzymatic antioxidant can scavenge the Reactive Oxygen species. In this study tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seedlings were cultured in MS medium containing 0, 60 and 120 Mm NaCl under 0.6 and 16 mg/L beta carotene treatment in tissue culture conditions. After 3 weeks, the effect of beta carotene on fresh and dry weight, K^+/Na^+ content, length and the number of roots and proline content were measured. Adding beta-carotene to the culture medium containing salts resulted in the significant increase in the fresh and dry weight and length and number of roots. It also reduced proline and ratio of K^+/Na^+ significantly. Beta-carotene could improve the salt tolerance of tomato by increasing of the root growth. it can be suggested that application of beta carotene may be used for increasing of salt stress in tomato and possibly other useful plants.

Keywords: Tomato; Beta carotene; Salt stress; Root growth.