



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۶
صفحه‌های ۱۶۱-۱۴۷

اثر تیمار پوتریسین بر میوه توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا' تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم

علی اکبری^۱، اورنگ خادمی^{۲*}، یاور شرفی^۳ و سیدجلال طباطبایی^۴

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
۲. استادیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
۳. استادیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
۴. استاد گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۱۶

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۰۴

چکیده

توت‌فرنگی گیاهی حساس به تنش شوری می‌باشد. در این آزمایش به‌منظور مطالعه اثر تیمار پوتریسین بر کاهش اثرات تنش شوری روی میوه توت‌فرنگی آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در دانشگاه شاهد در سال زراعی ۱۳۹۳ انجام شد. تنش شوری کلریدسدیم در غلظت‌های (صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار) از محل ریشه در محیط کشت هیدروپونیک روی توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا' اعمال شد. تیمار پوتریسین نیز در غلظت‌های (صفر، ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار) در چهار نوبت به فاصله ۱۵ روز از یکدیگر در طول دوره رشد به‌صورت محلول‌پاشی روی برگ‌ها اعمال گردید. نتایج نشان داد که اعمال تیمارهای کلریدسدیم به‌ویژه در سطح ۵۰ میلی‌مولار، شاخص‌های طول شاخساره، طول ریشه، وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه، تعداد برگ، مقدار کلروفیل برگ، تعداد میوه در بوته، وزن تر میوه، وزن خشک میوه، عملکرد تک بوته و اسید قابل تیتراسیون را کاهش و مقدار آنتوسیانین و مقدار مواد جامد میوه را نسبت به شاهد افزایش داد. تنش شوری تأثیری بر طول ریشه نشان نداد. اعمال تیمارهای پوتریسین در هر دو غلظت ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار اثرات ناشی از تنش شوری را کاهش داد. به‌طوری‌که، بیشتر شاخص‌های فوق را تحت تنش شوری افزایش و مقدار مواد جامد محلول میوه را کاهش داد. بنابراین، بر اساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش استفاده از تیمار پوتریسین در هر دو غلظت ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار، راهکاری مناسب در جهت حل مشکلات ناشی از تنش شوری می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: پوتریسین، توت‌فرنگی، تنش کلریدسدیم، رشد، کیفیت

۱. مقدمه

و در نهایت اختلالات رشد را به دنبال خواهد داشت [۲۸]. در بررسی صورت گرفته روی اثر تنش شوری بر ویژگی- های میوه توت فرنگی رقم 'کاماروسا' نشان داده شد که تنش شوری از منبع کلریسدیم علاوه بر کاهش رشد، رویشی و مقدار کلروفیل برگ، موجب کاهش عملکرد، تعداد میوه، وزن تر و خشک میوه و افزایش مقدار جامد محلول میوه شد [۹]. در دو وارسته کرونا و السانتا نیز با بالا رفتن میزان شوری کلریسدیم وزن تر و خشک میوه و مقدار کربوهیدرات‌ها در گیاهان تحت تنش شوری کاهش و مقدار فنل کل میوه‌ها افزایش یافت [۲۰]. همچنین در توت فرنگی رقم 'سلوا' با اعمال تنش شوری کلریسدیم عملکرد، تعداد برگ، سطح برگ، وزن خشک و تر برگ، مقدار کلروفیل و محتوای آب برگ کاهش ولی مقدار نشت یونی برگ‌ها افزایش یافت [۳ و ۵].

تنش شوری از طریق تأثیر بر چند مکانیسم بسیار مهم در گیاه مانند فتوسنتز، تنظیم فشار اسمزی و فعالیت آنزیم‌ها رشد گیاه را کاهش می‌دهد [۱۲]. شوری تولید گونه‌های فعال اکسیژن مثل فرم‌های اکسیژن منفرد ($O^{\cdot-}$)، آنیون سوپراکسید ($O_2^{\cdot-}$) رادیکال هیدروکسی (OH) و پر- اکسید هیدروژن (H_2O_2) را القا می‌کند [۲۷]. رادیکال‌های آزاد از طریق پراکسیداسیون چربی‌ها و واسرشتن پروتئین‌ها و تخریب اسیدنوکلئیک متابولیسم سلولی را به هم می‌زنند [۱۸]. پراکسیداسیون چربی‌ها نفوذپذیری انتخابی غشاء را تغییر می‌دهد و به این وسیله باعث افزایش نشت یونی و تغییرات در فعالیت آنزیم‌های غشای سلولی می‌گردد [۲۴]. بالا رفتن تولید رادیکال سوپراکسید و پراکسید هیدروژن در جو و برنج تحت تنش شوری با کاهش رشد همراه است [۳۰].

اخیرا روش‌هایی متعددی برای بهبود تحمل شوری در گیاهان به کار برده شده‌اند. از جمله این روش‌ها کاربرد انواع مختلفی از مواد شیمیایی شامل تنظیم کننده‌های رشد و محافظت کننده‌های اسمزی هستند که در مقایسه با

توت فرنگی (*Fragaria × ananassa*) گیاه چندساله علفی، نهاندانه، دولپه‌ای، جداگلبرگ و از خانواده گل‌سرخیان^۱ می‌باشد [۲]. این گیاه به دلیل میوه نوبرانه، طرفداران زیادی دارد به طوری که تولید سراسری توت فرنگی دو برابر تولید سایر ریز میوه‌ها می‌باشد. توت فرنگی پتانسیل بالایی در سلامت انسان دارد و در قرون گذشته تقاضا برای مصرف توت فرنگی جهت درمان نیز بالا بوده است. توت فرنگی سرشار از عناصر غذایی، ویتامین ث و ترکیبات فنولی همانند آنتوسیانین و تانن قابل هیدرولیز می‌باشد [۱۵ و ۳۱]. 'کاماروسا' از جمله ارقام مهم توت فرنگی محسوب می‌شود که کشت آن در شرایط گلخانه‌ای رو به گسترش است. مبداء این رقم کالیفرنیا است و جزء ارقام زودرس، روز کوتاه با میوه‌ای بزرگ و عملکرد بالا محسوب می‌شود. کیفیت خوراکی میوه بسیار مطلوب است و دارای بافت سفت می‌باشد. بوته‌های این رقم نیز قوی با برگ‌های بزرگ می‌باشند. در اوایل باردهی وزن میوه آن به ۴۰ گرم هم می‌رسد. این رقم نسبت به کمبود کلسیم حساس است و در مقابل سفیدک و ورتیسیلیوم مقاوم می‌باشد [۱ و ۳۱]. یکی از عوامل موثر در رشد و عملکرد توت فرنگی کیفیت آب مصرفی و محیط کشت این گیاه است. با افزایش مقدار شوری از عملکرد این گیاه کاسته می‌شود. این گیاه یکی از محصولات مهم تجاری است که افزایش عملکرد و کیفیت آن از جنبه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است [۳ و ۵]. با در نظر گرفتن کمبود منابع آب شیرین، استفاده از آب شور برای پرورش محصولات باغی از لحاظ اقتصادی دارای ارزش و اهمیت اساسی می‌باشد [۳ و ۳۴]. شوری سبب کاهش در جذب آب توسط گیاه از طریق افزایش پتانسیل اسمزی محیط کشت شده و در نتیجه کمبود آب سبب از دست رفتن پروتوپلاسم می‌شود

1. Rosaceae

ولی در مورد اثر تخفیف دهندگی این ترکیبات در تنش شوری اتفاق نظر وجود دارد [۲۵].

در بررسی اثر محلول پاشی پوتریسین بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد توت‌فرنگی رقم 'سلوا' در شرایط غیر تنش نشان داده شد که کاربرد پوتریسین در غلظت‌های یک و دو میلی‌مولار تعداد رانر، تعداد کل میوه و مقدار اسید قابل تیتر را افزایش داد، ولی مقدار مواد جامد محلول و pH را کاهش داد [۱۹]. تاثیر مثبت تیمار پوتریسین در کاهش اثرات نامطلوب تنش شوری ناشی از کلرید سدیم از طریق افزایش رشد ساقه و ریشه و مقدار کلروفیل برگ در دو رقم کنار پیوندی نشان داده شده است [۶]. همچنین، در گیاه تاتوره نشان داده شد که اعمال تیمار کلرید سدیم منجر به کاهش وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی و مقدار کلروفیل برگ شد، ولی کاربرد پوتریسین برون‌زاد علاوه بر بهبود ویژگی‌های ذکر شده کربوهیدرات‌های محلول و ترکیبات آلکالوئیدی را در شرایط تنش شوری افزایش داد [۸].

به‌طور کلی، با توجه به افزایش سطح شوری در منابع آب مورد استفاده در تولید محصولات گلخانه‌ای، کاهش اثرات تنش شوری حایز اهمیت می‌باشد. بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی اثر تیمار پوتریسین بر توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا' تحت شرایط تنش شوری کلرید سدیم می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه هیدروپونیک موسسه فنی و حرفه‌ای زیبادشت کرج و آزمایشگاه‌های دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد انجام شد. گلخانه به مساحت ۲۰۰ مترمربع به‌صورت تونل نیمه استوانه‌ای بود و سقف آن از نایلون-های شفاف پلی‌اتیلن با درجه آنتی‌یووی ۵ درصد پوشانده شده بود. دما به‌طور مداوم با تعبیه حسگرهای ویژه و سیستم گرمایشی (هیترهای دمنده‌ی هوای گرم با توان

روش‌های تغییر ژنتیکی موثر و مقرون به صرفه می‌باشند. استفاده از این قبیل مواد، رشد و عملکرد برخی گونه‌های رشد کرده در شرایط شوری را افزایش داده است [۱۱]. تیمارهایی همانند سیلسیوم [۳]، سولفات روی [۵] و سولفات کلسیم [۲۱] از جمله تیمارهای موثر در کاهش اثرات تنش شوری کلرید سدیم و افزایش عملکرد و بهبود ویژگی‌های رویشی میوه توت‌فرنگی بوده است.

پلی‌آمین‌ها هیدروکربن‌های خطی با وزن مولکولی کم دارای زنجیره سه تا پانزده کربنه و دو گروه آمینی انتهایی هستند. پلی‌آمین‌های موجود در هر سلول شامل پوتریسین^۱ (دی‌آمین)، اسپرمیدین^۲ (تری‌آمین) و اسپرمین^۳ (ترا‌آمین) می‌باشند. این ترکیبات در پروسه‌های فیزیولوژیکی مختلف گیاهی ایفای نقش می‌کنند. نشان داده شده است که کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها مثل پوتریسین می‌تواند گیاهان را در برابر صدمات اکسیداتیو و پروکسیداتیو ناشی از تنش‌های زیستی و غیر زیستی محافظت کند [۳۲ و ۳۳]. پلی‌آمین‌ها از طریق تحریک سنتز ATP انرژی سلول را تامین کرده و ظرفیت فتوسنتزی را با افزایش کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در شرایط تنش بهبود می‌دهند [۳۵]. پوتریسین عاملی برای افزایش مقاومت نسبی در برابر تنش شوری است. افزودن پوتریسین به گیاهان تحت تنش شوری از پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب ماکرومولکول‌ها جلوگیری می‌کند و موجب افزایش مقدار گلوکوتایون و کارتنوئیدها می‌گردد که به‌عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند [۳۲]. پوتریسین سنتز ATP را در گیاه تنباکو بیش از ۷۰٪ افزایش می‌دهد. افزایش سطح انرژی داخل سلول به‌طور کلی تحمل شرایط تنش را بهبود می‌بخشد [۱۷]. با این وجود تیمار با پلی‌آمین‌ها خارجی نتایج متفاوتی بسته به نوع پلی‌آمین و نوع گیاه مورد مطالعه موجب می‌گردد،

1. Putrescine
2. Spermidine
3. Spermine

تقریبی ۴/۵ ماه) کشت گردید. در ابتدا به مدت یک هفته تمامی گلدان‌ها با محلول غذایی ویژه (جدول ۱) که روزی دو بار به صورت قطره‌ای با رهاسازی در پای گلدان‌ها تغذیه شدند تا استقرار کامل صورت گیرد. هدایت الکتریکی محلول غذایی ۱/۸-۱/۲ میلی‌موس بر سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شد. آزمایش از اول آذر ۱۳۹۳ شروع و در اواخر اردیبهشت ۱۳۹۴ خاتمه یافت.

۹۶۰۰۰ کیلوکالری بر ساعت و سوخت گاز طبیعی) و سرمایشی (پوشال و پنکه) در طول روز ۲۵ و در شب ۱۸ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. برای کاشت بوته‌ها گلدان‌های پلاستیکی ۱۰ لیتری در نظر گرفته شد. هر یک از گلدان‌ها با مخلوط ۶۰٪ کوکوپیت و ۴۰٪ پرلایت، به‌عنوان بستر رایج در گلخانه‌های منطقه، پر گردید و در داخل هر گلدان تعداد سه عدد بوته توت فرنگی رقم 'کاماروسا' (با سن

جدول ۱. مقدار عناصر غذایی موجود در محلول تخصصی پرورش توت‌فرنگی

Mg	Ca	K	P	N	S	Mo	Zn	B	Cu	Mn	عنصر غذایی
۳/۵	۵۵	۱۸۰	۸۵	۱۶۶	۸۰	۰/۱۷	۰/۶	۱/۲	۰/۰۸	۰/۵	مقدار (mg/L)

فاصله ۱۵ روز از یکدیگر در طول دوره رشد روی بوته‌ها به صورت محلول‌پاشی اعمال شدند. اولین محلول‌پاشی پوتریسین همزمان با اعمال تیمار شوری صورت گرفت. محلول‌پاشی تا آنجایی اعمال گردید که به صورت قطراتی در حال چکیده شدن از بوته‌ها بود. برای افزایش سطح جذب محلول به‌عنوان مویان از توتین - ۲۰ استفاده شد.

تعداد میوه، وزن هر یک از میوه‌ها و تعداد برگ‌ها تشکیل شده در طول دوره رشد شمارش شدند و سپس بوته‌ها از محیط کشت خارج و برای اندازه‌گیری سایر شاخص‌ها به آزمایشگاه باغبانی دانشگاه شاهد منتقل شدند. عملکرد تک بوته از حاصلضرب تعداد میوه در وزن میوه‌ها محاسبه گردید. ویژگی‌های رویشی اندازه‌گیری شده در هر بوته شامل طول شاخساره، طول ریشه، وزن تر شاخساره، وزن خشک شاخساره، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و مقدار کلروفیل کل برگ بود. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌های به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد درون آون خشک و سپس توزین شدند.

برای اندازه‌گیری کلروفیل، مقدار ۰/۲ گرم از بافت برگ با ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به خوبی توسط هاون چینی همگن گردید. سپس محلول حاصله در ۱۰۰۰۰

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل تیمار کلریدسديم و تیمار پوتریسین بودند. آزمایش در چهار ردیف به‌عنوان چهار بلوک آزمایشی (هر یک دارای ۱۸ گلدان و در مجموع ۷۲ گلدان) اجرا گردید. در هر یک از بلوک‌های آزمایشی، هر یک از غلظت‌های کلریدسديم روی ۶ گلدان اعمال گردید. در هر بلوک‌های آزمایشی و در هر یک از سطوح تیمار شوری نیز، هر یک از سطوح تیمار پوتریسین روی دو گلدان به‌عنوان دو نمونه آزمایشی اعمال گردید. تیمارهای شوری اعمال شده شامل کلریدسديم (تهیه شده از شرکت مرک) در سه غلظت صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار بود که همراه با محلول غذایی از طریق ریشه اعمال گردید. برای این منظور هر یک از تیمارهای شوری در مخزن‌های مجزا در محلول غذایی حل شده و همراه با محلول غذایی در دو نوبت صبح و عصر در محیط ریشه اعمال گردید. در هر نوبت مقدار ۲۰۰ میلی‌لیتر از محلول غذایی به بوته‌ها داده شد. پوتریسین (تهیه شده از شرکت سیگما، با فرمول شیمیایی $C_4H_{12}N_2$ و وزن مولکولی ۸۸) در سه غلظت صفر به‌عنوان شاهد، ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار در چهار نوبت به

داده‌ها پس از بررسی نرمال بودن با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۳) تجزیه شده و برای مقایسه اختلاف بین میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خصوصیات رویشی بوته توت فرنگی

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر کلریدسدیم بر تعداد برگ، طول شاخساره، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک شاخساره و مقدار کلروفیل برگ معنی‌دار شد، ولی بر طول ریشه معنی‌دار نشد. اثر تیمار پوتریسین نیز بر تعداد برگ، طول شاخساره، وزن تر و خشک شاخساره و مقدار کلروفیل برگ معنی‌دار بود، ولی بر طول ریشه و وزن تر و خشک ریشه معنی‌دار نبود. برهمکنش بین کلریدسدیم و تیمار پوتریسین تنها در تعداد برگ معنی‌دار و در سایر خصوصیات رویشی معنی‌دار نشد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین با اعمال تیمار کلریدسدیم در هر دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار تعداد برگ تک بوته در مقایسه با شاهد کاهش یافت. تعداد برگ در کلریدسدیم ۵۰ میلی‌مولار به‌طور معنی‌داری کمتر از تعداد برگ در کلریدسدیم ۲۵ میلی‌مولار بود (جدول ۳). با اعمال تیمار پوتریسین در هر دو غلظت ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار تعداد برگ تک بوته در مقایسه با شاهد افزایش یافت و اختلاف معنی‌داری نیز بین دو تیمار ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار پوتریسین از نظر تعداد برگ تک بوته مشاهده نشد (جدول ۴). در برهمکنش کلریدسدیم و پوتریسین با بالا رفتن غلظت کلریدسدیم اثر تعدیلی تیمار پوتریسین بیشتر شد و بیشترین تعدیل و افزایش تعداد برگ در تیمار پوتریسین ۳ میلی‌مولار و شوری کلریدسدیم ۵۰ میلی‌مولار به‌دست آمد (جدول ۵).

دور به مدت ۱۰ دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. در نهایت، میزان جذب محلول حاصله در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتری توسط دستگاه اسپکتروفتومتری قرائت و مقدار کلروفیل کل با استفاده از فرمول زیر به‌دست آمد [۲۳]:

رابطه (۱)

$$\times \left\{ \text{جذب در } 663 \text{ نانومتر} \right\} + 8/0.2 \times \left\{ \text{جذب در } 645 \text{ نانومتر} \right\} / (1000 \times W) = \text{کلروفیل کل (mg/gr}^{-1}\text{ در } 645 \text{ نانومتر)} \times \{20/2\}$$

در این رابطه، V حجم نمونه و W وزن تر نمونه می‌باشد. برای اندازه‌گیری ویژگی‌های میوه، میوه‌های هر یک از واحدهای آزمایشی مجزا شده و متوسط وزن تر و خشک تک میوه (پس از خشک شدن در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت) با استفاده از ترازوی دیجیتالی تعیین شد. سپس میوه‌ها توسط دستگاه آب میوه‌گیری عصاره‌گیری شد و برای اندازه‌گیری مقدار مواد جامد محلول یک قطره از آب میوه توسط دستگاه رفرکتومتر دستی (مدل Otago Manual) قرائت گردید و داده‌های حاصله بر حسب واحد درجه بریکس یادداشت شدند. برای اندازه‌گیری درصد اسید قابل تیتراسیون مقدار ۵ میلی‌لیتر از عصاره میوه با آب مقطر به حجم نهایی ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد سپس عصاره با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH نهایی ۸/۲ تیترا شد.

برای اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین یک گرم از بافت میوه در داخل هاون چینی با استفاده از ازت مایع پودر شده و سپس به همراه ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (۱٪) در هاون چینی به خوبی ساییده شد. عصاره آماده شده با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ در ۱۰۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴°C سانتریفیوژ گردید. سپس محلول رویی جمع‌آوری و میزان جذب آن در طول موج ۵۴۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید [۱۰].

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر تنش کلرید سدیم بر خصوصیات رویشی توت فرنگی رقم 'کاماروسا' در حضور پوتریسین

میانگین بریمات										
کلروفیل	وزن خشک شاخساره	وزن تر شاخساره	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	طول شاخساره	طول ریشه	طول برگ	تعداد برگ	درجه آزادی	منبع تغییرات
۰/۰۰۲ ^{NS}	۵/۷۴ [*]	۱۰/۳۳ ^{NS}	۰/۵۹ ^{NS}	۱/۳۷ ^{NS}	۴/۶۳ ^{NS}	۲۴/۵۹ ^{NS}	۳/۴۳ ^{NS}	۳/۴۳ ^{NS}	۳	بلوک
۰/۰۸ ^{**}	۲۸/۱۳ ^{**}	۲۷۴/۳۶ ^{**}	۱۲/۶۰ [*]	۳۸۰/۲ [*]	۶۳/۰۲ ^{**}	۰/۴۱ ^{NS}	۷۰/۵۲ ^{**}	۷۰/۵۲ ^{**}	۲	کلرید سدیم
۰/۰۹ ^{**}	۶/۴۷ [*]	۴۴/۳۷ [*]	۰/۴۳ ^{NS}	۰/۵۳ ^{NS}	۲۱/۸۶ [*]	۱۷/۸۱ ^{NS}	۳۷/۱۹ ^{**}	۳۷/۱۹ ^{**}	۲	تیمار پوتریسین
۰/۰۰۶ ^{NS}	۱/۳۸ ^{NS}	۱۶/۶۶ ^{NS}	۰/۱۶ ^{NS}	۰/۸۱ ^{NS}	۵/۶۵ ^{NS}	۶/۷۳ ^{NS}	۱۴/۱۱ [*]	۱۴/۱۱ [*]	۴	سدیم × پوتریسین
۰/۰۰۳	۱/۵۱	۱۱/۰۰	۰/۴۴	۱/۴۵	۴/۶۵	۱۶/۹۸	۲/۳۹	۲/۳۹	۲۴	خطای آزمایش
۵/۵	۷/۷۵	۷/۳	۸/۲	۷/۳۵	۸/۱	۱۶/۰۱	۷/۹۵	۷/۹۵	--	ضریب تغییرات

* و ** معنی دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و NS عدم معنی داری را نشان می دهند.

اثر تیمار پوتریسین بر میوه توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا' تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم

جدول ۳- اثر تیمار کلرید سدیم بر برخی شاخص‌های رویشی گیاه توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا'.

شاخص							کلرید سدیم
کلروفیل کل (mg/gr ⁻¹)	وزن خشک شاخساره (gr)	وزن تر شاخساره (gr)	وزن خشک ریشه (gr)	وزن تر ریشه (gr)	طول شاخساره (cm)	تعداد برگ --	
۱/۰۴ ^a	۱۵/۷۹ ^a	۴۸/۵۲ ^a	۹/۳۱ ^a	۱۷/۱۱ ^a	۲۷/۰۸ ^a	۲۱ ^a	شاهد
۰/۹۲ ^b	۱۴/۴۷ ^b	۴۴/۷۵ ^b	۸/۳۴ ^b	۱۵/۶۳ ^b	۲۴/۸۳ ^b	۱۸/۹۱ ^b	۲۵ میلی مولار
۰/۸۸ ^c	۱۲/۷۴ ^c	۳۹/۰۲ ^a	۷/۲۷ ^c	۱۳/۵۷ ^c	۲۲/۵ ^c	۱۶/۱۶ ^c	۵۰ میلی مولار

میانگین‌هایی با حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر در سطح ۵٪ آزمون LSD نمی‌باشند.

جدول ۴- اثر تیمار پوتریسین بر برخی شاخص‌های رویشی گیاه توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا'.

شاخص					پوتریسین
کلروفیل کل (mg/gr ⁻¹)	وزن خشک شاخساره (gr)	وزن تر شاخساره (gr)	طول شاخساره (cm)	تعداد برگ --	
۰/۸۴ ^b	۱۳/۵۰ ^b	۴۱/۹۱ ^b	۲۳/۲۵ ^b	۱۶/۶۶ ^b	صفر میلی مولار
۰/۹۸ ^a	۱۴/۶۱ ^a	۴۴/۸۵ ^a	۲۵/۶۶ ^a	۱۹/۵۸ ^a	۱/۵ میلی مولار
۱/۰۱ ^a	۱۴/۸۹ ^a	۴۵/۵۳ ^a	۲۵/۵ ^a	۱۹/۸۳ ^a	۳ میلی مولار

میانگین‌هایی با حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر در سطح ۵٪ آزمون LSD نمی‌باشند.

جدول ۵- اثر برهمکنش بین کلرید سدیم و تیمار پوتریسین بر برخی خصوصیات گیاه و میوه توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا'.

مقدار آنتوسیانین (ABS at 520nm)	اسید قابل تیتر (%)	تعداد میوه --	تعداد برگ --	پوتریسین	کلرید سدیم
۰/۶۶ ^f	۱/۳۵ ^{abc}	۴۱/۶۶ ^a	۲۰ ^{abc}	صفر میلی مولار	
۱/۳۱ ^e	۱/۳۷ ^{abc}	۴۱ ^a	۲۲ ^a	۱/۵ میلی مولار	صفر میلی مولار
۱/۸۳ ^d	۱/۴۳ ^a	۴۱/۳۳ ^a	۲۱ ^{ab}	۳ میلی مولار	
۱/۲۹ ^e	۱/۲۹ ^c	۳۷/۳۳ ^{cd}	۱۸ ^{cd}	صفر میلی مولار	
۱/۲۹ ^e	۱/۳۳ ^{bc}	۳۹/۳۳ ^{abc}	۱۹/۷۵ ^{bc}	۱/۵ میلی مولار	۲۵ میلی مولار
۲/۴۵ ^{bc}	۱/۴۱ ^{ab}	۴۰/۳۳ ^{ab}	۱۹ ^{bcd}	۳ میلی مولار	
۲/۰۷ ^{cd}	۰/۹۰ ^e	۳۱/۱۶ ^e	۱۲ ^c	صفر میلی مولار	
۲/۷۵ ^b	۱/۱۴ ^d	۳۶ ^d	۱۷ ^d	۱/۵ میلی مولار	۵۰ میلی مولار
۳/۱۵ ^a	۱/۱۵ ^d	۳۸/۳۳ ^{bcd}	۱۹/۵ ^{bc}	۳ میلی مولار	

میانگین‌هایی با حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر در سطح ۵٪ آزمون LSD نمی‌باشند.

فتوستتزی با افزایش کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II در شرایط شوری بهبود می‌یابد [۳۵].

با اعمال تیمار کلریدسدیم در هر دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار اندازه طول شاخساره در مقایسه با شاهد کاهش یافت و اختلاف معنی‌دار نیز بین دو تیمار کلریدسدیم مشاهده شد. به طوری‌که، تیمار کلریدسدیم ۵۰ میلی‌مولار به طور معنی‌داری دارای طول شاخساره کمتری در مقایسه با کلریدسدیم ۲۵ میلی‌مولار بود (جدول ۳). با اعمال تیمار پوتریسین در هر دو غلظت ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار اندازه طول شاخساره در مقایسه با شاهد افزایش یافت و اختلاف معنی‌دار بین دو تیمار ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار پوتریسین از نظر اندازه طول شاخساره مشاهده نشد (جدول ۴). دلیل اصلی کاهش طول شاخساره در شرایط شوری کلریدسدیم کاهش فعالیت هیدرولازهای متصل به دیواره سلولی است که منجر به کاهش انعطاف‌پذیری دیواره و در نهایت کاهش رشد گیاه می‌شود [۳]. مشابه با نتایج این پژوهش در بررسی اثر تیمار پوتریسین بر رشد و فتوستتزی گیاه دارویی تاتوره در پاسخ به تنش شوری گزارش شده است که طول شاخساره در اثر تیمار شوری کاهش یافت و تیمار پوتریسین منجر به افزایش طول شاخساره شد [۸]. تأثیر مثبت پوتریسین در افزایش طول شاخساره احتمالاً مربوط به نقش این هورمون در افزایش تقسیم سلولی و افزایش سایر هورمون‌های گیاهی از قبیل اکسین و جیبرلین و کاهش مقدار اسید آبسزیک می‌باشد [۱۶].

بر اساس نتایج با اعمال تنش شوری کلریدسدیم در هر دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار مقدار وزن تر و خشک ریشه در مقایسه با شاهد به طور معنی‌دار کاهش یافت، در این بین بیشترین کاهش مقدار وزن تر و خشک ریشه در غلظت ۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم مشاهده شد (جدول ۳). دلیل کاهش وزن تر ریشه در شرایط تنش شوری، کاهش مقدار مواد فتوستتزی در سیستم گیاه و همچنین، فشار

در بررسی مشابهی که بر روی توت‌فرنگی رقم 'سلوا' انجام شد، کاهش تعداد برگ در شرایط تنش شوری کلریدسدیم مشاهده شد که با نتایج به دست آمده در این پژوهش انطباق دارد [۳]. دلیل کاهش تعداد برگ در شرایط تنش، اثرات استرس شوری در پایین آمدن راندمان فتوستتزی و ساخت ماده خشک و همچنین، کاهش جذب آب و املاح توسط ریشه می‌باشد که نهایتاً باعث پایین آمدن رشد رویشی می‌شود [۱۱]. پوتریسین با اثرگذاری مثبت بر کنترل عوامل آسیب‌رسان در شرایط تنش باعث بهبود رشد رویشی و در نهایت تولید برگ گردید [۳۲].

بر اساس نتایج مقایسه میانگین با اعمال تیمار کلریدسدیم در هر دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار مقدار کلروفیل کل برگ در مقایسه با شاهد کاهش یافت، اثر تیمار کلریدسدیم ۵۰ میلی‌مولار در کاهش مقدار کلروفیل برگ بیشتر از اثر تیمار کلریدسدیم ۲۵ میلی‌مولار از این نظر بود (جدول ۳).

بر اثر اعمال تیمار پوتریسین در هر دو غلظت ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار مقدار کلروفیل کل برگ در مقایسه با شاهد افزایش یافت. اختلاف معنی‌دار بین دو تیمار ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار پوتریسین از نظر مقدار کلروفیل کل مشاهده نشد (جدول ۴). دلیل اثرات سوء کلریدسدیم بر مقدار کلروفیل برگ تخریب کلروفیل موجود در کلروپلاست از طریق آنزیم کلروفیل‌آز در شرایط تنش می‌باشد. افزایش فعالیت آنزیم کلروفیل‌آز به دلیل افزایش تولید اتیلن در شرایط تنش است [۲۲]. اثرات پلی‌آمین‌ها در کاهش تخریب کلروفیل تحت شرایط تنش می‌تواند به اثرات آنتی‌اکسیدانی پلی‌آمین مرتبط باشد [۱۳]. ثابت شده است که کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها می‌تواند گیاه را در برابر صدمات اکسیداتیو و پروکسیداتیوی لیپیدها محافظت کند [۳۲]. همچنین، گزارش شده است که پلی‌آمین‌ها از طریق تحریک سنتز ATP انرژی سلول را تامین می‌کنند و ظرفیت

۳-۲- ویژگیهای میوه توت فرنگی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۶)، اثر کلرید سدیم بر تعداد میوه در بوته، عملکرد بوته، وزن تر تک میوه، وزن خشک تک میوه، مقدار مواد جامد محلول، درصد اسید قابل‌تیترا و مقدار آنتوسیانین میوه معنی‌دار شد. اثر تیمار پوتریسین نیز بر تعداد میوه در بوته، عملکرد بوته، وزن تر میوه، مقدار مواد جامد محلول، درصد اسید قابل‌تیترا و مقدار آنتوسیانین معنی‌دار بود، ولی بر وزن خشک میوه اثر معنی‌داری نداشت. اثر برهمکنش بین کلرید سدیم و تیمار پوتریسین به غیر از تعداد میوه در بوته و آنتوسیانین بر سایر شاخص‌ها غیر معنی‌دار بود.

با اعمال تیمار کلرید سدیم در هر دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار تعداد میوه در بوته در مقایسه با شاهد کاهش یافت، اثر غلظت ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌طور معنی‌داری بیشتر از اثر غلظت ۲۵ میلی‌مولار در کاهش تعداد میوه در بوته بود (جدول ۷). پوتریسین در هر دو غلظت ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار تعداد میوه در بوته را در مقایسه با شاهد افزایش داد. اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار پوتریسین از نظر تعداد میوه مشاهده نشد (جدول ۸). در برهمکنش بین کلرید سدیم و پوتریسین در غلظت صفر میلی‌مولار کلرید سدیم اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای پوتریسین و شاهد از نظر تعداد میوه در بوته مشاهده نشد. اما، با بالا رفتن غلظت کلرید سدیم اثر تعدیلی پوتریسین بر افزایش تعداد میوه در بوته بیشتر شد (جدول ۵). دلیل کاهش تعداد میوه در تنش شوری کلرید سدیم بهم‌خوردن تعادل هورمونی گیاه، ریزش بیشتر گل‌ها و کاهش فتوسنتز و فراهم‌آوری مواد غذایی است [۱۴]. تیمار پلی‌آمین‌ها نیز به‌عنوان تیماری موثر در کاهش اثرات تنش شوری و همچنین تیماری موثر در افزایش تشکیل میوه منجر به افزایش تعداد میوه در گیاهان می‌شود [۲۶].

اسمزی بالا در محیط ریشه و کاهش مقدار آب بافت‌های ریشه می‌باشد [۵]. مشابه با نتایج این پژوهش در بررسی اثرات تنش شوری کلرید سدیم بر گیاه توت‌فرنگی نشان داده شده است که با بالا رفتن غلظت کلرید سدیم وزن تر و خشک ریشه بیشتر کاهش یافت [۳۴]. همچنین در دو رقم کنار پیوندی افزایش شدت تنش شوری کلرید سدیم موجب کاهش وزن ریشه شد [۶]. تیمار پوتریسین تاثیری بر رشد ریشه در این آزمایش نشان نداد.

با اعمال تیمار کلرید سدیم در هر دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار اندازه طول شاخساره و مقدار وزن تر و خشک شاخساره در مقایسه با شاهد کاهش یافت و اختلاف معنی‌داری نیز بین دو تیمار کلرید سدیم مشاهده شد. به‌طوری‌که تیمار کلرید سدیم ۵۰ میلی‌مولار به‌طور معنی‌داری طول شاخساره و وزن تر و خشک کمتری در مقایسه با کلرید سدیم ۲۵ میلی‌مولار دارا بود (جدول ۳). با اعمال تیمار پوتریسین در هر دو غلظت ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار اندازه طول شاخساره و وزن تر و خشک شاخساره در مقایسه با شاهد افزایش یافت و اختلاف معنی‌داری نیز بین دو تیمار ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار پوتریسین مشاهده نشد (جدول ۴). مشابه با نتایج پژوهش حاضر، در بررسی اثر تیمار پوتریسین بر رشد و فتوسنتز گیاه دارویی تاتوره در پاسخ به تنش شوری گزارش شده است که رشد شاخساره در اثر تیمار شوری کاهش و تیمار پوتریسین منجر به افزایش رشد شاخساره شد [۸]. کاهش اثرات تنش شوری توسط تیمار پوتریسین به خاصیت آنتی‌اکسیدانی این تیمار و ثبات غشای سلولی در حضور این ترکیبات مرتبط می‌باشد. تأثیر مثبت پوتریسین در افزایش رشد شاخساره احتمالاً مربوط به نقش این هورمون در افزایش تقسیم سلولی و افزایش سایر هورمون‌های گیاهی از قبیل اکسین و جیبرلین و کاهش مقدار اسید آبسزیک است [۱۶].

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس اثر تنش کلریدسدیم بر ویژگی‌های میوه توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا' در حضور پوتریسین

میانگین مربعات								
منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد میوه	عملکرد کل	وزن تر میوه	وزن خشک میوه	مواد جامد محلول	اسید قابل تیتر	آنتوسیانین
بلوک	۳	۲۹/۵۶**	۳۶۶۶/۱۸**	۱/۴۴ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۵ [°]	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}
کلرید سدیم	۲	۱۱۶/۳۳**	۲۰۹۲۳/۶۴*	۷/۸۰**	۰/۲۵**	۱/۳۳**	۰/۳۷**	۶/۱۴**
تیمار پوتریسین	۲	۳۲/۹۲**	۳۱۴۲/۱۷*	۱/۹۴*	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۷۸*	۰/۰۷**	۳/۹۰**
سدیم × پوتریسین	۴	۱۵/۱۴**	۱۱۴۰/۶ ^{ns}	۰/۳۸ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۴۴ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۲۰*
خطای آزمایش	۲۴	۳/۳۲	۶۳۷/۵۲	۰/۵۰	۰/۰۳	۰/۱۶	۰/۰۰۴	۰/۰۶
ضریب تغییرات	--	۴/۳	۱۰/۸۸	۹	۱۶/۳	۱۱/۲	۵/۴	۱۱/۹

* و ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و ns عدم معنی داری را نشان می‌دهند

جدول ۷- اثر تیمار کلریدسدیم بر برخی ویژگی‌های میوه توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا'.

شاخص							
کلرید سدیم	وزن تر	وزن خشک	تعداد میوه	عملکرد کل	مواد جامد محلول	اسید قابل تیتراسیون	آنتوسیانین (ABS at 520nm)
	(gr)	(gr)	--	(gr/plant)	(°Brix)	(%)	
صفر میلی مولار	۸/۰۶ ^a	۱/۲۰ ^a	۴۱/۳۳ ^a	۲۵۳/۰۶ ^a	۳/۰۲ ^b	۱/۳۹ ^a	۱/۲۶ ^c
۲۵ میلی مولار	۷/۲۹ ^b	۱/۰۸ ^a	۳۹ ^b	۲۱۱/۹۱ ^b	۳/۵۳ ^a	۱/۳۴ ^a	۱/۶۷ ^b
۵۰ میلی مولار	۶/۴۵ ^c	۰/۹۱ ^b	۳۵/۱۶ ^c	۱۶۹/۵۵ ^c	۳/۶۵ ^a	۱/۰۶ ^b	۲/۶۶ ^a

میانگین‌هایی با حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر در سطح ۵٪ آزمون LSD نمی‌باشند.

از دلایل مهم کاهش وزن میوه در گیاهان تحت تنش کلریدسدیم بهم خوردن تعادل هورمونی میوه و گیاه در اثر تنش شوری می‌باشد [۱۴]. دلیل کاهش وزن تر و اندازه تک میوه در شرایط تنش شوری ممانعت از جذب و انتقال آب به درون میوه‌ها می‌باشد [۲۹]. پوتریسین به دلیل بالا بردن تولید هورمون‌های اکسین و جیبرلین و نهایتاً به دلیل بالا بردن تقسیم سلولی و رشد میوه‌ها اندازه و وزن تر میوه‌ها را بالا می‌برد [۱۶].

تیمار کلریدسدیم در هر دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار وزن تر میوه در مقایسه با شاهد را کاهش داد. بیشترین کاهش وزن تر میوه نیز در غلظت ۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم مشاهده شد (جدول ۷). تیمار پوتریسین در هر دو غلظت ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار متوسط وزن تک میوه را افزایش داد. هرچند، اختلاف معنی‌دار بین شاهد و پوتریسین ۱/۵ میلی‌مولار از نظر متوسط وزن میوه مشاهده نشد، ولی تیمار پوتریسین ۳ میلی‌مولار به‌طور معنی‌داری وزن تر میوه را در مقایسه با شاهد افزایش داد (جدول ۸).

اثر تیمار پوتریسین بر میوه توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا' تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم

جدول ۸- اثر تیمار پوتریسین بر برخی ویژگیهای میوه توت فرنگی رقم 'کاماروسا'.

شاخص						
پوتریسین	وزن تر میوه (gr)	تعداد میوه --	عملکرد کل (gr/plant)	مواد جامد محلول (°Brix)	اسید قابل تیتراسیون (%)	آنتوسیانین (ABS at 520nm)
صفر میلی مولار	۶/۸۳ ^b	۳۶/۷۲ ^b	۱۹۳/۶۷ ^b	۳/۶۶ ^a	۱/۱۸ ^b	۱/۳۴ ^c
۱/۵ میلی مولار	۷/۳۵ ^{ab}	۳۸/۷۷ ^a	۲۱۵/۶ ^a	۳/۳۸ ^{ab}	۱/۲۸ ^a	۱/۷۸ ^b
۳ میلی مولار	۷/۶۳ ^a	۴۰ ^a	۲۲۵/۲۵ ^a	۳/۱۵ ^b	۱/۳۳ ^a	۲/۴۷ ^a

میانگین‌هایی با حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر در سطح ۵٪ آزمون LSD نمی‌باشند.

مشاهده نشد (جدول ۷). در پژوهش‌های مشابه و در بررسی اثر تنش شوری کلرید سدیم بر گیاه توت‌فرنگی گزارش شده است که وزن خشک میوه نسبت به شاهد در اثر تیمار شوری به صورت چشمگیری کاهش یافت [۵ و ۹]. دلیل اصلی این کاهش مربوط به آسیب‌های وارده به سیستم فتوسنتز در اثر تنش شوری می‌باشد که در نتیجه منجر به کاهش ماده خشک میوه‌ها می‌گردد [۱۱]. در آزمایش حاضر، اثر تیمار پوتریسین بر وزن خشک میوه معنی‌دار نبود.

با اعمال تیمار کلرید سدیم در هر دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی مولار مقدار مواد جامد محلول در مقایسه با شاهد افزایش یافت و اختلاف معنی‌داری بین دو غلظت کلرید سدیم از نظر مقدار مواد جامد محلول مشاهده نشد (جدول ۷). میوه‌های تیمار پوتریسین ۳ میلی مولار به‌طور معنی‌داری مقدار مواد جامد محلول کمتری در مقایسه با میوه‌های شاهد دارا بودند، ولی بین میوه‌های تیمار پوتریسین ۱/۵ میلی مولار و شاهد اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار مواد جامد محلول مشاهده نشد (جدول ۸). نتایج پژوهش مشابه‌ای نشان داد که با افزایش سطح کلرید سدیم مقدار مواد جامد محلول میوه توت‌فرنگی افزایش یافت [۳ و ۲۱]. دلیل بالا رفتن مقدار مواد جامد محلول میوه‌ها تحت تنش شوری کاهش جذب آب و

با اعمال تیمار کلرید سدیم در هر دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی مولار مقدار عملکرد تک بوته در مقایسه با شاهد کاهش یافت. مقدار عملکرد کلرید سدیم ۵۰ میلی مولار نیز به طور معنی‌داری کمتر از مقدار عملکرد کلرید سدیم ۲۵ میلی مولار بود (جدول ۷). با اعمال تیمار پوتریسین در هر دو غلظت ۱/۵ و ۳ میلی مولار مقدار عملکرد در مقایسه با شاهد افزایش یافت، اختلاف معنی‌داری نیز بین دو تیمار ۱/۵ و ۳ میلی مولار پوتریسین از نظر مقدار عملکرد تک بوته مشاهده نشد (جدول ۸).

نتایج مشابه با پژوهش حاضر در مورد اثر تنش شوری کلرید سدیم در کاهش مقدار محصول تک بوته توت‌فرنگی در پژوهش‌های دیگر نیز مشاهده شده است [۹ و ۲۲]. کاهش مقدار عملکرد بوته در شرایط تنش شوری کلرید سدیم از دو عامل کاهش تعداد میوه و کاهش وزن تر میوه در اثر شوری تاثیر می‌گیرد. تاثیرات مثبت پوتریسین در افزایش عملکرد ناشی از تاثیر آن بر افزایش تعداد میوه و افزایش وزن تر تک میوه می‌باشد [۳۳].

بر اساس نتایج مقایسه میانگین مقدار وزن خشک میوه در تیمار کلرید سدیم ۵۰ میلی مولار به‌طور معنی‌داری کمتر از مقدار وزن خشک میوه در شرایط شاهد و کلرید سدیم ۲۵ میلی مولار بود، ولی بین شاهد و کلرید سدیم ۲۵ میلی مولار اختلاف معنی‌داری از نظر وزن خشک میوه

بیشتری در مقایسه با شاهد بود (جدول ۸). در برهمکنش شوری کلریدسديم و تیمار پوتریسین بیشترین مقدار تجمع رنگیزه آنتوسیانین میوه در تیمار کلریدسديم ۵۰ میلی مولار و تیمار پوتریسین ۳ میلی مولار مشاهده شد (جدول ۵). نتایج پژوهش مشابهی در بررسی اثرات شوری کلریدسديم بر خواص کمی و کیفی دو نژاد توت فرنگی کرونا و السانتا، نشان داد که تیمار کلریدسديم موجب افزایش مقدار آنتوسیانین میوه توت فرنگی گردید. در شرایط تنش فعالیت آنزیم PAL به عنوان آنزیم کلیدی در مسیر بیوسنتز ترکیبات فنیل پروپانویدی افزایش یافت و منجر به افزایش مقدار ترکیبات فنلی از جمله آنتوسیانین - گردید [۲۰]. تیمارهای پلی آمین های خارجی می تواند ژن های درگیر در سنتز آنتوسیانین مثل فنیل آلانین آمونالیاز و چالکولن ایزومراز را تحریک کنند. علاوه بر آن تجمع پلی آمین در بافت های گیاهی در معرض تنش با اتصال به ترکیبات آنتوسیانینی از اکسایش آن ها جلوگیری کرد و غلظت آن ها را بالا برد [۳۳].

نتیجه گیری

بر اساس نتایج این پژوهش شوری کلریدسديم موجب کاهش چشمگیر ویژگی های رویشی، عملکرد و کیفیت میوه توت فرنگی شد، ولی اعمال تیمار پوتریسین به صورت محلول پاشی اثرات مخرب شوری را کاهش داد و موجب بهبود رشد رویشی و زایشی توت فرنگی شد. در نتیجه می توان از پوتریسین به عنوان تیماری موثر برای تولید توت فرنگی در زمان استفاده از منابع آب نسبتاً شور استفاده نمود.

غلظت شدن شیره سلولی می باشد [۴ و ۷]. در بررسی اثر تیمار پوتریسین بر خصوصیات توت فرنگی واریته سلوا گزارش شده است که محلول پاشی بوته ها با پوتریسین ۲/۵ میلی مولار مقدار مواد جامد محلول میوه ها را در مقایسه با شاهد کاهش داد که احتمالاً به دلیل افزایش محتوای آب سلولی در اثر تیمار پلی آمین ها می باشد [۱۹].

با اعمال تیمار کلریدسديم در هر دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی مولار درصد اسید قابل تیتر میوه در مقایسه با شاهد کاهش یافت، اثر غلظت ۵۰ میلی مولار در کاهش درصد اسید قابل تیتر به طور معنی داری بیشتر از اثر غلظت ۲۵ میلی مولار بود (جدول ۷). با اعمال تیمار پوتریسین در هر دو غلظت ۱/۵ و ۳ میلی مولار درصد اسید قابل تیتر میوه در مقایسه با شاهد افزایش یافت و اختلاف معنی داری بین دو تیمار ۱/۵ و ۳ میلی مولار پوتریسین از نظر درصد اسید قابل تیتر میوه مشاهده نشد (جدول ۸). پایین آمدن مقدار اسید قابل تیتر میوه در شرایط تنش شوری به دلیل این است که افزایش مقدار کلریدسديم و تنش آن در گیاه موجب تنفس سلولی و اکسید شدن بیشتر اسیدهای آلی می شود و این امر منجر به مصرف بیشتر اسیدهای میوه و کاهش درصد اسید قابل تیتر میوه می گردد. کاربرد پوتریسین با کاهش اکسیداسیون سلولی منجر به کاهش مصرف اسیدهای آلی نسبت به شاهد در میوه توت فرنگی می شود [۳۶].

بر اساس نتایج تیمار کلریدسديم در هر دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی مولار منجر به افزایش معنی دار مقدار رنگیزه آنتوسیانین میوه در مقایسه با شاهد شد. در این بین اثر کلریدسديم ۵۰ میلی مولار در افزایش مقدار آنتوسیانین به طور معنی داری بیشتر از اثر کلریدسديم ۲۵ میلی مولار بود (جدول ۷). همچنین، پوتریسین ۳ میلی مولار به طور معنی داری دارای مقدار آنتوسیانین بیشتری در مقایسه با شاهد و پوتریسین ۱/۵ میلی مولار بود. تیمار پوتریسین ۱/۵ میلی مولار نیز به طور معنی داری دارای مقدار آنتوسیانین

منابع

۹. یوسفی م، طباطبایی س ج، حاجیلوج و مهنان (۱۳۹۰). اثر تنش شوری کلرید سدیم در بخشی از سیستم ریشه بر عملکرد، کمیت و کیفیت میوه توت‌فرنگی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۱: ۱۳۶-۱۴۴.
10. Aghamohammadi S, Mohammadian Ghotbeh M, Aghamohammadi V and Mohammadian A (2014) Influence of exogenous putrescine on total. Phenolic content and antioxidant activities in strawberry cv Gaviota. Vitae. 21: 315-324.
11. Ashraf M (2004) Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants. 199: 361-376.
12. Cantrell IC and Linderman RG (2001) Preinoculation of lettuce and onion with VA mycorrhizal fungi reduces deleterious effects of soil salinity. Plant and Soil. 233: 269-281.
13. Cohen AS, Popovic RB and Zalik S (2004) Effects of polyamines on chlorophyll and protein content, photochemical activity, and chloroplast ultrastructure of barley leaf discs during senescence. Plant Physiology. 64: 717-720.
14. Fernandez-Ballester G, Garica-Sanchez F, Cerda A and Martinezm V (2003) Tolerance of citrus rootstock seedlings to saline stress based on their ability to regulate ion uptake and transport. Tree Physiology. 23: 265-271.
15. Giampieri F, Tulipani S, Alvarez-Suarez JM, Quiles J, Mezzetti LB and Battino M (2012) The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. Nutrition. 28: 9-19.
16. Hussein MM, EL-Gereadly NHM and El-Desuki M (2006) Role of putrescine in resistance to salinity of pea plants (*Pisum sativum* L.). Applied Science Research. 2: 598-604.
۱. بهنامیان م و مسیحا س (۱۳۸۱) توت‌فرنگی. انتشارات ستوده، تبریز، ۱۲۰ صفحه.
۲. جلیلی مرندی ر (۱۳۸۴) میوه‌های ریز. انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه، ارومیه، ۲۹۷ صفحه.
۳. سیدلر فاطمی ل، طباطبایی س ج و فلاحی ا (۱۳۸۸) اثر سیلیسیوم بر رشد و عملکرد توت‌فرنگی در شرایط شوری. مجله علوم باغبانی. ۲۳: ۸۸-۸۹.
۴. سیروی نژاد ب، مرتضوی س م ح، معلمی ن و عشقی س (۱۳۹۲) تاثیر کاربرد پس از برداشت پوتریسین و پرتوتابی فرابنفش بر کیفیت میوه توت‌فرنگی رقم "سلوا". تولیدات گیاهی. ۳۶: ۱۱۷-۱۲۸.
۵. سعادت‌تی ص و معلمی ن (۱۳۹۰) بررسی تاثیر محلول‌پاشی روی بر رشد و عملکرد گیاه توت‌فرنگی در شرایط تنش شوری. مجله علوم باغبانی ایران. ۴۲: ۲۶۷-۲۷۵.
۶. گردی تختی ش (۱۳۹۰) تاثیر پلی‌آمین پوتریسین بر افزایش تحمل به نمک و برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دو رقم کنار پیوندی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.
۷. لایق م، پیوست غ ع، سمیع زاده ح و خصوصی م (۱۳۸۸) تاثیر شوری محلول غذایی بر رشد، عملکرد و صفات کیفی گوجه فرنگی در سیستم کشت بدون خاک. مجله علوم باغبانی ایران. ۴۰: ۱۱-۲۱.
۸. نیاکان م، رضاپور م ش و قربانلی م (۱۳۹۴). اثر پوتریسین بر رشد، فتوسنتز و ترکیبات آلکالوئیدی گیاه دارویی تاتوره در پاسخ به تنش شوری تحت شرایط هیدروپونیک. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۲۱: ۱۱۱-۱۲۳.

17. Ioannidis NE, Sfichi L and Kotzabasis K (2006) Putrescine stimulates chemiosmotic ATP synthesis. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1757: 821–828.
18. Jiang M and Zhang J (2001) Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative defense system and oxidative damage in leaves of maize seedlings. *Plant Cell Physiology*. 42: 1262–73.
19. Kazemi M (2013) Influence of foliar application of 5-sulfosalicylic acid, malic acid, putrescine and potassium nitrate on vegetative growth and reproductive characteristics of strawberry cv. 'Selva'. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*. 7: 93-101.
20. Keutgen AJ and Pawelzik E (2007) Modifications of strawberry fruit antioxidants pools and fruit quality under NaCl stress. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 55, 4066–4072.
21. Khayyat M, Tehranifar A, Akbarian A, ShayestehNia S and Khabari S (2009) Effects of calcium forms on electrolyte leakage, total nitrogen, yield and biomass production by strawberry plants under NaCl salinity. *Journal of Central European Agriculture*. 10, 297-302.
22. Khan NA (2003) NaCl inhibited chlorophyll synthesis and associated changes in ethylene evolution and antioxidative enzyme activities in wheat. *Plant Biology*. 47: 437-440.
23. Lichtenthaler HK (1987) Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*. 148: 350–382.
24. Lester GE and Stein F (1993) Plasma membrane physicochemical changes during maturation and postharvest storage of muskmelon fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 118: 223–7.
25. Liu JH, Kitashiba H, Wang J, Ban Y and Moriguchi T (2007) Polyamines and their ability to provide environmental stress tolerance to plants. *Plant Biotechnology*. 24: 117-126.
26. Mishra SN and Sharma I (1994) Putrescine as a growth inducer and as a source of nitrogen for mustard seedlings under sodium chloride salinity. *Indian Journal of Experimental Biology*. 32: 916-8.
27. Noctor G and Foyer C (1998) Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 49: 249–79.
28. Rawson HM, Iong MJ and Munns R (1988) Growth and development in NaCl treated plants. *Journal of Plant Physiology*. 15: 519-527.
29. Sato S, Sakaguchi S, Furukawa H, and Ikeda H (2006) Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on fruit characteristic of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Scientia Horticulturae*. 109: 248–253.
30. Singha S and Choudhuri MA (1990) Effect of salinity (NaCl) stress on H₂O₂ metabolism in *Vigna* and *Oryza* seedlings. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen*. 186: 69–74.
31. Stewart PJ (2011) *Fragaria* history and breeding . In Folta KM and Kole A [eds.], *Genetics, genomics and breeding of berries*, Science Publishers, New Hampshire, USA. pp. 114–137.
32. Tang W and Newton JR (2005) Polyamines reduced salt induced oxidative damage by increasing the activities of antioxidant enzymes and decreasing lipid peroxidation in Virginia pine. *Plant Growth Regulation*. 46: 31-43.
33. Valero D, Martinez-Romero D and Riquelme F (1998) Polyamine response to external mechanical bruising in two mandarin cultivars. *HortScience*. 33: 1220-1223.
34. Yildirim E, Karlidag H and Turan M (2001) Mitigation of salt stress in strawberry by foliar

اثر تیمار پوتریسین بر میوه توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا' تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم

- K, Ca and Mg nutrient supply. Plant, Soil and Environment. 55: 213-221.
35. Zhang RH, Li J, Guo SR and Tezuka T (2009) Effects of exogenous putrescine on gas exchange characteristics and chlorophyll fluorescence of NaCl-stressed cucumber seedlings. Photosynthesis Research. 100: 155-162.
36. Zokaee- Khosroshahi MR, Esna-Ashari M and Ershadi A (2007) Effect of exogenous putrescine on post- harvest life of strawberry (*Fragaria ananassa Duch.*) fruit, cultivar 'Selva'. HortScience. 114:27-32.