

اثر اسید سالیسیلیک بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه توت‌فرنگی رقم "پاروس" در شرایط شوری

سعید عشقی^{۱*}، سمیه محرمی^۱ و بابک جمالی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۸)

DOI: 10.18869/acadpub.ejcgst.7.4.163

چکیده

به خاطر روند رو به رشد شور شدن منابع آب و ناگزیر بودن استفاده از آب‌های غیر متعارف، پژوهشی با هدف تعیین دامنه تحمل شوری توت‌فرنگی رقم "پاروس" و نقش احتمالی اسید سالیسیلیک در تخفیف اثر منفی شوری برنامه‌ریزی شد. در این پژوهش، تأثیر سطوح مختلف شوری (صفر، ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار در محلول غذایی) و اسید سالیسیلیک (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر به صورت محلول پاشی) بر این گیاه مورد بررسی قرار گرفت. نشاهای ریشه‌دار در گلدان‌های پلاستیکی ۳ لیتری حاوی محیط کشت پرلایت و کوکویت (۱:۱) در گلخانه کشت شدند. دمای روز و شب به ترتیب 23 ± 3 و 15 ± 3 درجه سلسیوس، نور طبیعی خورشید و رطوبت نسبی ۶۰ تا ۷۰ درصد بود. پس از استقرار گیاهان، تیمارهای شوری اعمال شد. نتایج نشان داد که شوری دارای تأثیر منفی بر بیشتر ویژگی‌های مورد ارزیابی بود، و باعث کاهش وزن تر و خشک شاخساره و ریشه‌ها گردید. همچنین، شوری باعث کاهش ویتامین ث میوه‌ها شد. محلول پاشی برگی اسید سالیسیلیک در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش سطح تحمل گیاهان نظیر سطح برگ، وزن خشک شاخساره و ریشه و عملکرد گردید. این اثر بهبود دهنده با افزایش غلظت نمک به ۴۰ میلی‌مولار کاهش یافت. به طور کلی، کاربرد اسید سالیسیلیک، به‌ویژه در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، در شرایط شوری ملایم توانست اثر منفی تنش شوری بر رشد گیاه توت‌فرنگی را کاهش دهد.

کلمات کلیدی: تنش شوری، رشد، کلرید سدیم، عملکرد

مقدمه

کلرید سدیم، است (۲۱). تنش شوری دارای تأثیرات منفی بر رشد گیاهان بوده و باعث ایجاد تغییرات متابولیک در گیاه نظیر از بین رفتن فعالیت کلروپلاست، کاهش میزان فتوسنتز و افزایش میزان تنفس نوری که منجر به افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) می‌شود، خواهد شد (۲۷). توت‌فرنگی به‌عنوان یک گونه بسیار حساس به شوری

شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی محدود کننده رشد گیاهان است و حدود یک سوم از زمین‌های کشت شده در دنیا تحت تأثیر شوری قرار دارند (۱۴). تنش شوری عبارت از حضور نمک‌ها با غلظت زیاد در محلول خاک است. بیشتر تنش‌های شوری در طبیعت مربوط به نمک‌های سدیم، به‌ویژه

۱. بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: eshghi@shirazu.ac.ir

که توسط اسید سالیسیلیک تیمار شده بودند، وزن‌تر و خشک ریشه و شاخساره و همچنین کلروفیل بیشتری تحت شرایط تنش شوری داشتند (۱۳). توما و اسیتکن (۳۴) گزارش کردند که نفوذپذیری غشای توت‌فرنگی رقم کاماروزا از ۶/۹ در شرایط تنش شوری با تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک به ۵/۲ کاهش یافت. آن‌ها نتیجه گرفتند که کاربرد اسید سالیسیلیک روی گیاهان توت‌فرنگی که تحت تنش شوری هستند می‌تواند اثر مثبتی بر نفوذپذیری غشا، پروتئین، پروتئین و کلروفیل برگ‌ها داشته باشد.

کشور ایران به دلیل شرایط خاص اقلیمی، مناطق وسیعی از اراضی شور و کویری را در خود جای داده است، به طوری که از ۱۶۵ میلیون هکتار وسعت ایران حدود ۱۲۰ میلیون هکتار آن را شورزار و کویر تشکیل می‌دهد. از آنجایی که امروزه کشت گلخانه‌ای توت‌فرنگی در ایران در حال افزایش است و با توجه به محدودیت‌ها در دسترسی به منابع آب شیرین و کم بودن کیفیت بسیاری از منابع آب موجود در ایران، استفاده از آب شور اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین، انجام پژوهش‌هایی در زمینه افزایش تحمل این گیاه در شرایط شوری می‌تواند راهگشایی برای افزایش سطح زیر کشت این محصول و افزایش تولید آن در کشور باشد. از طرف دیگر، اسید سالیسیلیک یک تنظیم‌کننده رشد ارزان قیمت نسبت به سایر تنظیم‌کننده‌های رشد است که در ازدیاد تحمل گیاه نسبت به تنش شوری نقش دارد. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش استفاده از اسید سالیسیلیک در بهبود ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه و تخفیف اثر منفی شوری بر عملکرد و کیفیت میوه توت‌فرنگی بود.

مواد و روش‌ها

کشت بوته‌های توت‌فرنگی

نشاهای ریشه‌دار توت‌فرنگی رقم "پاروس" از نهالستان تجاری نهمام مریوان تهیه و در گلخانه بخش علوم باغبانی دانشگاه شیراز که دارای سیستم خنک‌کننده پوشال و پنکه است، در گلدان‌های پلاستیکی ۳ لیتری حاوی محیط کشت پرلایت و کوکوپیت (۱:۱) کشت شدند. در گلخانه، دمای روز و شب به

شناخته شده است (۲). بر اثر آسیبی که به متابولیسم برگ بر اثر شوری وارد می‌شود، فتوسنتز کاهش یافته و تولید کربوهیدرات محدود می‌شود. این عمل باعث می‌شود که عملکرد و کیفیت میوه در توت‌فرنگی کاهش یابد (۱). پاسخ مشخص در تنش شوری، کاهش در میزان سطح برگ است که با افزایش غلظت شوری، گسترش سطح برگ متوقف می‌شود (۳۵). افزون بر این، تنش شوری باعث کاهش قابل توجه در وزن‌تر و خشک شاخساره، ریشه‌ها و برگ‌ها می‌گردد (۵). در تربچه، کاهش ۸۰٪ از وزن خشک گیاه در غلظت‌های زیاد نمک رخ داده که می‌توان آن را به کاهش سطح برگ و نیز کاهش جذب نور نسبت داد. دیگر اثر شوری، کاهش هدایت روزنه‌ای است (۲۲). افزایش شوری باعث کاهش معنی‌دار در وزن گیاه، ارتفاع، تعداد برگ در گیاه، طول ریشه‌ها و سطح آن‌ها در گوجه‌فرنگی شده است (۲۴). افزایش میزان کلرید سدیم باعث کاهش معنی‌دار رشد ریشه و شاخساره و نیز افزایش نسبت ریشه به شاخساره در پنبه شد (۲۳). در توت‌فرنگی، میزان وزن خشک و کلروفیل گیاهان تحت تنش شوری با غلظت ۳۵ میلی‌مولار کلرید سدیم کاهش یافت و میزان نشت یونی، سدیم و پتاسیم شاخساره و ریشه در این شرایط افزایش پیدا کرد (۱۵). در توت‌فرنگی، تنش شوری با غلظت ۴۰ میلی‌مول بر لیتر باعث کاهش وزن‌تر و خشک و نیز سطح فعال برگ از نظر فتوسنتز و میزان آب برگ گردید و نیز باعث افزایش میزان یون‌های سدیم در برگ شد (۱۸). در مطالعه‌ای که برای بررسی رشد توت‌فرنگی در شرایط شوری آب انجام گرفت دیده شد که شوری باعث کاهش عملکرد میوه، تعداد کل میوه، اندازه میوه و تعداد ساقه رونده گردید (۲۵).

اسید سالیسیلیک یک تنظیم‌کننده رشد درونی است که در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیک در گیاهان نظیر رشد، فتوسنتز، متابولیسم نیترات، تولید اتیلن، تولید گرما و گل‌دهی و نیز ایجاد مقاومت در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی، مثل شوری، نقش دارد (۹). تنش شوری سبب آسیب به رشد، کلروفیل برگ‌ها و جذب عناصر توسط گیاه توت‌فرنگی شد؛ اما گیاهانی

(۳ سطح شوری و ۴ سطح اسید سالیسیلیک) بود. در هر تیمار، چهار تکرار و در هر تکرار دو گلدان وجود داشت.

اندازه‌گیری‌ها

از زمان آغاز تیمار شوری تا پایان آن که حدود ۳ ماه بود، ویژگی‌های مورفولوژیک گیاهان و چند ویژگی کیفی میوه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت.

سطح برگ: ۶ هفته پس از اعمال تیمارهای شوری، تعداد ۳ برگ از هر تکرار در نظر گرفته شد و سطح آن‌ها توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Delta-T-Device Ltd انگلستان) تعیین شد. سپس، میانگین هر تکرار مورد بررسی قرار گرفت.

وزن و سطح ویژه برگ: این دو، عکس همدیگرند. ابتدا، ۱۰ دیسک برگ، هر یک به مساحت ۱ سانتی‌متر مربع، از هر تکرار تهیه شد. آن‌گاه، دیسک‌ها در آون °C ۷۰ به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند تا کاملاً آب خود را از دست دادند. برای محاسبه وزن و سطح ویژه از روابط زیر استفاده شد:

[۱] $10 / \text{وزن خشک دیسک برگ} = (\text{g/cm}^2)$ وزن ویژه برگ

[۲] $10 / \text{وزن خشک دیسک برگ} = (\text{cm}^2/\text{g})$ سطح ویژه برگ
وزن‌تر و خشک ریشه و شاخساره: در پایان آزمایش، گیاهان از گلدان خارج شده و ریشه‌های آن‌ها برای جداسازی محیط کشت به طور کامل شستشو شدند. سپس، قسمت ریشه از شاخساره جدا شده و توزین هر دو قسمت به‌طور جداگانه انجام گرفت. آن‌گاه به مدت ۴۸ ساعت در آون °C ۷۰ قرار گرفته و وزن خشک ریشه و شاخساره اندازه‌گیری شد.

تعداد گل و گل‌آذین در بوته: در طول دوره آزمایش، تعداد گل‌ها و گل‌آذین‌های هر بوته شمارش شده و در نهایت میانگین آن‌ها به‌دست آمد.

وزن و تعداد فندقه میوه‌های اول و دوم: در طول دوره آزمایش و پس از رسیدن میوه‌های اول و دوم، این میوه‌ها توزین شدند و میانگین آن‌ها به‌دست آمد. همچنین، تعداد فندقه‌های میوه اول و دو میوه دوم در هر تکرار شمارش شد و

ترتیب 23 ± 3 و 15 ± 3 درجه سلسیوس، نور طبیعی خورشید و رطوبت نسبی ۶۰ تا ۷۰ درصد بود. گیاهان با محلول غذایی کود کامل آلتراسول (TE+۲۰-۲۰-۲۰) (ترکیبات کود کامل، بر حسب درصد: نیتروژن ۲۰، فسفر (P₂O₅) ۲۰، پتاسیم (K₂O) ۲۰، گوگرد ۵، منیزیم (MgO) ۲، بور ۰/۲، آهن ۰/۱۸، منگنز ۰/۰۶۸، روی ۰/۰۲، مس ۰/۰۱۷ و مولیبدن ۰/۰۰۵) در مرحله رشد رویشی و (TE+۱۲-۱۲) در مرحله رشد زایشی، با غلظت ۲ گرم در لیتر و به صورت یک روز در میان ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول غذایی به پای هر گلدان داده شد. به خاطر نبود کلسیم در این کود کامل، گیاهان با نیترات کلسیم با غلظت ۱/۵ درصد هر دو هفته یک‌بار محلول‌پاشی شدند. البته نیاز ریشه به کلسیم از کلسیم موجود در آب تأمین می‌شد.

تیمار شوری و اسید سالیسیلیک

پس از استقرار گیاهان (داشتن حدود ۴-۵ برگ کامل)، به منظور اعمال تنش شوری از نمک کلرید سدیم در محلول غذایی استفاده شد که در سه غلظت صفر (۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر)، ۲۰ (۳/۲ دسی‌زیمنس بر متر) و ۴۰ (۵/۳ دسی‌زیمنس بر متر) میلی‌مولار به‌کار رفت. نحوه اعمال شوری به این صورت بود که غلظت‌های نمک به تدریج در محلول غذایی افزایش داده شد. برای این منظور، ابتدا دو مرتبه تیمار ۱۰ میلی‌مولار کلرید سدیم برای گلدان‌های مورد نظر انجام گرفت و سپس تیمار ۲۰ میلی‌مولار به‌کار رفت و در نهایت به تیمار ۴۰ میلی‌مولار از کلرید سدیم رسید. آبیاری گیاهان با محلول‌های شور تا پایان دوره آزمایش ادامه یافت. برای تیمار شاهد، فقط آبیاری با محلول غذایی انجام گرفت. نحوه آبیاری به گونه‌ای بود که حدود ۲۰٪ محلول از ته گلدان‌ها خارج می‌شد و نیز یک‌بار در هفته عمل آبسویی گلدان‌ها با آب معمولی انجام می‌گرفت. هم‌زمان با شروع تنش شوری، تیمار اسید سالیسیلیک در چهار غلظت (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر به صورت محلول‌پاشی برگ) انجام گرفت. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و دارای ۱۲ تیمار

میانگین آن‌ها به دست آمد.

طول و قطر میوه‌های اول و دوم: در طول دوره آزمایش و پس از رسیدن میوه‌های اول و دوم، طول و قطر آن‌ها توسط کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به دست آمد. عملکرد تک بوته: در مدت ۴۵ روز، به تدریج با رسیدن میوه‌ها، آن‌ها را جمع‌آوری کرده و وزن شدند. در پایان آزمایش نیز تمام میوه‌های باقی‌مانده روی بوته‌ها جمع‌آوری شده و وزن گردیدند. سپس، وزن تمامی میوه‌ها از آغاز تا پایان آزمایش با هم جمع گردید و به عنوان میزان محصول کل هر بوته در این مدت در نظر گرفته شد.

ویتامین ث و درصد اسیدیته میوه: با استفاده از روش تیتراسیون ایندوفنول، ویتامین ث اندازه‌گیری شد (۳۳). در این روش، ابتدا محلولی که برای تیتراژ کردن لازم بود (محلول تیرانت) و همین‌طور محلول تثبیت‌کننده اسید (برای ۷ تا ۱۰ روز در یخچال می‌تواند نگهداری شود) و محلول استاندارد ساخته شد. سپس، ۵ میلی‌لیتر آب میوه را که گرفته شده و با پارچه ملول کاملاً صاف شده بود با ۵ میلی‌لیتر محلول تثبیت‌کننده متاسففریک اسید مخلوط شد. این محلول توسط ایندوفنول تیتراژ شد تا زمانی که تغییر رنگ آب میوه به آجری مشاهده گردید. سپس، از رابطه زیر برای تعیین میزان ویتامین ث استفاده شد:

[۳]
$$\text{Vit C (mg/100ml fruit juice)} = \text{Current Volume} \times F \times 40$$
 که F میلی‌گرم آسکوربیک اسید معادل میلی‌لیتر ایندوفنول است.

برای تعیین میزان اسیدیته آب میوه، در ۵ میلی‌لیتر آب میوه ۵ تا ۶ قطره معرف فنول‌فتالئین ریخته شد و کاملاً مخلوط گردید. سپس، با هیدروکسید سدیم (NaOH) ۰/۳ نرمال تیتراژ کرده و در لحظه تغییر رنگ، زمانی که صورتی رنگ شد، عدد مورد نظر یادداشت گردید و از فرمول زیر اسیدیته قابل تیتراسیون به دست آمد:

[۴]
$$\text{TA} = [\text{ml (NaOH)} \times \text{N (NaOH)} \times \text{Acid meq.factor/ml juice titrated}] \times 100$$

مواد جامد محلول (TSS): پس از قرار گرفتن یک قطره آب

میوه بر قندسنج دستی، درصد مواد جامد محلول قرائت شد.

تجزیه آماری داده‌ها

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS-15 انجام گرفته و مقایسه میانگین‌ها به وسیله آزمون دانکن در سطح ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که شوری باعث کاهش سطح برگ شده، به طوری که با افزایش غلظت کلرید سدیم از صفر به ۴۰ میلی‌مولار، شاخص سطح برگ به طور معنی‌داری کاهش یافت. کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش سطح برگ نسبت به تیمار شاهد شد. در بین تیمارهای مختلف مورد استفاده، بهترین تیمار مربوط به غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک بود که تفاوت معنی‌داری با شاهد داشت. در برهمکنش بین تیمارها، در نبود اسید سالیسیلیک، تنش شوری در غلظت ۴۰ میلی‌مولار باعث کاهش ۲۲ درصدی سطح برگ نسبت به شاهد گردید. در حالی که در همین غلظت شوری، کاربرد اسید سالیسیلیک در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش سطح برگ تا اندازه شاهد گردید (جدول ۱). در پژوهش‌های پیشین نیز تأثیر منفی شوری بر میزان سطح برگ به اثبات رسیده است. به طور مثال، کویتگن و پاولزیک (۱۸)، سعید و همکاران (۲۸) و نیز اورسینی و همکاران (۲۶) نشان دادند که تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار سطح برگ در توت‌فرنگی می‌شود. بیات و همکاران (۳) نشان دادند که محلول‌پاشی برگ‌گی اسید سالیسیلیک در غلظت ۲ میلی‌مولار باعث افزایش سطح برگ در شرایط شوری در گل همیشه‌بهار می‌گردد که با نتایج این پژوهش همسویی دارد. این اثر مثبت اسید سالیسیلیک را می‌توان به افزایش متابولیسم CO₂ و میزان فتوسنتز نسبت داد (۱۰، ۱۱ و ۱۳).

تنش شوری در غلظت ۴۰ میلی‌مولار باعث کاهش معنی‌دار میزان سطح و وزن ویژه برگ نسبت به شاهد گردید، به گونه‌ای

جدول ۱. تأثیر شوری و اسید سالیسیلیک و برهمکنش آن‌ها بر سطح برگ، سطح ویژه برگ و وزن ویژه برگ توت‌فرنگی

میانگین	سالیسیلیک اسید (میلی‌گرم در لیتر)				شوری (میلی‌مولار)
	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۰	
سطح برگ (cm ²)					
۱۳۵/۴۲A	۱۳۱/۸۷ab	۱۵۳/۳۷a	۱۳۱/۷۷ab	۱۲۴/۷۰b-d	۰
۱۱۳/۲۰B	۱۰۳/۶۷cd	۱۱۳/۷۲b-d	۱۲۷/۵۱abc	۱۰۷/۹۳b-d	۲۰
۱۰۹/۳۰B	۱۱۱/۹۳b-d	۱۲۴/۶۳b-d	۱۰۳/۲۶cd	۹۷/۲۷d	۴۰
	۱۱۵/۸۲AB	۱۳۰/۵۷A	۱۲۰/۸۵AB	۱۰۹/۹۷B	میانگین
سطح ویژه برگ (cm ² /g)					
۱۵۶/۶۲A	۱۶۶/۱۰a	۱۵۰/۲۰a-c	۱۵۱/۹۵a-c	۱۵۸/۳ab	۰
۱۴۳/۷۳B	۱۴۲/۴۰bc	۱۴۷/۳۱bc	۱۴۴/۳۵bc	۱۴۰/۹۰bc	۲۰
۱۴۲/۲۰B	۱۳۷/۱۵c	۱۴۶/۲۱bc	۱۳۹/۵۰c	۱۴۶/۰۰bc	۴۰
	۱۴۸/۵۴A	۱۴۷/۹۰A	۱۴۵/۲۵A	۱۴۸/۴۰A	میانگین
وزن ویژه برگ (g/cm ²)					
۰/۰۰۷A	۰/۰۰۷۳a	۰/۰۰۷۲ab	۰/۰۰۶۸ab	۰/۰۰۶۸ab	۰
۰/۰۰۷A	۰/۰۰۷۱ab	۰/۰۰۶۹ab	۰/۰۰۶۸abc	۰/۰۰۶۷abc	۲۰
۰/۰۰۶B	۰/۰۰۶۰c	۰/۰۰۶۶abc	۰/۰۰۶۶abc	۰/۰۰۶۴bc	۴۰
	۰/۰۰۷A	۰/۰۰۷A	۰/۰۰۷A	۰/۰۰۷A	میانگین

در هر ردیف و هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک (حروف کوچک برای برهمکنش‌ها و حروف بزرگ برای اثرهای اصلی) هستند در سطح ۵٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

(۱۱)

تنش کلرید سدیم باعث کاهش وزن‌تر و خشک شاخساره و همچنین وزن خشک ریشه‌ها شد. کاربرد اسید سالیسیلیک به‌طور معنی‌داری باعث افزایش وزن‌تر و خشک شاخساره و همچنین وزن‌تر ریشه‌ها شد. برهمکنش بین شوری و اسید سالیسیلیک هم‌روندی مشابه داشت (جدول ۲). تأثیر منفی شوری در کاهش وزن‌تر و خشک شاخساره در توت‌فرنگی (۱۳)، گل همیشه‌بهار (۴)، اطلسی (۸) و ذرت (۱۹) به اثبات رسیده است. کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک در شرایط شوری باعث افزایش وزن‌تر شاخساره در توت‌فرنگی (۱۰، ۱۱ و ۱۳)، گل همیشه‌بهار (۳) و اسفناج (۷) گردید. این اثر مثبت اسید سالیسیلیک را می‌توان به افزایش میزان فتوسنتز، تولید ماده خشک و نیز جذب بیشتر مواد معدنی توسط گیاه

که در این غلظت، سطح ویژه برگ به میزان ۹٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش یافته است. کاربرد اسید سالیسیلیک تأثیر معنی‌داری بر شاخص سطح ویژه برگ نداشته است (جدول ۱). اثر منفی شوری بر سطح ویژه برگ در پژوهش‌های پیشین نیز به اثبات رسیده است. در توت‌فرنگی رقم "السانتا" با کاربرد کلرید سدیم در محیط کشت، شاخص سطح ویژه برگ کاهش یافت (۲۸). نتایج مشابهی در باره اثر تنش شوری بر وزن ویژه برگ به وسیله کویتگن و پاولزیک (۱۸) در توت‌فرنگی رقم "السانتا" و "کورونا" گزارش شده است. کمتر بودن کاهش میزان سطح و وزن ویژه برگ در نمونه‌هایی که با اسید سالیسیلیک تیمار شده‌اند را می‌توان به افزایش ماده خشک در واحد سطح برگ آن‌ها نسبت داد که آن هم به دلیل تأثیر مثبت این هورمون بر متابولیسم و فتوسنتز گیاه در شرایط شور یا غیر شور می‌باشد.

جدول ۲. تأثیر شوری و اسید سالیسیلیک و برهمکنش آن‌ها بر وزن تر و خشک ریشه و شاخساره توت‌فرنگی

شوری (میلی‌مولار)	سالیسیلیک اسید (میلی‌گرم در لیتر)				میانگین
	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۰	
وزن تر شاخساره (گرم)					
۰	۳۲/۸۳a-d	۴۰/۱۰a-c	۳۵/۳۶a-d	۴۴/۵۰a	۳۸/۲۰A
۲۰	۲۷/۱۰cd	۳۸/۱۴a-d	۳۰/۹۰b-d	۴۱/۸۰ab	۳۴/۴۶A
۴۰	۲۶/۸۰cd	۲۶/۵۰cd	۲۶/۳۰d	۲۶/۵۰d	۲۶/۵۰B
میانگین	۲۸/۹۰B	۳۵/۰۰AB	۳۰/۹۰AB	۳۷/۵۰A	
وزن خشک شاخساره (گرم)					
۰	۷/۸۲a-c	۹/۳۲ab	۷/۸۴a-c	۱۰/۸۰a	۹/۰۰A
۲۰	۵/۶۰c	۹/۰۰ab	۷/۳۰bc	۹/۳۰ab	۷/۸۰AB
۴۰	۶/۵۰bc	۶/۴۰bc	۶/۸۰bc	۵/۹۰c	۶/۴۰B
میانگین	۶/۶۵B	۸/۲۴AB	۷/۳۱AB	۸/۶۲A	
وزن تر ریشه (گرم)					
۰	۲۳/۲۵ab	۳۰/۷۰ab	۲۴/۴۰ab	۳۳/۱۷ab	۲۷/۸۶A
۲۰	۱۹/۰۰b	۲۱/۳۱ab	۳۵/۴۰a	۳۱/۶۵ab	۲۶/۸۳A
۴۰	۲۰/۴۰b	۱۹/۳۵b	۲۷/۶۷ab	۲۵/۶۳ab	۲۳/۲۶A
میانگین	۲۰/۸۹C	۲۳/۸۰A-C	۲۹/۱۴AB	۳۰/۱۵A	
وزن خشک ریشه (گرم)					
۰	۴/۵۴ab	۶/۳۴a	۴/۷۱ab	۵/۳۰ab	۵/۲۳A
۲۰	۳/۷۰b	۳/۸۵b	۵/۵۵ab	۵/۴۴ab	۴/۶۳AB
۴۰	۳/۵۵b	۳/۴۵b	۴/۵۰ab	۳/۱۴b	۳/۶۶B
میانگین	۳/۹۰A	۴/۵۴A	۴/۹۱A	۴/۶۲A	

در هر ردیف و هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک حروف کوچک برای برهمکنش‌ها و حروف بزرگ برای اثرهای اصلی) هستند در سطح ۵٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

نهایت افزایش رشد را به دنبال داشت (۲۹). این اثر اسید سالیسیلیک بر تقسیم سلولی می‌تواند یکی از مکانیسم‌هایی باشد که نه تنها باعث کاهش آسیب‌های ناشی از شوری می‌گردد، بلکه ادامه فرایند رشد گیاه را پس از مواجهه با تنش، تسریع می‌بخشد.

در غلظت ۴۰ میلی‌مولار نمک، تعداد گل‌های بوته حدود ۲۷٪ کاهش یافت. تعداد گل‌آذین‌ها هم همین روند کاهشی را نشان دادند. کاربرد اسید سالیسیلیک در غلظت‌های مختلف باعث افزایش تعداد گل و گل‌آذین نسبت به شاهد شد. بیشترین

نسبت داد (۳۲). کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در شرایط شوری می‌گردد. این آنزیم‌ها که به‌عنوان رفتگر گونه‌های فعال اکسیژن عمل می‌کنند، می‌توانند تحمل گیاهان توت‌فرنگی را نسبت به تنش شوری افزایش دهند و در نتیجه باعث بهبود رشد در شرایط شوری گردند، که نتیجه آن افزایش در وزن تر و خشک شاخساره است (۳). تیمار گیاهان گندم در شرایط شوری با اسید سالیسیلیک باعث افزایش تقسیم سلولی در مرستم انتهایی ریشه و افزایش شاخص میتوزی شد که در

جدول ۳. تأثیر شوری و اسید سالیسیلیک و برهمکنش آن‌ها بر تعداد گل در بوته، تعداد گل آذین در بوته، طول و قطر میوه توت‌فرنگی

میانگین	سالیسیلیک اسید (میلی‌گرم در لیتر)				شوری (میلی‌مولار)
	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۰	
تعداد گل در بوته					
۲۹/۷۰A	۲۸/۰۰a-c	۳۱/۵۰a	۳۰/۰۰ab	۲۹/۲۵ab	۰
۲۲/۹۰B	۲۲/۷۵b-d	۲۲/۷۵b-d	۲۶/۲۵a-d	۱۹/۷۵d	۲۰
۲۱/۵۶B	۲۰/۲۵d	۲۹/۵۰ab	۲۱/۰۰cd	۱۵/۵۰e	۴۰
	۲۳/۷۰AB	۲۸/۰۰A	۲۵/۷۵AB	۲۱/۵۰B	میانگین
تعداد گل آذین در بوته					
۶/۹۴A	۷/۰۰abc	۸/۷۵a	۶/۷۵a-d	۶/۰۰b-d	۰
۶/۴۴AB	۵/۷۵b-d	۸/۰۰ab	۵/۷۵b-d	۵/۵۰cd	۲۰
۵/۵۶B	۶/۰۰b-d	۶/۰۰b-d	۵/۷۵b-d	۴/۵۰d	۴۰
	۶/۲۵AB	۷/۵۸A	۶/۰۸B	۵/۳۳B	میانگین
میانگین طول میوه (میلی متر)					
۳۴/۴۱A	۳۴/۳۰ab	۳۶/۵۰a	۳۲/۵۴a-c	۳۴/۳۴ab	۰
۳۱/۹۰B	۳۲/۶۳a-c	۳۲/۸۵a-c	۳۰/۶۴bc	۳۱/۵۰a-c	۲۰
۳۰/۹۹B	۳۳/۸۰a-c	۳۳/۰۳a-c	۲۹/۲۰c	۲۷/۹۸c	۴۰
	۳۳/۶۰AB	۳۴/۱۱A	۳۰/۸۰B	۳۱/۳AB	میانگین
قطر میوه (میلی متر)					
۲۹/۹۶A	۲۸/۴۴ab	۲۹/۸۵ab	۳۰/۴۳ab	۳۱/۱۱a	۰
۳۰/۱۱A	۲۹/۰۵ab	۳۱/۵۴a	۳۰/۱۰ab	۲۹/۷۴ab	۲۰
۲۸/۷۳A	۲۹/۱۴ab	۲۹/۶۴ab	۲۷/۳۰b	۲۸/۸۲ab	۴۰
	۲۸/۹۰A	۳۰/۳۴A	۲۹/۳۰A	۲۹/۸۰A	میانگین

در هر ردیف و هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک (حروف کوچک برای برهمکنش‌ها و حروف بزرگ برای اثرهای اصلی) هستند در سطح ۵٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

عوامل کلات‌ساز می‌توانند باعث انگیزش گل‌دهی شوند (۳۰). همچنین، نتایج نشان داد که تنش شوری در غلظت ۴۰ میلی‌مولار نمک باعث کاهش میانگین طول و قطر میوه شده است. اگر چه این کاهش در مورد قطر میوه‌ها معنی‌دار نبوده است. کاربرد اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر توانست از اثر منفی شوری بر طول میوه کم کند (جدول ۳). از آنجایی که اسید سالیسیلیک باعث بهبود تعداد فندقه در شرایط شوری گردید. بنابراین، انتظار می‌رود که طول میوه نیز در تیمارهای اسید سالیسیلیک بیشتر باشد.

تعداد گل آذین (۸/۷۵) در تیمار ۲۰ میلی‌مولار نمک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک بود (جدول ۳). گزارش شده که اسید سالیسیلیک به عنوان عامل محرک گل‌دهی در گونه‌های مختلف روزکوتاه و روزبلند *Lemna gibba* می‌باشد (۶). کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش تعداد گل در توت‌فرنگی (۱۰) و (۱۱) و سویا (۲۰) گردید. افزایش گل‌دهی توسط اسید سالیسیلیک را می‌توان به فعالیت فلوریژنی جزء بنزوئیک اسید آن نسبت داد و نیز این که گروه O-hydroxyl در آن باعث ایجاد فعالیت کلات‌سازی فلزی بر بنزوئیک اسید می‌شود و

جدول ۴. تأثیر شوری و اسید سالیسیلیک و برهمکنش آن‌ها بر وزن میوه، تعداد فندقه و عملکرد توت‌فرنگی

میانگین	سالیسیلیک اسید (میلی‌گرم در لیتر)				شوری (میلی‌مولار)
	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۰	
میانگین وزن میوه (گرم)					
۱۴/۶۰A	۱۲/۲۴bc	۱۸/۰۳a	۱۴/۲۴a-c	۱۳/۹a-c	۰
۱۳/۵۳AB	۱۳/۶۳a-c	۱۶/۴۰ab	۱۳/۶۶a-c	۱۰/۴۴c	۲۰
۱۱/۹۳B	۱۱/۸۰bc	۱۲/۹۰bc	۱۳/۳۶a-c	۹/۸c	۴۰
	۱۲/۵۹B	۱۵/۸۰A	۱۳/۷۶AB	۱۱/۳۶B	میانگین
تعداد فندقه					
۳۲۱/۲۳A	۲۹۶/۵۰b-d	۳۹۴/۴۳a	۳۰۹/۰۲bc	۲۸۵/۰۰b-d	۰
۲۸۳/۱۲B	۲۸۲/۰۰b-d	۳۰۶/۰۰b-d	۲۸۴/۰۰b-d	۲۶۰/۵۰de	۲۰
۲۶۰/۳۵B	۲۶۵/۰۰c-e	۳۱۸/۴۰b	۲۳۱/۵۰e	۲۲۶/۵۰e	۴۰
	۲۸۱/۱۶B	۳۳۹/۶۱A	۲۷۴/۸۴B	۲۵۷/۳۳B	میانگین
عملکرد تک بوته (گرم)					
۱۱۲/۶۰A	۱۰۷/۳۳a-c	۱۳۲/۹۱a	۱۰۹/۸۳a-c	۱۰۰/۳۶a-c	۰
۱۰۱/۷۱AB	۱۰۲/۵۵a-c	۱۲۳/۹۵ab	۹۶/۷۳bc	۸۳/۶۰c	۲۰
۹۰/۵۴B	۹۸/۷۰a-c	۹۹/۱۸a-c	۸۷/۰۹c	۷۷/۱۹c	۴۰
	۱۰۲/۸۶AB	۱۱۸/۶۸A	۹۷/۸۸B	۸۷/۰۵B	میانگین

در هر ردیف و هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک (حروف کوچک برای برهمکنش‌ها و حروف بزرگ برای اثرهای اصلی) هستند در سطح ۵٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

و نیز کاهش فتوسنتز، که باعث کاهش تولید ماده خشک در گیاه می‌گردد، می‌تواند یکی از دلایل کاهش وزن میوه در شرایط شوری باشد.

تنش شوری به‌طور معنی‌داری باعث کاهش عملکرد گیاه در یک دوره ۴۵ روزه شده است، به‌گونه‌ای که در غلظت ۴۰ میلی‌مولار نمک حدود ۲۰٪ کاهش عملکرد مشاهده شد. از نظر اثر اصلی، کاربرد اسید سالیسیلیک توانست اثر منفی شوری بر کاهش عملکرد را کاهش دهد و تمام غلظت‌های به کار رفته توانستند نسبت به شاهد باعث افزایش عملکرد شوند؛ هرچند فقط غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر آن دارای تفاوت معنی‌دار با شاهد بود. در برهمکنش بین تیمارهای مختلف، بیشترین میزان عملکرد در تیمار شاهد شوری و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک به دست آمد که به میزان ۳۲٪ بیشتر از تیمار شاهد بود. به‌طورکلی، از نظر عملکرد، غلظت‌های ۲۰۰ و ۳۰۰

نتایج بیانگر این است که تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن میوه و تعداد فندقه‌ها شد، به‌گونه‌ای که در تیمار ۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، وزن میوه حدود ۱۸٪ از تیمار شاهد کمتر بوده است. اسید سالیسیلیک توانست به میزان قابل توجهی این اثر منفی شوری را کاهش دهد. تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک توانست به میزان ۴۰٪ وزن میوه را نسبت به حالت شاهد (بدون اسید سالیسیلیک) افزایش دهد (جدول ۴). پژوهش‌های پیشین نتایج مشابهی در مورد توت‌فرنگی گزارش کرده‌اند (۱۴، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۲۸). از آنجایی که رشد میوه توت‌فرنگی به‌شدت وابسته به هورمون اکسین است که از فندقه‌ها تولید شده و باعث رشد نهج زیرین آن‌ها می‌گردد، بنابراین روشن است که با افزایش تعداد فندقه، وزن میوه و اندازه آن افزایش می‌یابد. کاهش تعداد فندقه در شرایط شوری به علت تأثیر منفی شوری بر تندش دانه‌گرد و رشد لوله‌گردد

جدول ۵. تأثیر شوری و اسید سالیسیلیک و برهمکنش آن‌ها بر مواد جامد محلول، ویتامین ث و اسیدیته توت‌فرنگی

میانگین	سالیسیلیک اسید (میلی‌گرم در لیتر)				شوری (میلی‌مولار)
	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۰	
میزان مواد جامد محلول (%)					
۷/۵۳A	۷/۸۰ab	۶/۷۵b	۷/۲۷ab	۸/۲۷a	۰
۷/۴۵A	۷/۷۷ab	۷/۰۵ab	۶/۸۰b	۸/۱۵ab	۲۰
۷/۰۰A	۶/۷۰b	۶/۹۷ab	۶/۸۲ab	۷/۱۲ab	۴۰
	۷/۴۲AB	۶/۹۲B	۶/۹۷B	۷/۸۵A	میانگین
میزان ویتامین ث (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه)					
۶۴/۳۱A	۷۰/۰۵ab	۷۲/۳۰a	۵۹/۹۰b-d	۵۵/۰۰d	۰
۶۲/۷۵A	۵۹/۳۴b-d	۶۸/۰۰a-c	۶۳/۳۴a-d	۶۰/۳۴b-d	۲۰
۶۰/۴۳A	۶۰/۶۱d	۷۰/۲۲ab	۵۶/۴۵cd	۶۲/۶۰a-d	۴۰
	۶۰/۶۲B	۷۰/۱۸A	۵۹/۹۰B	۵۹/۳۲B	میانگین
اسیدیته (%)					
۱/۲۲A	۱/۰۵b	۱/۴۹a	۱/۲۲ab	۱/۱۱b	۰
۱/۱۳AB	۰/۹۸b	۱/۳۱ab	۱/۱۷ab	۱/۰۶b	۲۰
۱/۰۰B	۰/۹۴b	۱/۰۸b	۰/۹۷b	۰/۹۵b	۴۰
	۱/۰۰B	۱/۳A	۱/۱۲AB	۱/۰۴B	میانگین

در هر ردیف و هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک (حروف کوچک برای برهمکنش‌ها و حروف بزرگ برای اثرهای اصلی) هستند در سطح ۵٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

تنش شوری باعث کاهش میزان مواد جامد محلول شده است؛ هرچند که این کاهش معنی‌دار نبوده است. همچنین، میزان ویتامین ث و درصد اسیدیته میوه نیز در اثر شوری کاهش یافت. کاربرد اسید سالیسیلیک به‌تنهایی، یا در برهمکنش با شوری، از شدت اثر تنش بر این ویژگی‌های کیفی میوه کاست (جدول ۵). در پژوهش‌های پیشین نیز نتایج مشابهی در توت‌فرنگی به اثبات رسیده است (۱۶ و ۲۸). در پژوهشی که توسط جمالیان و همکاران (۱۲) روی توت‌فرنگی انجام شد، تنش شوری باعث کاهش محتوای ویتامین ث گردید؛ که مشابه نتایج به‌دست آمده در این پژوهش می‌باشد. شاید یکی از دلایل افزایش ویتامین ث یا مواد جامد محلول در تیمارهای اسید سالیسیلیک دسترسی بیشتر به ذخایر کربوهیدراتی و رشد و نمو بهتر میوه باشد که باعث تجمع مقادیر بیشتری از ویتامین ث و مواد جامد محلول در میوه می‌گردد.

میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک بهترین اثرها را داشتند (جدول ۴). در پژوهش‌های پیشین نیز تأثیر منفی شوری بر کاهش عملکرد توت‌فرنگی به اثبات رسیده است (۱۲، ۱۶، ۲۵، ۲۶ و ۲۸). کاربرد اسید سالیسیلیک در توت‌فرنگی رقم پاجرو باعث افزایش عملکرد گیاه گردید (۱۰ و ۱۱). همچنین، تیمار بذر گندم با اسید سالیسیلیک باعث افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش شوری گردید (۳۱). افزایش تعداد گل و گل‌آذین در تیمار با اسید سالیسیلیک در شرایط شوری یکی از دلایل افزایش عملکرد گیاهان توت‌فرنگی در شرایط تنش است. از آنجایی که کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش سیستم ریشه و در نتیجه افزایش جذب آب و مواد معدنی می‌شود و نیز با افزایش در میزان فعالیت فتوسنتزی گیاه باعث تولید بیشتر کربوهیدرات توسط گیاه می‌گردد، می‌تواند باعث افزایش عملکرد گیاه در شرایط تنش گردد.

نتیجه‌گیری

تحت تأثیر منفی تنش قرار گرفتند. تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک توانستند به‌طور معنی‌داری اثر منفی شوری بر گیاه را کاهش دهند و در بین غلظت‌های مختلف مورد استفاده، غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بهترین اثر را داشت.

تنش شوری یکی از فاکتورهایی است که بر تمامی متابولیسم‌های گیاه اثر می‌گذارد. بنا بر نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، تنش شوری باعث کاهش رشد توت‌فرنگی گردید. با افزایش غلظت نمک، بیشتر ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه

منابع مورد استفاده

- Awang, Y.B., J.G. Atherton and A.J. Taylor. 1993. Salinity effects on strawberry plants grown in rockwool.1. Growth and leaf relations. J. Hort. Sci. 68: 783-790.
- Barroso, M.C. and C.E. Alvarez. 1997. Toxicity symptoms and tolerance of strawberry to salinity in the irrigation water. Sci. Hort. 71: 177-188.
- Bayat, H., M. Alirezaie and H. Neamati. 2012. Impact of exogenous salicylic acid on growth and ornamental characteristics of calendula (*Calendula officinalis* L.) under salinity stress. J. Stress Physiol. Biochem. 8: 258-267.
- Chaparzadeh, N., M. D'Amico, R. Khavari-Nejad, R. Izzo and F. Navari-Izzo. 2004. Antioxidative responses of *Calendula officinalis* under salinity conditions. Plant Physiol. Biochem. 42: 695-701.
- Chartzoulakis, K. and G. Klapaki. 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. Sci. Hort. 86: 247-260.
- Cleland, C.F. and A. Ajami. 1974. Identification of the flower-inducing factor isolated from aphid honeydew as being salicylic acid. Plant Physiol. 54: 904-906.
- Eraslan, F., A. Inal, D.J. Pilbeam and A. Gunes. 2008. Interactive effects of salicylic acid and silicon on oxidative damage and antioxidant activity in spinach (*Spinacia oleracea* L. cv. Matador) grown under boron toxicity and salinity. Plant Growth Regul. 55: 207-219.
- Fornes, F., R.M. Belda, C. Carrión, V. Noguera, P. Agustin and M. Abad. 2007. Pre-conditioning ornamental plants to drought by means of saline water irrigation as related to salinity tolerance. Sci. Hort. 113: 52-59.
- Hayat, Q., S. Hayat, M. Irfan and A. Ahmad. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment. Environ. Exp. Bot. 68: 14-25.
- Jamali B., S. Eshghi and E. Tafazoli. 2011. Vegetative and reproductive growth of strawberry plants cv. 'Pajaro' affected by salicylic acid and nickel. J. Agric. Sci. Technol. 13: 895-904.
- Jamali, B., S. Eshghi and E. Tafazoli. 2013. Vegetative growth, yield, fruit quality and fruit and leaf composition of strawberry cv. 'Pajaro' as influenced by salicylic acid and nickel sprays. J. Plant Nutr. 36: 1043-1055.
- Jamalian S., A. Tehranifar, E. Tafazoli, S. Eshghi and Gh.H. Davarynejad. 2008. Paclobutrazol application ameliorates the negative effect of salt stress on reproductive growth, yield, and fruit quality of strawberry plants. Hort. Environ. Biotech. 49(4): 1-6.
- Karlidag, H., E. Yildirim and M. Turan. 2009. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.). 66: 180-187.
- Kaya, C., H. Kirnak, D. Higgs and K. Saltati. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. Sci. Hort. 26: 807-820.
- Kaya C., H. Kirnak and D. Higgs. 2001. Enhancement of growth and normal growth parameters by foliar application of potassium and phosphorus in tomato cultivars grown at high (NaCl) salinity. J. Plant Nutr. 24: 357-367.
- Keutgen, A. and E. Pawelzik. 2007. Modifications of taste-relevant compounds in strawberry fruit under NaCl salinity. Food Chem. 105: 1487-1494.
- Keutgen, A. and E. Pawelzik. 2008. Contribution of amino acids to strawberry fruit quality and their relevance as stress indicators under NaCl salinity. Food Chem. 111: 642-647.
- Keutgen, A. and E. Pawelzik. 2009. Impacts of NaCl stress on plant growth and mineral nutrient assimilation in two cultivars of strawberry. Environ. Exp. Bot. 65: 170-176.
- Khodary, S.E.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. Int. J. Agric. Biol. 6(1): 5-8.
- Kumar, P., S.D. Dube and V.S. Chauhan. 1999. Effect of salicylic acid on growth, development and some biochemical aspects of soybean (*Glycine max* L. Merrill). Ind. J. Plant Physiol. 4: 327-330.

21. Levitt, J. 1980. Response of Plant to Environmental Stresses. Vol. II, Water Relation, Salt and Other Stresses. Academic Press, New York, 697 p.
22. Marcelis, L.F.M. and J. Van Hooijdonk. 1999. Effect of salinity on growth, water use and nutrient use in radish (*Raphanus sativus* L.). Plant Soil 215: 57-64.
23. Meloni, D.A., M.A. Oliva, H.A. Ruiz and C.A. Martinez. 2001. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. J. Plant Nutr. 24: 599-612.
24. Mohammad, M., R. Shibli, M. Ajouni and L. Nimri. 1998. Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. J. Plant Nutr. 21: 1667-1680.
25. Ondrasek, G., D. Romic, M. Romic, B. Duralija and I. Mustac. 2006. Strawberry growth and yield in a saline environment. Agric. Conspec. Sci. 71(4): 156-158.
26. Orsini, F., M. Alnayef, S. Bona, A. Maggio and G. Gianquinto. 2012. Low stomatal density and reduced transpiration facilitate strawberry adaptation to salinity. Environ. Exp. Bot. 81: 1-10.
27. Parida, A.K. and A.B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. Ecotoxicol. Environ. Safety, 60: 324-349.
28. Saied, A.S., A. J. Keutgen and G. Noga. 2005. The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs. 'Elsanta' and 'Korona'. Sci. Hort. 103: 289-303.
29. Sakhabutdinova, A.R., D.R. Fatkhutdinova and F.M. Shakirova. 2004. Effect of salicylic acid on the activity of antioxidant enzymes in wheat under conditions of salination. Appl. Biochem. Microbiol. 40: 501-505.
30. Seth, P.N., R. Venkatarman and S.C. Maheshwari. 1970. Studies on the growth and flowering of a short-day plant, *Wolffia microscopica*. II. Role of metal ions and chelates. Planta 90: 349-59.
31. Shakirova, F.M., A.R. Sakhabutdinova, M.V. Bezrukova, R.A. Fatkhutdinova and D.R. Fatkhutdinova. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Sci. 164: 317-322.
32. Szepesi, A., J. Csiszar, K. Gemes, E. Horvath, F. Horvath, M. Simon and I. Tari. 2009. Salicylic acid improves acclimation to salt stress by stimulating abscisic aldehyde oxidase activity and abscisic acid accumulation, and increases Na⁺ content in leaves without toxicity symptoms in *Solanum lycopersicum* L. J. Plant Physiol. 166: 914-925.
33. Ting, S.U. and L. Russeff. 1981. Citrus Fruit and Their Products Analysis Technology. Marcel Dekker, Inc., New York, USA, pp. 124-142.
34. Tohma, O. and A. Esitken. 2011. Response of salt stressed strawberry plants to foliar salicylic acid pre-treatments. J. Plant Nutr. 34: 590-599.
35. Wang, Y. and N. Nil. 2000. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. J. Hort. Sci. Biotech. 75: 623-627.