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

سعید عشقی[1*]، سمیه محرمی[1] و بابک جمالی[1]

(تاریخ دریافت:۱۳۹۳/۱/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۸)
DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.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 به‌صورت محلول‌پاشی) بر این گیاه مورد بررسی قرار گرفت. نشاهای ریشه‌دار در گلدان‌های پلاستیکی ۳ لیتری حاوی محیط کشت پرلایت و کوکوپیت (۱:۱) در گلخانه کشت شدند. دمای روز و شب به ترتیب ۳±۲۳ و ۳±۱۵ 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 وزن‌تر و خشک شاخساره و ریشه‌ها گردید. همچنین، شوری باعث کاهش ویتامین ث میوه‌ها شد. محلول‌پاشی 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

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 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

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

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 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، پرولین، پروتئین و کلروفیل برگ‌ها داشته باشد.

کشور ایران به‌دلیل 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 شوره‌زار 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 خنک کنندهٔ 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

ترتیب ۳±۲۳ و ۳±۱۵ 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 (P_2O_5) ۲۰، پتاسیم (K_2O) 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+۳۶-۱۲-۱۲) 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 ۵-۴ 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 آبشویی 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 برگی) انجام گرفت. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و دارای ۱۲ تیمار (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 ساخت انگلستان) تعیین شد. سپس، میانگین هر تکرار مورد بررسی قرار گرفت.

وزن و سطح ویژه برگ: این دو، عکس همدیگرند. ابتدا، ۱۰ دیسک برگی، هر یک به مساحت ۱ سانتی‌متر مربع، از هر تکرار تهیه شد. آن‌گاه، دیسک‌ها در آون ۷۰ ^{o}C 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] ۱۰ / وزن خشک دیسک برگی = (g/cm^2) وزن ویژه برگ

[۲] وزن خشک دیسک برگی /۱۰ = (cm^2/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 ۷۰ ^{o}C 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

میانگین آن‌ها به‌دست 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 دیجیتال اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به‌دست 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 به‌عنوان 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 تیتر کردن لازم بود (محلول تیترانت) و همین طور 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 ململ کاملاً صاف شده بود با ۵ میلی‌لیتر محلول تثبیت کننده متافسفریک اسید مخلوط شد. این محلول توسط ایندوفنول تیتر شد تا زمانی که تغییر رنگ آب میوه به آجری مشاهده گردید. سپس، از رابطه زیر برای تعیین میزان ویتامین ث استفاده شد:

Vit C (mg/100ml fruit juice) = Current Volume ×F×40 [۳]

که F میلی‌گرم آسکوربیک اسید معادل میلی‌لیتر ایندوفنول است.

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

TA=[ml (NaOH) × N (NaOH) × Acid meq.factor/ml juice titrated]×100 [۴]

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 به‌وسیله آزمون دانکن در سطح ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که شوری باعث کاهش سطح برگ شده، به‌طوری که با افزایش غلظت کلرید سدیم از صفر به ۴۰ میلی‌مولار، شاخص سطح برگ به‌طور 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 برگی 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 CO_2 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

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

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.

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 به‌دلیل تأثیر مثبت این هورمون بر متابولیسم و فتوسنتز گیاه در شرایط شور یا غیر شور می‌باشد (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 هم روندی 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

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

شوری	سالیسیلیک اسید (میلی‌گرم در لیتر)				میانگین
(میلی‌مولار)	۰	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	
وزن‌تر شاخساره (گرم)					
۰	۳۲/۸۳a-d	۳۵/۳۶a-d	۴۰/۱۰a-c	۴۴/۵۰a	۳۸/۲۰A
۲۰	۲۷/۱۰cd	۳۰/۹۰b-d	۳۸/۱۴a-d	۴۱/۸۰ab	۳۴/۴۶A
۴۰	۲۶/۸۰cd	۲۶/۳۰d	۲۶/۵۰cd	۲۶/۵۰d	۲۶/۵۰B
میانگین	۲۸/۹۰B	۳۰/۹۰AB	۳۵/۰۰AB	۳۷/۵۰A	
وزن خشک شاخساره (گرم)					
۰	۷/۸۲a-c	۷/۸۴a-c	۹/۳۲ab	۱۰/۸۰a	۹/۰۰A
۲۰	۵/۶۰c	۷/۳۰bc	۹/۰۰ab	۹/۳۰ab	۷/۸۰AB
۴۰	۶/۵۰bc	۶/۸۰bc	۶/۴۰bc	۵/۹۰c	۶/۴۰B
میانگین	۶/۶۵B	۷/۳۱AB	۸/۲۴AB	۸/۶۲A	
وزن‌تر 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.

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 وزن‌تر و خشک شاخساره است (۳). تیمار گیاهان گندم در شرایط شوری با اسید سالیسیلیک باعث افزایش تقسیم سلولی در مریستم انتهایی ریشه و افزایش شاخص میتوزی شد که در 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

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

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

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.

تعداد گل‌آذین (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 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.

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

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

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.

نتایج بیانگر این است که تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن میوه و تعداد قندقه‌ها شد، به‌گونه‌ای که در تیمار۴۰ 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 نهنج 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 دانه گرده و رشد لوله گرده 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 به‌دست آمد که به میزان ۳۲٪ بیشتر از تیمار شاهد بود. به‌طورکلی، از نظر عملکرد، غلظت‌های ۲۰۰ و ۳۰۰

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

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

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.

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.

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.

نتیجه‌گیری

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 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.

منابع مورد استفاده

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Chartzoulakis, K. and G. Klapaki. 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. Sci. Hort. 86: 247-260.
6. 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.
7. 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.
8. Fornes, F., R.M. Belda, C. Carrio´n, 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.
9. Hayat, Q., S. Hayat, M. Irfan and A. Ahmad. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment. Environ. Exp. Bot. 68: 14-25.
10. 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.
11. Jamali, B., S. Eshghi and E. Tafazoli. 2013. Vegetative growth, yield, fruit quality and fruit and leaf composition of strwberry cv. 'Pajaro' as influenced by salicylic acid and nickel sprays. J. Plant Nutr. 36: 1043-1055.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. Keutgen, A. and E. Pawelzik. 2007. Modifications of taste-relevant compounds in strawberry fruit under NaCl salinity. Food Chem. 105: 1487-1494.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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 bisphosphate carboxylase-oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. J. Hort. Sci. Biotech. 75: 623-627.