Archive of SID

مقایسه اثر تیمارهای اسید سالیسیلیک و نانو-اسیدسالیسیلیک در کاهش اثرات تنش شوری در میوه توت‌فرنگی رقم "کاماروزا"

یونس نعمتی‌میرک[۱]، اورنگ خادمی*[۲]، ایمان روح‌اللهی[۲]، عبدالامیر بستانی[۳] و ناصر کریمی[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۷)

چکیده

توت‌فرنگی یکی از مهم‌ترین محصولات مناطق معتدله است که به تنش شوری خیلی حساس است. با توجه به شور شدن منابع آب و خاک، امروزه اصلی‌ترین هدف در تولید توت‌فرنگی غلبه بر اثرات زیانبار تنش شوری می‌باشد. به منظور کاهش اثرات تنش شوری روی میوه توت‌فرنگی رقم کاماروزا، تأثیرتیمارهای اسیدسالیسیلیک و نانو-اسیدسالیسیلیک، به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار و در شرایط هیدروپونیک بررسی شد. شوری کلریدسدیم در سه غلظت صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار و تیمارها در سه سطح شاهد (آب)، اسید سالیسیلیک (۱ میلی‌مولار) و نانو-اسیدسالیسیلیک (۱ میلی‌مولار) اعمال شدند. نتایج نشان داد که اعمال تیمارهای کلریدسدیم شاخص‌های رشدی مانند طول شاخساره، وزن تر شاخساره، وزن تر ریشه و کلروفیل برگ و شاخص‌های کمی و کیفی میوه شامل عملکرد بوته، وزن میوه، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و اسیدیته قابل تیتراسیون را کاهش ولی مقدار آنتوسیانین و سدیم میوه را نسبت به شاهد افزایش داد. تیمارهای اسیدسالیسیلیک و نانو اسیدسالیسیلیک اثرات تنش شوری را تعدیل نموده و جذب سدیم توسط میوه را کاهش دادند. بر اساس نتایج پژوهش حاضر تیمار نانو - اسیدسالیسیلیک موثرتر از تیمار اسیدسالیسیلیک اثرات تنش شوری در توت‌فرنگی رقم کاماروزا را کاهش داد.

کلمات کلیدی: توت‌فرنگی، عملکرد، کلریدسدیم، کیفیت، نانو ذرات

۱- دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران
۲ - استادیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران
۳- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران
۴- دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه رازی، کرمانشاه
* پست الکترونیک:o.khademi@shahed.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria×ananassa* Duch) یکی از مهمترین میوه‌های دانه ریز مناطق معتدله می‌باشد که به صورت طبیعی و یا در اثر دورگ‌گیری‌های انجام شده، ارقام متعددی از آن در بخش‌های مختلفی از جهان بوجود آمده و در شرایط اقلیمی مختلفی پرورش داده می‌شوند (جلیلی مرندی، ۱۳۸۸). میوه توت‌فرنگی نافرازگرا بوده و بیشترین استفاده را هم به صورت تازه‌خوری و هم به صورت فرآوری شده دارد (دولده[1] و همکاران، ۲۰۱۳ و روباردس[2] و همکاران، ۱۹۹۹). مصرف توت‌فرنگی بر سلامت انسان بسیار موثر بوده و غنی از ویتامین C، اسید فولیک و منگنز می‌باشد. توت‌فرنگی همچنین با دارا بودن آنتوسیانین فراوان، تانن‌های قابل هیدرولیز و ترکیبات فنولیکی از اهمیت غذایی بالایی برخوردار است (گیامپیری[3] و همکاران، ۲۰۱۲).

در کشور ایران پس از خشکی بزرگترین تنش غیرزنده، وجود شوری در اراضی کشاورزی است (پوراحمدی[4] و همکاران، ۲۰۱۹). شوری به حضور بیش از اندازه‌ای نمک‌های قابل حل و عناصر معدنی در محلول خاک گفته می‌شود که منجر به تجمع نمک در ناحیه ریشه شده و بدین دلیل گیاه در جذب آب کافی از محلول خاک با مشکل روبرو می‌شود (پوراحمدی و همکاران، ۲۰۱۹ و شانون و گریو[5]، ۱۹۹۹). به عبارت بهتر، شوری در اثر غلظت‌های بالایی از یون سدیم و یون کلراید در بخش‌های محلول خاک بوجود می‌آید که منجر به ایجاد شرایط یونی و اسمزی نامناسب در خاک می‌گردد (اسماعیل[6] و همکاران، ۲۰۱۴). توت فرنگی نیز از جمله گیاهان حساس به شوری می‌باشد و تنش شوری اثرات منفی در این گیاه بوجود می‌آورد. در اثر تنش شوری به علت آسیب وارده به رنگدانه‌های فتوسنتزی، سرعت فتوسنتز کمتر شده و هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد (زاهدی[7] و همکاران، ۲۰۱۹). تنش شوری در توت‌فرنگی مستقیماً رشد، مقدار کلروفیل و جذب عناصر غذایی توسط گیاه را تحت تأثیر قرار داده و در نتیجه عملکرد کاهش می‌یابد (کارلی‌داغ[8] و همکاران، ۲۰۰۹). هر ساله کشورها مبالغ قابل توجهی را برای جبران کاهش تولید محصولات کشاورزی در اثر تنش‌های غیرزنده هزینه می‌کنند (ماهاجان و توتجا[9]، ۲۰۰۵). در این میان استفاده از هر تیماری که بتواند تنش‌های ناشی از شوری را تقلیل یا از بین ببرد اهمیت زیادی دارد.

اسیدسالیسیلیک (۲-هیدروکسی بنزوئیک اسید) یک ترکیب فنلی است که از جمله تنظیم کننده‌های رشد آندوژن گیاهان محسوب می‌شود. اسیدسالیسیلیک در بیشتر قسمت‌های گیاه حضور داشته و شماری از فرایندها را در گیاه تنظیم و نقش مهمی در مسیر انتقال سیگنال‌ها ایفا می‌کند (راسکین[10]، ۱۹۹۲). پژوهشگران برای کاهش اثرات تنش‌های غیرزنده از تیمار اسیدسالیسیلیک استفاده می‌کنند (کارلی‌داغ و همکاران، ۲۰۰۹). نشان داده شده است که اسیدسالیسیلیک یک مولکول سیگنالی مهم برای کنترل و تنظیم پاسخ‌های گیاهان به تنش‌های محیطی می‌باشد (ون‌بریوسگم[11] و همکاران، ۲۰۰۱). گزارش شده است که اسیدسالیسیلیک اثرات منفی ناشی از تنش شوری را در گیاهان از بین برده یا کاهش می‌دهد (توهما و استیکن[12]، ۲۰۰۱). در شرایط تنش شوری به دلیل کاهش جذب عناصر غذایی، گیاهان با کمبود این عناصر مواجه می‌گردند. یلدریم[13]و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد اسیدسالیسیلیک جذب یون سدیم را به حداقل رسانده ولی غلظت یون‌های پتاسیم، کلسیم، منیزیوم، آهن، منگنز، مس، فسفر، نیتروژن و گوگرد را در بافت‌های بسیاری از گونه‌های گیاهی افزایش می‌دهد.

واژه نانو به ابعادی از یک ماده در اندازه 10^{-9} اطلاق می‌شود (واراد و دوتا[14]، ۲۰۰۵). فناوری نانو امروزه به صورت گسترده‌ای در کشاورزی استفاده می‌گردد (آنتون[15] و همکاران، ۲۰۰۸). نانو این اجازه را به دانشمندان می‌دهد که یک ماده را در ابعاد اتمی یا مولکولی دستکاری نموده و بر حسب اهداف خود از آن استفاده نمایند. همچنین، این فناوری محققان را قادر می‌سازد که رابطه بین ویژگی‌های

1. De Velde
2. Robards
3. Giampieri
4. Pourahmadi
5. Shannon and Grieve
6. Ismail
7. Zahedi
8. Karlidag
9. Mahajan and Tuteja
10. Raskin
11. Van Breusegem
12. Tohma and Esitken
13. Yildirim
14. Warad and Dutta
15. Anton

www.SID.ir

Archive of SID

ماکروسکوپی و ساختمان مولکولی در ساختارهای بیولوژیکی گیاهان را درک نمایند (کولزر و اوریت[1]، ۲۰۰۴). معمولا در اعمال تیمارها دیواره سلولی گیاهان به عنوان مانعی برای ورود هر ماده خارجی به داخل سلول‌های گیاهی عمل می‌نماید که این امر کارایی تیمارها را کاهش می‌دهد. مواد در ابعاد نانو با قطری کمتر از قطر منافذ دیواره سلولی می‌تواند به آسانی از این منافذ عبور نمایند و به غشای پلاسمایی برسند. بدیهی است که هر چقدر اندازه ذرات در درون گیاه کوچکتر باشد شرکت آنها در متابولیسم‌های مختلف نیز آسان‌تر و بهتر خواهد بود (ناوارو[2] و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به افزایش جمعیت‌های انسانی و افزایش نیاز به محصولات باغبانی لزوم استفاده وسیع و گسترده از فناوری نانو به دلیل کارایی بهتر و موثر آن در افزایش کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی ضروری به نظر می‌رسد (موسوی و رضایی[3]، ۲۰۱۱). گزارش‌ها حاکی از آن است که نانو کایتوسان در پس از برداشت میوه توت‌فرنگی استفاده گردیده و نتایج مفیدی داشته است (عشقی[4] و همکاران، ۲۰۱۴). زاهدی و همکاران (۲۰۱۹) نیز گزارش نمودند که محلول‌پاشی توت‌فرنگی با نانوذرات سلنیوم از طریق تنظیم اسمولیت‌های درون سلولی و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مقاومت به تنش شوری کلرید سدیم را افزایش داد.

در این آزمایش به منظور کاهش اثرات تنش شوری ناشی از کلرید سدیم روی میوه توت‌فرنگی رقم کاماروزا، کارایی دو ترکیب اسیدسالیسیلیک و نانو – اسیدسالیسیلیک مورد مقایسه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

کشت گیاهان و اعمال تیمارها

کشت گیاهان و اعمال تیمارها در گلخانه هیدروپونیک موسسه فنی و حرفه‌ای زیبادشت کرج و بررسی خصوصیات کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی در آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت دانشگاه شاهد انجام شد. برای انجام این آزمایش تعداد ۷۲ گلدان پلاستیکی با حجم ۱۰ لیتر با مخلوط ۶۰٪ کوکوپیت و ۴۰٪ پرلایت پر گردید و در داخل هر گلدان تعداد سه عدد بوته توت‌فرنگی رقم کاماروزا کشت گردید. گلدان‌های مورد نظر در چهار ردیف به عنوان چهار بلوک آزمایشی تقسیم‌بندی شدند. در ابتدا به منظور استقرار گیاهان، تمامی گلدان‌ها به مدت یک هفته با محلول غذایی هوگلند تغذیه شدند.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل شوری کلریدسدیم در سه غلظت صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار و فاکتور دوم شامل آب مقطر به عنوان شاهد، اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و نانو - اسیدسالیسیلیک ۱ میلی مولار بود. در هر یک از بلوک‌ها تعداد ۶ گلدان به هر یک از غلظت‌های شوری اختصاص یافت، دو گلدان توسط آب مقطر، دو گلدان توسط اسیدسالیسیلیک یک میلی‌مولار و دو گلدان دیگر نیز توسط نانو- اسیدسالیسیلیک یک میلی مولار تیمار شدند. شوری در محیط ریشه و تیمارها به صورت محلول‌پاشی برگی اعمال شدند. هر یک از تیمارهای شوری پس از استقرار گیاهان همراه با محلول غذایی در محیط ریشه اعمال گردید. در هر روز مقدار ۲۰۰ میلی‌لیتر از محلول غذایی به بوته‌ها داده شد. اولین محلول‌پاشی تیمارهای ضد تنش همزمان با اعمال تیمارهای شوری صورت گرفت. تیمارهای ضد تنش در چهار نوبت به فاصله ۱۵ روز از یکدیگر در طول دوره رشد روی بوته ها اعمال شدند. محلول‌پاشی تا آنجایی اعمال گردید که به صورت قطراتی در حال چکیده شدن از بوته‌ها بود. برای افزایش سطح جذب محلول، از توئین ۲۰ به عنوان مویان استفاده شد.

اسیدسالیسیلیک از شرکت مرک و نانو- اسیدسالیسیلیک سنتز شده از آزمایشگاه شیمی، دانشکده علوم پایه دانشگاه رازی کرمانشاه تهیه شد (سوری[5] و همکاران، ۲۰۱۷).

اندازه‌گیری شاخص‌ها

پس از استقرار کامل بوته‌ها تا اتمام مراحل پرورش توت فرنگی، به صورت منظم از بوته‌ها بازدید به عمل آمد و وزن میوه‌های رسیده با ترازوی دیجیتالی توزین و به منظور محاسبه عملکرد بوته یادداشت گردید. در زمان اوج باردهی (حدود سه ماه پس از کشت)، میوه‌های توت‌فرنگی چیده شده و بوته‌های مورد آزمایش از بستر کشت جدا گردیده و سریعا به آزمایشگاه منتقل شدند. طول شاخساره، وزن تر و

1. Kulzer and Orrit
2. Navarro
3. Mousavi and Rezaie
4. Eshghi
5. Souri

www.SID.ir

Archive of SID

درصد وزن خشک شاخساره، طول ریشه، وزن تر و درصد وزن خشک ریشه و مقدار کلروفیل برگ به عنوان شاخص‌های رویشی اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری درصد وزن خشک، نمونه به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد درون آون خشک شده و سپس توزین شدند.

برای اندازه‌گیری کلروفیل مقدار ۰/۲ گرم از بافت برگی با ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد توسط هاون چینی همگن گردید و سپس محلول حاصل در ۱۰۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. در نهایت میزان جذب محلول در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتری توسط دستگاه اسپکتروفتومتری قرائت و مقدار کلروفیل کل با استفاده از فرمول زیر بدست آمد (لیچنتالر و بوسشمن[1]، ۲۰۱۱).

کلروفیل کل = {۲۰/۲ (جذب در۶۴۵ نانومتر) +۸/۰۲ (جذب در ۶۶۳ نانومتر)}×V/(1000×W)

در این فرمول، V حجم نمونه و W وزن تر نمونه می‌باشد.

میوه‌های هر بوته پس از شمارش و توزین (برای محاسبه عملکرد بوته) به سه بخش تقسیم شدند، یک بخش عصاره گیری شده و برای اندازه‌گیری مقدار مواد جامد محلول و درصد اسید قابل تیتر اختصاص یافت، بخش دوم توسط ازت مایع فریز شده و برای اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی اختصاص یافت و بخش سوم پس از خشک شدن در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، برای اندازه‌گیری سدیم میوه اختصاص یافت.

مقدار مواد جامد محلول میوه توسط دستگاه رفرکتومتر دستی (مدل Otago Manual) قرائت گردید و داده‌های حاصله بر حسب درجه بریکس گزارش شدند. برای اندازه‌گیری درصد اسیدیته قابل تیتراسیون مقدار پنج 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 تیتر شد. بر مبنای مقدار سود مصرفی و بر اساس غالبیت اسیدسیتریک درصد اسید قابل تیتر میوه‌ها محاسبه شد (آزودانلو[2] و همکاران، ۲۰۰۳).

برای اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین میوه، مقدار 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٪) همگن گردید. هموژن حاصل با استفاده از دستگاه سانترفیوژ (مدل Sigma 3-30-k) در ۱۰۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴°C سانتریفیوژ گردیده و سپس محلول رویی جمع‌آوری و جذب آن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Perkin elmer-lambda) در طول موج ۵۴۰ نانومتر قرائت گردید (دولده و همکاران، ۲۰۱۳).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه از طریق خاصیت خنثی کنندگی رادیکال آزاد DPPH تعیین گردید. برای این منظور، مقدار یک گرم از بافت میوه منجمد در ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰٪ در درون هاون چینی همگن شده و سپس هموژن حاصل در ۱۰۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه و در چهار درجه سانتی‌گراد سانترفیوژ گردید. محلول رویی جمع‌آوری و به ۲۰ میکرولیتر از محلول رویی دو میلی‌لیتر محلول DPPH یک میلی‌مولار اضافه شد. محلول حاصل به مدت ۴۵ دقیقه در تاریکی به منظور رسیدن به حالت یکنواخت قرار گرفت و سپس میزان جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت شد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها براساس فرمول زیر محاسبه شد (دولده و همکاران، ۲۰۱۳).

درصد بازدارندگی = (1-(میزان جذب نمونه/ میزان DPPH)) × 100 ((جذب محلول اولیه

برای اندازه‌گیری سدیم دو گرم از پودر میوه خشک شده در کوره الکتریکی قرار داده شد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک یک میلی‌مولار به خاکستر حاصل اضافه شده و حرارت داده شد. محتویات حاصل پس از عبور از صافی رقیق شده و مقدار عنصر سدیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی و بر مبنای نمودار استاندارد سدیم در غلظت‌های مختلف محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌ها پس از بررسی نرمال بودن با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (ver: 9.3) تجزیه شده و برای مقایسه اختلاف بین میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار LSD[3] در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

1. Lichtenthaler and Buschmann
2. Azodanlou
3 . Least Significant Difference

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

طول شاخساره

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر کلریدسدیم و تیمارها در سطح احتمال ۱٪ و اثر برهمکنش بین کلریدسدیم و تیمارها در سطح ۵٪ بر طول شاخساره معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با اعمال تنش‌های شوری کلریدسدیم در هر دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار طول شاخساره در مقایسه با غلظت صفر میلی‌مولار به طور معنی‌داری کاهش یافت. اثر بازدارندگی کلریدسدیم ۵۰ میلی‌مولار بیشتر از اثر کلریدسدیم ۲۵ میلی‌مولار در کاهش طول شاخساره بود (نمودار ۱). نتایج برهمکنش بین کلریدسدیم و تیمارها نشان داد که در غلظت صفر میلی‌مولار کلریدسدیم طول شاخساره نمونه‌های تیمار شده با نانو- اسیدسالیسیلیک به طور معنی‌دار بیشتر از طول شاخساره نمونه‌های شاهد بود در حالی که بین نمونه‌های تیمار اسیدسالیسیلیک و شاهد اختلاف معنی‌داری از نظر طول شاخساره مشاهده نشد. در کلریدسدیم ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار نمونه‌های هر دو تیمار اسیدسالیسیلیک و نانو-اسیدسالیسیلیک، بدون اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر، دارای طول شاخساره بیشتری از نمونه‌های شاهد بودند (نمودار ۱).

بیات[1] و همکاران (۲۰۱۲) با کاربرد کلریدسدیم در غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار بر گل همیشه بهار نشان دادند که طول شاخساره در اثر تیمارهای شوری نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد، که با کاربرد برگساره‌ای اسیدسالیسیلیک در غلظت‌های یک و دو میلی‌مولار طول شاخساره به صورت معنی‌داری نسبت به گیاهان تحت تنش بیشتر شد. این نتایج با نتایج حاضر مطابقت داشت.

کاهش رشد گیاه در شرایط تنش شوری به علت جذب بیش از حد کلریدسدیم در بافت‌ها و همچنین در اطراف ریشه می‌باشد که منجر به افزایش پتانسیل اسمزی و کاهش جذب آب توسط گیاه و کاهش آب بافت‌ها می‌گردد که از این رو منجر به عدم طویل شدن سلول‌ها می‌شود. دلیل دیگر کاهش رشد در اثر تنش کلریدسدیم به ایجاد سمیت ناشی از مقدار بالای کلر و سدیم در سلول نسبت داده می‌شود. اسیدسالیسیلیک ممانعت از رشد را که توسط کلرید سدیم القاء شده است، کاهش می‌دهد (کایا[2] و همکاران، ۲۰۰۳). اسیدسالیسیلیک یکی از مواد اصلی ترکیبات فنلی در گیاهان می‌باشد و ترکیبات فنلی نیز با فعالیت اکسین‌ها که عامل بزرگ شدن و طویل شدن سلول‌ها در گیاهان هستند، هم سو عمل می نمایند (گرامبو و لانگنبک-شویچ[3]، ۱۹۸۳).

وزن تر و خشک شاخساره

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر کلریدسدیم در سطح احتمال ۵٪ و اثر تیمارهای اسید سالیسیلیک در سطح احتمال ۱٪ بر وزن تر شاخساره معنی‌دار بود. ولی اثر برهمکنش بین کلریدسدیم و تیمارها بر وزن تر شاخساره معنی‌دار نبود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها کلریدسدیم ۵۰ میلی‌مولار، موجب کاهش معنی‌دار وزن تر شاخساره در مقایسه با کلریدسدیم صفر میلی‌مولار شد، ولی تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های کلریدسدیم ۲۵ میلی‌مولار و صفر میلی‌مولار از نظر وزن تر شاخساره مشاهده نشد (جدول ۲). در این شرایط اعمال تیمارهای اسیدسالیسیلیک و نانو- اسیدسالیسیلیک منجر به افزایش وزن تر شاخساره در مقایسه با شاهد گردید. اختلاف معنی‌داری نیز بین دو تیمار اسیدسالیسیلیک و نانو- اسیدسالیسیلیک از نظر وزن تر شاخساره مشاهده نشد (جدول ۳).

کارلی‌داغ و همکاران (۲۰۰۹) با کاربرد کلریدسدیم در غلظت‌های صفر و ۳۵ میلی‌مولار روی توت‌فرنگی نشان دادند که در کلریدسدیم ۳۵ میلی‌مولار وزن تر شاخساره نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد و در این شرایط کاربرد اسیدسالیسیلیک در غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار از کاهش وزن شاخساره به صورت معنی‌داری ممانعت نمود که با یافته‌های این آزمایش انطباق دارد. در شرایط شوری در اثر انتقال یون‌های سمی به اندام‌های هوایی گیاه، انتقال مواد غذایی لازم جهت رشد گیاه دچار نقصان می‌شود و ماده جدید ساخته نمی‌شود و در نتیجه رشد محدود می‌شود (کیم[4] و همکاران، ۲۰۰۶).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر تیمار بر وزن خشک شاخساره در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود ولی اثر کلریدسدیم و همچنین اثر برهمکنش بین کلریدسدیم و

1. Bayat
2. Kaya
3. Grambow and Langenbeck-Schwich
4. Kim

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس آزمایش اثر تیمارهای اسیدسالیسیلیک و نانو- اسیدسالیسیلیک بر روی توت‌فرنگی تحت تنش شوری کلریدسدیم

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات												
		طول شاخساره	وزن تر شاخساره	وزن خشک شاخساره	طول ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	کلروفیل کل	عملکرد یوته	وزن میوه	مواد جامد محلول	اسید قایل تیتر	مقدار آنتوسیانین	ظرفیت آنتی اکسیدان	مقدار سدیم
یلوک	۳	۴/۶۷ns	۵۰/۹۳*	۵/۸۸**	۴/۱۲ns	۳/۵۲ns	۰/۹۱ns	۰/۰۱۴ns	۱۵۸۴/۵۱*	۰/۴۳ns	۰/۲۳ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۴ns	۱۱/۰۷ns	۱۸۸۴ns
کلریدسدیم	۲	۳۴/۰۸**	۳۷/۳۹*	۲/۳۱ns	۸/۳۶ns	۳۴/۴۵**	۱/۷۷ns	۰/۰۸**	۱۵۲۸۵/۰۸**	۲۳/۲۱**	۰/۰۷ ns	۰/۳ **	۰/۸۷ **	۲۸۸/۹ **	۳۹۱۲۷**
تیمار اسید سالیسیلیک	۲	۸۸/۱۴**	۳۲۸/۱۲**	۳۵/۵۲**	۴۲/۲۳*	۴۷/۴۹**	۵/۱۵*	۰/۸۵**	۱۵۸۸۴/۰۸**	۷۷/۹۲**	۱۵/۸۹**	۰/۲۶**	۱/۲۱**	۳۰۶/۶**	۱۹۷۸**
کلریدسدیم*تیمار اسید سالیسیلیک	۴	۸/۲۵*	۱۰/۶ns	۲/۲۶ns	۶/۸۶ns	۱۲/۴۴ns	۱/۴ns	۰/۱**	۱۵۸۵/۶۴ns	۷/۷۲ns	۰/۸۴**	۰/۰۴ns	۰/۱۵ ns	۵۷/۳۷ ns	۴۷۶ ns
خطای آزمایش	۲۴	۲/۲۶	۱۴/۶۱	۰/۹۷	۸/۴۱	۵/۷۱	۰/۹۲	۰/۰۱	۳۵۸/۰۰۰۵	۲/۹۱	۰/۱۶	۰/۰۰۴	۰/۰۹	۳۴/۶۵	۱۹۰
ضریب تغییرات (درصد)	--	۶/۳	۷/۵۵	۶/۲۱	۱۱/۸۴	۱۳/۴۷	۱۰/۱۱	۱۰/۸۴	۱۳/۳۵	۱۶/۵۱	۸/۰۵	۶/۱۴	۲۱/۰۹	۱۸/۲۱	۹/۲۱

ns * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۲- اثر سطوح مختلف شوری کلرید سدیم بر خصوصیات رویشی و کیفی و کمی میوه توت فرنگی

کلرید سدیم (میلی‌گرم بر لیتر)	وزن تر شاخساره (gr)	وزن تر ریشه (gr)	عملکرد تک یوته (gr)	وزن میوه (gr)	اسید قایل تیتر (٪)	مقدار آنتوسیانین (جذب در ۵۴۰ نانومتر)	ظرفیت آنتی‌اکسیدان (%)	مقدار سدیم (mg/100gr)
صفر	۵۲/۲۴ a	۱۸/۳۱ a	۱۷۶/۶۷ a	۱۱/۸۹ a	۱/۱۲ a	۱/۱۳ b	۳۳/۹۱ a	۱۰۲/۷۳ c
۲۵	۵۰/۸۹ ab	۱۹/۰۷ a	۱۳۰/۱۳ b	۹/۹۱ b	۱/۰۹ a	۱/۴۸ a	۳۵/۵۱ a	۱۴۹/۳۹ b
۵۰	۴۸/۷۴ b	۱۵/۸۳ b	۱۱۸/۱۳ b	۹/۲۱ b	۰/۸۳ b	۱/۶۷ a	۲۷/۴۸ b	۲۰۱/۵۸ a

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر در سطح ۵٪ آزمون LSD ندارند

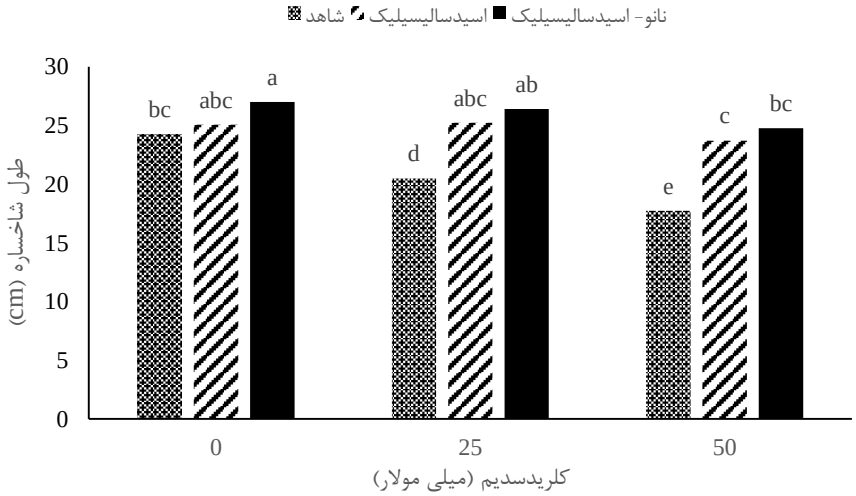
جدول ۳- اثر تیمارهای اسیدسالیسیلیک و نانو- اسیدسالیسیلیک بر خصوصیات رویشی و کیفی و کمی میوه توت فرنگی

تیمار	وزن تر شاخساره (gr)	درصد وزن خشک شاخساره (gr)	طول ریشه (cm)	وزن تر ریشه (gr)	درصد وزن خشک ریشه (gr)	عملکرد تک یوته (gr)	وزن میوه (gr)	اسید قایل تیتر (%)	مقدار آنتوسیانین (جذب در ۵۴۰ نانومتر)	ظرفیت آنتی-اکسیدان (%)	مقدار سدیم (mg/100gr)
شاهد	۴۴/۷ b	۱۳/۹۶ c	۲۲/۳۵ b	۱۵/۶۴ b	۸/۷۹ b	۸۹/۵۷ c	۷/۴۵ b	۰/۸۵ c	۱/۰۷ b	۲۸/۱۳ b	۱۶۶/۹ a
اسید سالیسیلیک	۵۲/۵۸ a	۱۶/۳۶ b	۲۵/۳۵ a	۱۷/۹۷ a	۱۰/۰۷ a	۱۵۷/۰۸ b	۱۱/۸۱ a	۱/۰۵ b	۱/۶۷ a	۲۸/۸۷ b	۱۵۱/۳۱ b
نانو- سالیسیلیک	۵۴/۵۹ a	۱۷/۲۹ a	۲۵/۸ a	۱۹/۶ a	۹/۶۷ a	۱۷۳/۱۸ a	۱۲/۳۲ a	۱/۱۳ a	۱/۵۵ a	۳۹/۱۵ a	۱۳۵/۵۱ c

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر در سطح ۵٪ آزمون LSD ندارند

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۱- اثر برهمکنش بین کلریدسدیم و تیمارهای اسیدسالیسیلیک و نانو- اسیدسالیسیلیک بر طول شاخساره بوته توت‌فرنگی رقم کاماروزا. میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند.

تیمارها بر وزن خشک شاخساره معنی‌دار نبود. با اعمال تیمارهای اسیدسالیسیلیک و نانو-اسیدسالیسیلیک، وزن خشک شاخساره در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت. تیمار نانو-اسیدسالیسیلیک دارای تأثیر بیشتری از اسیدسالیسیلیک در افزایش وزن خشک شاخساره بود (جدول ۳).

نشان داده شده است که اسیدسالیسیلیک تأثیر مثبتی در افزایش آسمیلاسیون CO_2 و نرخ فتوسنتز و همچنین افزایش جذب عناصر غذایی داشته که در نتیجه موجب افزایش رشد و وزن گیاه می‌شود (کیم و همکاران، ۲۰۰۶).

طول ریشه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر تیمارهای اسید سالسیلیک در سطح احتمال ۵٪ بر طول ریشه معنی‌دار بود، ولی اثر کلریدسدیم و همچنین اثر برهمکنش بین کلریدسدیم بر طول ریشه معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد نمونه‌های هر دو تیمار اسیدسالیسیلیک و نانو-اسیدسالیسیلیک دارای طول ریشه بیشتری در مقایسه با شاهد بودند. اختلاف معنی‌داری نیز بین نمونه‌های تیمارهای اسیدسالیسیلیک و نانو-اسیدسالیسیلیک از نظر طول ریشه مشاهده نشد (جدول ۳).

کاظمی [1](۲۰۱۳) با کاربرد اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۰/۲۵، ۰/۵، و ۰/۷۵میلی مولار به صورت محلول‌پاشی بر روی توت فرنگی رقم سلوا نشان داد که در غلظت‌های فوق طول ریشه نسبت به شاهد به صورت معنی‌داری، افزایش یافت که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد. اسیدسالیسیلیک با داشتن اثرات شبیه به اکسین در رشد سلول و تقسیم آن دخالت دارد که در این بین اسیدسالیسیلیک بیشتر اثرات تحریک کنندگی را بر عهده دارد. با این حال به طور دقیق‌تر مکانیزم آن شناخته شده نیست (کلینگ و مئیر[2]، ۱۹۸۳).

وزن تر و خشک ریشه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر کلریدسدیم و همچنین اثر تیمارهای محلول‌پاشی بر وزن تر ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود، ولی اثر برهمکنش بین کلریدسدیم و تیمارها بر وزن تر ریشه معنی‌دار نبود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، کلریدسدیم ۵۰ میلی‌مولار منجر به کاهش معنی‌داری وزن تر ریشه در مقایسه با کلریدسدیم صفر میلی‌مولار شد، در حالی که اختلاف معنی‌داری بین کلریدسدیم ۲۵ میلی‌مولار و صفر میلی‌مولار از نظر وزن تر ریشه مشاهده نشد. تیمارهای اسیدسالیسیلیک و نانو- اسیدسالیسیلیک منجر به افزایش معنی‌دار وزن تر ریشه در مقایسه با شاهد شدند و اختلاف معنی‌داری نیز بین آنها از این نظر مشاهده نشد (جدول ۳).

1. Kazemi

2. Kling and Meyer

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) همچنین نشان داد تنها اثر تیمارهای محلول‌پاشی در سطح احتمال ۵٪ بر درصد وزن خشک ریشه معنی‌دار بود، ولی اثر کلریدسدیم و اثر برهمکنش بین کلریدسدیم و تیمارهای محلول‌پاشی معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با اعمال طالبی[1] و همکاران (۲۰۱۲) با کاربرد اسیدسالیسیلیک بر روی گیاه گاوزبان ایرانی تحت شرایط تنش شوری نشان دادند که اعمال تیمار اسیدسالیسیلیک در غلظت ۱۲۵ پی‌پی‌ام به صورت معنی‌داری وزن تر ریشه را در حضور کلریدسدیم افزایش داد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت. اسیدسالیسیلیک نقش کلیدی در افزایش سیستم دفاعی در تنش‌های شوری ایفا می‌کند، که منجر به افزایش رشد و افزایش توده زیستی گیاهان تحت تنش شوری می‌گردد. این افزایش می‌تواند ناشی از افزایش در فتوسنتز و یا افزایش جذب عناصر غذایی باشد (قریب[2]، ۲۰۰۷). بیات و همکاران (۲۰۱۲)، با اعمال تیمارهای اسیدسالیسیلیک، در سطوح صفر، یک و دو میلی‌مولار، بر محیط رشد گیاه فلفل نشان دادند که وزن خشک ریشه به صورت معنی داری افزایش یافت. بیشترین افزایش نیز در غلظت دو میلی‌مولار مشاهده شد.

کلروفیل برگ

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر کلرید سدیم، تیمارهای محلول‌پاشی و برهمکنش بین کلریدسدیم و تیمارهای محلول‌پاشی بر مقدار کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با اعمال کلریدسدیم در هر دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار، مقدار کلروفیل برگ نسبت به غلظت صفر میلی‌مولار کاهش نشان داد. بدون تیمار شوری اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای اسیدسالیسیلیک و نانو- اسیدسالیسیلیک با شاهد از نظر مقدار کلروفیل مشاهده نشد، ولی در کلریدسدیم ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار نمونه‌های هر دو تیمار اسیدسالیسیلیک و نانو-اسیدسالیسیلیک دارای مقدار کلروفیل بیشتری در مقایسه با نمونه‌های شاهد بودند (نمودار ۲).

مشابه با نتایج این پژوهش، جمالی[3] و همکاران (۲۰۱۵) با اعمال کلریدسدیم در غلظت ۴۰ میلی‌مولار در محیط کشت توت‌فرنگی رقم کاماروزا، مشاهده کردند که کلریدسدیم منجر به کاهش معنی‌داری غلظت کلروفیل نسبت به تیمارهای اسید سالیسیلیک و نانو-اسید سالیسیلیک بوته‌های توت‌فرنگی به طور معنی‌داری، دارای وزن خشک ریشه بیشتری نسبت به شاهد بودند. اختلاف معنی‌داری نیز بین این تیمارها در افزایش وزن خشک ریشه مشاهده نشد (جدول ۳).

بوته‌های شاهد شد و کاربرد تیمارهای اسیدسالیسیلیک در غلظت‌های ۰/۵ و یک میلی‌مولار، منجر به افزایش معنی داری کلروفیل در شرایط تنش شوری شدند. کاهش در غلظت کلروفیل در شرایط تنش شوری در سایر گیاهان نیز مشاهده شده است و به عنوان شاخص حساسیت متابولیسم سلولی در قبال تنش شوری در نظر گرفته می‌شود (پوراحمدی و همکاران، ۲۰۱۹). اسیدسالیسیلیک قابلیت جلوگیری از تخریب کلروفیل یا به تأخیر انداختن این روند در گیاهان تحت تنش را بر عهده دارد. در واقع اسید سالیسیلیک منجر به پایداری کلروفیل، نرخ فتوسنتز و کربوکسیلاسون در گیاهان می‌شود. ولی اینکه اسید سالیسیلیک منجر به افزایش سنتز کلروفیل در شرایط تنش شوری می‌شود نامعلوم می‌باشد (فریدودین[4] و همکاران، ۲۰۰۳).

عملکرد تک بوته

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر کلریدسدیم و تیمارهای محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱٪ بر عملکرد تک بوته معنی‌دار شد، ولی اثر برهمکنش بین کلریدسدیم و تیمارها بر آن معنی‌دار نشد. طبق نتایج مقایسه میانگین، با اعمال کلریدسدیم در هر دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی مولار، عملکرد بوته توت‌فرنگی در مقایسه با غلظت صفر میلی‌مولار کاهش یافت (جدول ۲). در همین حال کاربرد هر دو تیمار اسیدسالیسیلیک و نانو-اسیدسالیسیلیک موجب افزایش معنی‌دار عملکرد بوته توت‌فرنگی در مقایسه با شاهد شد. اختلاف معنی‌داری نیز بین تیمارهای اسیدسالیسیلیک و نانو-اسیدسالیسیلیک از نظر افزایش عملکرد بوته مشاهده شد و عملکرد بوته‌های تیمار شده با نانو- اسیدسالیسیلیک بیشتر بود (جدول ۳).

نتایج پژوهش‌های دیگر نشان داده است که افزایش کلرید سدیم در بسترهای کشت توت‌فرنگی، از طریق کاهش تعداد

1. Talebi
2. Gharib
3. Jamali
4. Fariduddin

www.SID.ir

Archive of SID

گل‌های کامل و کاهش تشکیل میوه، منجر به کاهش عملکرد توت‌فرنگی می‌گردد (گراتن[1] و همکاران، ۲۰۰۲). در تحقیقی جمالی و همکاران (۲۰۱۱)، با کاربرد عنصر نیکل و اسیدسالیسیلیک به صورت محلول‌پاشی روی توت فرنگی رقم پاجارو، مشاهده کردند که در غلظت دو میلی مولار اسید سالیسیلیک، عملکرد میوه به صورت معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. اسیدسالیسیلیک با کاهش اثرات تنش شوری تاثیر مثبت در افزایش تشکیل میوه و عملکرد توت‌فرنگی دارد. در این آزمایش دلیل بالاتر بودن عملکرد بوته در تیمار نانو-اسیدسالیسیلیک در مقایسه با تیمار اسیدسالیسیلیک بالاتر بودن تعداد میوه در این تیمار بود (داده‌ها نشان داده نشده است).

وزن میوه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر کلریدسدیم و تیمارهای محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱٪ بر وزن میوه معنی‌دار بود ولی اثر برهمکنش بین کلریدسدیم و تیمارها بر وزن میوه معنی‌دار نبود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد اعمال تیمار کلریدسدیم در هر دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی مولار در مقایسه با غلظت صفر میلی‌مولار منجر به کاهش معنی‌دار وزن میوه شد (جدول ۲). در این شرایط کاربرد تیمارهای اسیدسالیسیلیک و نانو-اسیدسالیسیلیک منجر به افزایش معنی‌دار وزن میوه در مقایسه با شاهد شد. هرچند اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای اسیدسالیسیلیک و نانو-اسید سالیسیلیک از نظر وزن میوه مشاهده نشد ولی میوه‌های تیمار نانو- اسیدسالیسیلیک به طور نسبی دارای وزن میوه بیشتری نسبت به میوه‌های تیمار اسید سالیسیلیک بودند (جدول ۳).

یوسفی[2] و همکاران (۲۰۱۱) با اعمال تیمار کلریدسدیم در غلظت‌های صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار در بستر کشت توت‌فرنگی، نشان دادند که با افزایش غلظت کلریدسدیم، وزن میوه‌ها نسبت به شاهد کاهش یافت. کاظمی[3] (۲۰۱۳) نیز با اعمال تیمار ۵-سولفو اسیدسالیسیلیک در غلظت‌های مختلف به صورت محلول‌پاشی بر روی توت‌فرنگی نشان داد که وزن میوه‌ها با افزایش غلظت اسیدسالیسیلیک به صورت معنی‌داری افزایش یافت. تنش شوری از طریق افزایش فشار اسمزی، عدم بالانس یونی و اختلال در جذب عناصر غذایی و نیز کاهش فتوسنتز موجب کاهش وزن میوه‌ها در گیاهان می‌گردد. اسید سالیسیلیک به دلیل تأثیر بر افزایش نرخ خالص فتوسنتز و روابط آب گیاه و از طرف دیگر جذب عناصر غذایی موجب افزایش وزن میوه‌ها می‌گردد (جینگ هوا[4] و همکاران، ۲۰۰۸).

مواد جامد محلول

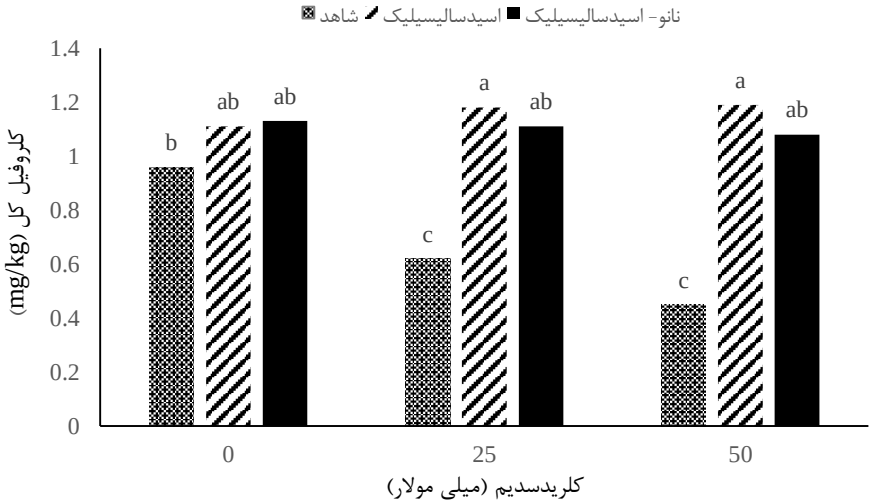
بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر کلریدسدیم بر مقدار مواد جامد محلول معنی‌دار نبود ولی اثر تیمارهای محلول‌پاشی و اثر برهمکنش بین کلریدسدیم و تیمارهای محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که میوه های تیمار شده با اسیدسالیسیلیک و نانو- اسید سالیسیلیک دارای مقدار مواد جامد محلول بیشتری در مقایسه با میوه‌های شاهد بودند، اختلاف معنی‌داری نیز بین نمونه‌های اسید سالیسیلیک و نانو- اسید سالیسیلیک از نظر مقدار مواد جامد محلول مشاهده نشد کمترین مقدار مواد جامد محلول در نمونه‌های شاهد و در شوری کلرید سدیم ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار و بیشترین مقدار آن در نمونه‌های اسیدسالیسیلیک و کلرید سدیم صفر میلی‌مولار مشاهده شد (نمودار ۳).

مشابه با این پژوهش گیورشی[5] و همکاران (۲۰۱۳) با انجام آزمایشی اثر کلریدسدیم ۰/۴ درصد و اسیدسالیسیلیک یک میلی‌مولار را روی میوه توت‌فرنگی بررسی و به این نتیجه رسیدند که در اثر اعمال کلریدسدیم مقدار مواد جامد محلول تفاوتی نسبت به شاهد نشان نداد، ولی با اعمال اسیدسالیسیلیک یک میلی‌مولار مقدار مواد جامد محلول افزایش معنی‌داری نشان داد. کاظمی (۲۰۱۳) نیز نشان داد که محلول‌پاشی ۵-سولفوسالیسیلیک اسید منجر به افزایش مقدار مواد جامد محلول در توت‌فرنگی نسبت به شاهد گردید. به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک فعالیت آنزیم ACC سینتاز را افزایش می‌دهد و با افزایش تولید اتیلن، فعالیت آنزیم سوکروز- فسفات سنتاز افزایش می‌یابد و در نتیجه سبب افزایش مجموع مواد جامد محلول می‌گردد (هوبارد[6] و همکاران، ۱۹۹۱).

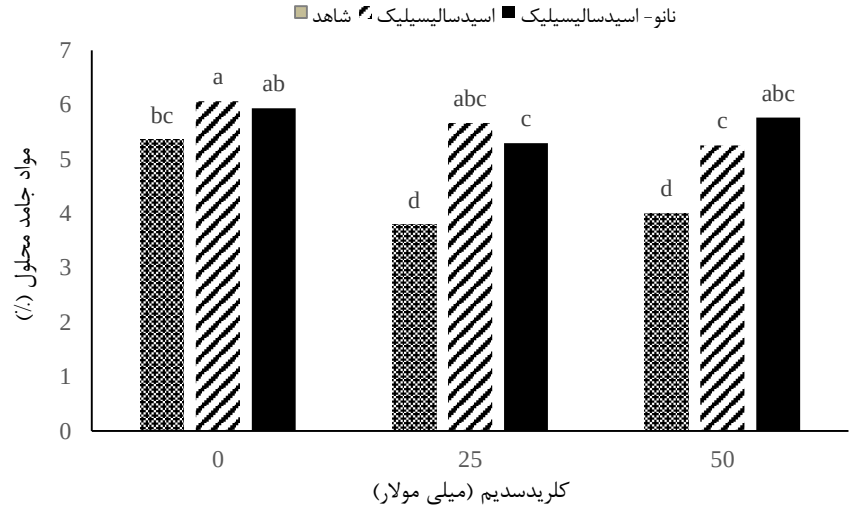
1. Grattan
2. Yusefi
3. Kazemi
4. Jing-Hua
5. Qureshi
6. Hubbard

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۲- اثر برهمکنش بین کلریدسدیم و تیمارهای اسیدسالیسیلیک و نانو- اسیدسالیسیلیک بر کلروفیل برگ توت فرنگی رقم کاماروزا. میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر در سطح ۵٪ آزمون LSD ندارند.



نمودار ۳- اثر برهمکنش بین کلریدسدیم و تیمارهای اسیدسالیسیلیک و نانو-اسیدسالیسیلیک بر مقدار مواد جامد محلول توت‌فرنگی رقم کاماروزا. میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر در سطح ۵٪ آزمون LSD ندارند.

اسیدیته قابل تیتراسیون

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر کلریدسدیم و تیمارهای آزمایش در سطح احتمال ۱٪ بر درصد اسید قابل تیتر معنی‌دار بود ولی اثر برهمکنش بین کلریدسدیم و تیمار بر درصد اسید قابل تیتر معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد با اعمال کلریدسدیم در غلظت۵۰ میلی‌مولار درصد اسید قابل تیتر نمونه‌ها به طور معنی‌داری در مقایسه با غلظت صفر میلی‌مولار کاهش یافت، در حالی که بین کلریدسدیم ۲۵ میلی‌مولار و صفر میلی‌مولار اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). نمونه‌های هر دو تیمار اسیدسالیسیلیک و نانو- اسید سالیسیلیک دارای درصد اسیدیته قابل تیتراسیون بیشتری در مقایسه با نمونه‌های شاهد بودند و در این بین اثر نانو-اسید سالیسیلیک بیشتر از اثر اسیدسالیسیلیک در افزایش درصد اسیدقابل تیتر میوه‌ها بود (جدول ۳).

مشابه با نتایج این آزمایش، یوسفی و همکاران (۲۰۱۱) طی آزمایشی از کلریدسدیم در غلظت‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی

www.SID.ir

Archive of SID

مولار در محیط کشت توت‌فرنگی استفاده نموده و نشان دادند که با افزایش میزان کلریدسدیم، میزان اسیدیته قابل تیتراسیون به صورت معنی‌داری کاهش یافت. صالحی و همکاران (۱۳۹۲) نیز طی تحقیقی با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (غلظت‌های ۲، ۴، ۶ و ۸ میلی‌مولار) روی بوته‌های توت‌فرنگی نشان دادند که مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون در نمونه‌های تیمار شده با اسیدسالیسیلیک نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ نشان داد. در شرایط تنش به دلیل صرف انرژی بیشتر توسط سلول، اسیدهای آلی به عنوان سوبسترای تنفس مصرف می‌شوند و تیمار اسید سالیسیلیک با کاهش اثرات تنش شوری، اسیدآلی درون سلول را حفظ می‌نماید.

آنتوسیانین میوه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر کلریدسدیم و اثر تیمارهای محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱٪ بر مقدار آنتوسیانین میوه معنی‌دار بود ولی اثر بر همکنش بین کلریدسدیم و تیمارها بر آن معنی دار نبود (جدول ۱). اعمال کلریدسدیم در هر دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار منجر به افزایش مقدار آنتوسیانین میوه در مقایسه با غلظت صفر میلی‌مولار شد، اختلاف معنی‌داری نیز بین دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار از نظر مقدار آنتوسیانین مشاهده نشد (جدول ۲). در این شرایط کاربرد تیمارهای اسید سالیسیلیک و نانو-اسیدسالیسیلیک، بدون تفاوت معنی‌دار نسبت به یکدیگر، منجر به افزایش معنی‌دار مقدار آنتوسانین میوه در مقایسه با شاهد شد (جدول ۳).

آنتوسیانین از رنگدانه‌های مفید گیاهی است که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بوده و از مهارکننده‌های رادیکال‌های آزاد در بافت‌های گیاهی می‌باشد. افزایش در مقدار آنتوسیانین در گیاهان تحت تنش شوری، یک نوع مکانیزم دفاعی به حساب می‌آید (پتری‌دیس[1] و همکاران، ۲۰۱۲). جمالی و همکاران (۲۰۱۵) با کاربرد کلریدسدیم در غلظت ۴۰ میلی‌مولار، روی توت‌فرنگی رقم سلوا، مشاهده کردند که غلظت آنتوسیانین میوه در شرایط تنش شوری در مقایسه با شاهد افزایش یافت. همچنین آن‌ها نشان دادند که با کاربرد اسیدسالیسیلیک (در غلظت‌های ۰/۵ و یک میلی مولار) غلظت آنتوسیانین به صورت معنی‌داری افزایش یافت که با یافته‌های این آزمایش منطبق می‌باشد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدان میوه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر کلریدسدیم و اثر تیمارها در سطح احتمال ۱٪ بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه توت‌فرنگی معنی‌دار بود. ولی اثر برهمکنش بین کلریدسدیم و تیمارها بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد، اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های کلریدسدیم ۲۵ میلی‌مولار و صفر میلی‌مولار از نظر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه مشاهده نشد، ولی نمونه‌های کلریدسدیم ۵۰ میلی مولار به طور معنی‌دار دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کمتری در مقایسه با نمونه‌های کلریدسدیم صفر و ۲۵ میلی‌مولار بودند (جدول ۲). نتایج همچنین نشان داد که نمونه‌های تیمار نانو - اسیدسالیسیلیک دارای ظرفیت آنتی اکسیدان بیشتری در مقایسه با نمونه‌های شاهد و تیمار اسیدسالیسیلیک بودند، در حالی که اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های شاهد و اسیدسالیسیلیک از نظر ظرفیت آنتی اکسیدانی مشاهده نشد (جدول ۳).

در آزمایشی دولتی‌بانه[2] و همکاران (۲۰۱۲) بر روی دو رقم انگور، غلظت‌های ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار کلریدسدیم را اعمال و نشان دادند که با افزایش غلظت کلریدسدیم در رقم رشه، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به صورت معنی‌داری افزایش یافت ولی در رقم سارگولا، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در غلظت ۴۰ میلی‌مولار افزایش ولی در غلظت ۸۰ میلی‌مولار و بیشتر کاهش معنی‌داری نشان داد. بنابراین به نظر می‌رسد افزایش یا کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در اثر تنش شوری وابسته به رقم می‌باشد که در آزمایش حاضر اعمال تیمار شوری روی توت‌فرنگی رقم کاماروزا با کاهش ظرفیت آنتی اکسیدانی همراه بود. مشابه با نتایج این آزمایش اثر مثبت تیمار اسیدسالیسیلیک در افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه موز توسط خادمی[3] و همکاران (۲۰۱۹) نشان داده شده است. در واقع اسیدسالیسیلسک موجب افزایش مقدار آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی نظیر ترکیبات فنلی و اسید آسکوربیک می‌گردد. این ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با مکانیسم‌های متعددی مثل جاروب کردن رادیکال‌های آزاد،

1. Petridis

2. Dolati Baneh
3. Khademi

www.SID.ir

Archive of SID

دادن هیدروژن، خاموش کردن اکسیژن یکتایی و یا قرار گرفتن به عنوان سوبسترای آنزیم‌های پراکسیداز نقش آنتی‌اکسیدانی خود را ایفا می‌کنند (چو[1] و همکاران، ۲۰۰۰). نتایج این پژوهش نشان داد اسیدسالیسیلیک در قالب ذرات نانو در افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه توت فرنگی تحت شرایط تنش موثرتر است که این نتایج اثربخشی بیشتری اسیدسالیسیلیک در قالب ذرات نانو را نشان می‌دهد.

مقدار سدیم میوه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر کلریدسدیم و اثر تیمارها در سطح احتمال ۱٪ بر مقدار سدیم میوه معنی دار ولی اثر برهمکنش بین کلریدسدیم و تیمار بر آن غیرمعنی‌دار بود. اعمال تیمار کلریدسدیم در هر دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار موجب افزایش مقدار سدیم میوه در مقایسه با غلظت صفر میلی‌مولار شد. همچنین، مقدار سدیم بافت میوه، در کلریدسدیم ۵۰ میلی‌مولار بیشتر از مقدار آن در کلریدسدیم ۲۵ میلی‌مولار بود. از طرفی تیمارهای اسید سالیسیلیک و نانو-اسیدسالیسیلیک موجب کاهش مقدار سدیم میوه در مقایسه با شاهد شدند، در این بین اثر تیمار نانو-اسیدسالیسیلیک به طور معنی‌داری بیشتر از اثر تیمار اسیدسالیسیلیک در کاهش مقدار سدیم بافت میوه بود (جدول ۳).

در آزمایش مشابهی کارلی‌داغ و همکاران (۲۰۰۹) روی توت‌فرنگی نشان دادند که مقدار سدیم ریشه و برگ در شرایط تنش شوری کلریدسدیم به صورت معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت و در این شرایط با کاربرد اسید سالیسیلیک مقدار سدیم به مقدار معنی‌داری کاهش یافت. در شرایط تنش شوری به علت حلالیت زیاد یون سدیم، جذب و انتقال آن به درون بافت‌های گیاه افزایش می‌یابد و این عامل موجب عدم تعادل یون‌ها در داخل گیاه و ایجاد سمیت می‌گردد. یکسری کانال یونی غیر انتخابی به نام NSCC (Non-selective cation Channels) با ولتاژ ضعیف وجود دارد که به عنوان مسیر اصلی ورود یون سدیم به ریشه در غلظت‌های بالای کلریدسدیم عمل می‌کنند (تیرمن[2] و همکاران، ۱۹۹۷). این کانال دارای دو زیر مجموعه به نام کانال‌های سالیسیلیک نوکلئوتیدها و کانال‌های شبه گیرنده گلوتامات (GLRs) می‌باشند. نشان داده شده است اسیدسالیسیلیک نقش کنترل کننده‌ای بر کانال‌های GLR داشته و بدین طریق کنترل‌کننده ورود یون سدیم و توزیع آن در گیاه می‌باشد (جین و سریوستوا[3]، ۱۹۸۱).

نتیجه‌گیری کلی

توت‌فرنگی از محصولات با ارزش غذایی بالا بوده و طرفداران زیادی دارد. امکان تولید خارج از فصل این محصول، موجب افزایش سرمایه‌گذاری برای تولید آن شده است. در کشور ما با توجه به استعداد و شرایط مناسب آب و هوایی امکان توسعه پرورش این محصول وجود دارد. ولی متأسفانه شور شدن منابع آب مانع بزرگی در راستای توسعه کشت و کار این محصول می‌باشد. بنابراین در تولید توت‌فرنگی می‌بایست از تیمارهای کارآمدی جهت افزایش عملکرد و غلبه بر اثرات مضر شوری استفاده گردد. نتایج بدست آمده از این آزمایش نشان داد، تیمار اسیدسالیسیلیک منجر به افزایش کیفیت و کمیت میوه توت‌فرنگی شده و اثرات زیانبار شوری را کاهش و حتی خنثی نمود. منتهی با توجه به ممانعت‌های موجود در جذب اسیدسالیسیلیک، به نظر می‌رسد نانو اسیدسالیسیلیک با کارایی بیشتری توسط گیاه جذب شده و اثرات بهتری دارد.

منابع

جلیلی‌مرندی، ر. ۱۳۸۸. پرورش میوه‌های مناطق معتدله. انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه. چاپ اول. ۳۶۲ ص.

صالحی، س.، بابالار، م.، تقوی، ت. س. و عسکری‌سرچشمه، م.ع. ۱۳۹۲. اثر تیمار مه‌پاشی اسیدسالیسیلیک بر رشد، عملکرد و صفات کیفی توت‌فرنگی رقم کاماروسا. نشریه علوم باغبانی ایران، ۴۴: ۳۴۹-۳۵۷.

Anton, N., Benoit, J.P. and Saulnier, P. 2008. Design and production of nanoparticles formulated from nano-emulsion templates, a review. Journal of Controlled Release, 128: 185-199.

1. Chu
2. Tyerman
3. Jain and Srivastava

www.SID.ir

Archive of SID

Azodanlou, R., Darbellay, C., Luisier, J.L., Villettaz, J.C. and Amadò, R. 2003. Development of a model for quality assessment of tomatoes and apricots. LWT-Food Science and Technology, 36(2): 223-233.

Bayat, H., Alirezaie, M. and Neamati, H. 2012. Impact of exogenous salicylic acid on growth and ornamental characteristics of calendula (*Calendula officinalis* L.) under salinity stress. Journal of Stress Physiology and Biochemistry, 8: 258-267.

Chu, Y.H., Chang, C.L. and Hsu, H.F. 2000. Flavonoid content of several vegetable and their antioxidant activity. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80: 561-566.

De Velde, F.V., Tarola, A.M., Güemes, D. and Pirovani, M.E. 2013. Bioactive compounds and antioxidant capacity of Camarosa and Selva strawberries (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). Foods, 2(2): 120-131.

Dolati Baneh, H.D., Attari, H., Hassani, A. and Abdollahi, R. 2013. Salinity effects on the physiological parameters and oxidative enzymatic activities of four Iranian grapevines (*Vitis vinifera* L.) cultivar. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(9): 1022-1027.

Eshghi, S., Hashemi, M., Mohammadi, A., Badii, F., Mohammadhoseini, Z. and Ahmadi, K. 2014. Effect of nanochitosan-based coating with and without copper loaded on physicochemical and bioactive components of fresh strawberry fruit (*Fragaria×ananassa* Duch.) during storage. Food and Bioprocess Technology, 7: 2397-2409.

Fariduddin, Q., Hayat, S. and Ahmad, A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica, 41(2): 281-284.

Gharib, F.A.E. 2007. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. International Journal of Agriculture and Biology, 4: 485-492.

Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J.M., Quiles, J.L., Mezzetti, B. and Battino, M. 2012. The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. Nutrition, 28(1): 9-19.

Grambow, H.J. and Langenbeck-Schwich, B. 1983. The relationship between oxidase activity, hydrogen peroxide and phenolic compounds in the degradation of indole-3-acetic acid in vitro. Planta, 157: 131-137.

Grattan, S., Zeng, L., Shannon, M. and Roberts, S. 2002. Rice is more sensitive to salinity than previously thought. California Agriculture, 56(6): 189-198.

Hubbard, N.L., Pharr, D.M. and Huber, S.C. 1991. Sucrose phosphate synthase and other sucrose metabolizing enzymes in fruits of various species. Physiologia Plantarum, 82(2): 191-196.

Ismail, A., Takeda, S. and Nick, P. 2014. Life and death under salt stress: same players, different timing. Journal of Experimental Botany, 65(12): 2963-2979.

Jain, A. and Srivastava, H.S. 1981. Effect of salicylic acid on nitrite reductase and glutamate dehydrogenase activities in maize roots. Physiology of Plant, 53: 285–288.

Jamali, B., Eshghi, S. and Shahidi-Rad, K. 2015. Growth and fruit characteristics of strawberry cv. selva as affected by different application timing of salicylic acid under saline conditions. International Journal of Fruit Science, 15(3): 1-14.

Jamali, B., Eshghi, S. and Tafazoli, E. 2011. Vegetative and reproductive growth of strawberry plants cv. 'Pajaro' affected by salicylic acid and nickel. Journal of Agricultural Science and Technology, 13: 895-904.

Jing-Hua, Y., Yuan, G., Yan-Man, L., Xiao-Hua, Q. and Zhang, M.F. 2008. Salicylic acid-induced enhancement of cold tolerance through activation of antioxidative capacity in watermelon. Scientia Horticulturae, 118(3): 200-205.

Karlidag, H., Yildirim, E. and Turan, M. 2009. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. Scientia Agricola, 66: 180-187.

Kaya, C., Higgs, D., Ince, F., Amador, B.M., Cakir, A. and Sakar, E. 2003. Ameliorative effects of potassium phosphate on salt-stressed pepper and cucumber. Journal of Plant Nutrition, 26(4): 807-820.

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.

www.SID.ir

Archive of SID

Khademi, O., Ashtari, M. and Razavi, F. 2019. Effects of salicylic acid and ultrasound treatments on chilling injury control and quality preservation in Banana fruit during cold storage. Scientia Horticulturae, 249: 334-339.

Kim, J.S., Lee, B.H., Kim, S.H., Ok, K.H. and Cho, K.Y. 2006. Response to environmental and chemical signals for anthocyanin biosynthesis in non-chlorophyllous corn (*Zea mays* L.) leaf. Journal of Plant Biology, 49: 16-25.

Kling, G.J. and Meyer, J.M.M. 1983. Effects of phenolic compounds and indoleacetic acid on adventitious root initiation in cuttings of *Phaseolus aureus*, *Acer saccharinum*, and *Acer griseum* [Mung bean bioassay, silver maple, paperbark maple, propagation, woody plants]. HortScience, 18(3): 352-354

Kulzer, F. and Orrit, M. 2004. Single-molecule optics. Annual Review of Physical Chemistry, 55: 585-611.

Lichtenthaler, H.K. and Buschmann, C. 2001. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. Current Protocols in Food Analytical Chemistry, 1(1): F4-3.

Mahajan, S. and Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. Archives of Biochemistry and Biophysics, 444(2): 139-158.

Mousavi, S.R. and Rezaei, M. 2011. Nanotechnology in agriculture and food production. Journal of Applied Environmental and Biological Science, 1: 414-419.

Navarro, E., Baun, A., Behra, R., Hartmann, N.B., Filser, J., Miao, A.J. and Sigg, L. 2008. Environmental behavior and ecotoxicity of engineered nanoparticles to algae, plants, and fungi. Ecotoxicology, 17(5): 372-386.

Petridis, A., Therios, I., Samouris, G., Tananaki, C. 2012. Salinity-induced changes in phenolic compounds in leaves and roots of four olive cultivars (*Olea europaea* L.) and their relationship to antioxidant activity, Environmental and Experimental Botany, 79, 37-43.

Pourahmadi, E., Mohamadkhani, A., Roshandel, P., Rohi, V. and Khademi. O. 2019. Amelioration of physiological disorders in pistachio nuts by organic manure and gypsum. Scientia Horticulturae, 248: 225-230.

Qureshi, K.M., Chughtai, S., Qureshi, U.S. and Abbasi, N.A. 2013. Impact of exogenous application of salt and growth regulators on growth and yield of strawberry. Pakistan Journal of Botany, 45(4): 1179-1185.

Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annual Review of Plant Biology. 43(1): 439-463.

Robards, K., Prenzler, P.D., Tucker, G., Swatsitang, P. and Glover, W. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. Food Chemistry, 66: 401-436.

Shannon, M.C. and Grieve, C.M. 1999. Tolerance of vegetable crops, Salinity. Scientia Horticulturae, 78: 5-8.

Souri, Z., Karimi, N., Sarmadi, M. and Rostami, E. 2017. Salicylic acid nanoparticles (SANPs) improve growth and phytoremediation efficiency of *Isatis cappadocica* Desv. under stress. IET Nanobiotechnology, 11(6): 650 – 655.

Talebi, S., Jafarpour, M., Mohammadkhani, A. and Sadeghi, A. 2012. The effect of different concentrations of salicylic acid and sodium chloride on Iranian borage. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4(18): 1348-1352.

Tohma, O. and Esitken, A. 2011. Response of salt stressed strawberry plants to foliar salicylic acid pre-treatments. Journal of Plant Nutrition, 34: 590-599.

Tyerman, S.D., Skerrett, M., Garrill, A., Findlay, G.P. and Leigh, R.A. 1997. Pathways for the permeation of Na and Cl- into protoplasts derived from the cortex of wheat roots. Journal of Experimental Botany, 48: 459–480.

Van Breusegem, F., Vranova, E., Dat, J.F. and Inze, D. 2001. The role of active oxygen species in plant signal transduction. Plant Science, 161(3): 405-414.

Warad, H.C. and Dutta, J. 2005. Nanotechnology for agriculture and food system, areview. 2nd International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering, Bangkok, Thailand.

Yildirim, E., Turan, M. and Guvenc, I. 2008. Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber grown under salt stress. Journal of Plant Nutrition, 31: 593–612.

www.SID.ir

Archive of SID

Yusefi, M., Tabatabaei, S.J., Hajilu, J. and Mahna, N. 2011. The effect of partial root salinization on the yield and Fruit quality in strawberry. Journal of Horticultural Science, 27(2): 178-184.

Zahedi, S.M., Abdelrahman, M., Hosseini, M.S., Hoveizeh, N.F. and Tran, L.S.P. 2019. Alleviation of the effect of salinity on growth and yield of strawberry by foliar spray of selenium-nanoparticles. Environmental Pollution, 253: 246-258.

www.SID.ir