مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۸۸ ، ص ۹۵-۸۸

Journal of Horticultural Sciences
Vol. 23, No. 1, Spring-Summer 2009, P. 88-95

اثر سیلیسیوم بر رشد و عملکرد گیاه توت فرنگی در شرایط تنش شوری

لیلا سیدلر فاطمی[۱] - سید جلال طباطبایی[۲*] - اسماعیل فلاحی[۳]

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۱/۲۳
تاریخ پذیرش: ۸۸/۲/۲۲

چکیده

سیلیسیوم یکی از عناصر مفید برای گیاهان محسوب می‌شود، ولی مطالعات جدید نشان داده که این عنصر نقش بسیار مهمی در مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری دارد. بدین منظور و جهت ارزیابی تاثیر سیلیسیوم و شوری بر روی خصوصیات رویشی ، عملکرد و کیفیت میوه توت فرنگی(*Fragaria* × *ananassa* Duch) ، رقم سلوا آزمایشی با سه سطح سیلیسیوم (۰ ،۱ و ۲ mM) و سه سطح کلرید سدیم (۰ ،۲۰ و ۴۰ mM) به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در شرایط کنترل شده گلخانه ای و به صورت آبکشت انجام شد. شاخص‌های عملکرد و خصوصیات کیفی میوه در طول آزمایش اندازه گیری شد. همچنین خصوصیات فیزیولوژیکی ازجمله شاخص کلروفیل و محتوای رطوبت نسبی برگ نیز مورد ارزیابی قرار گرفت .در پایان آزمایش کل گیاهان از بستر خارج شده وخصوصیات رویشی شامل سطح برگ و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که شوری اثر کاهنده معنی داری بر روی شاخص‌های رشد ونموی گیاه داشت. به طوریکه تعداد برگ ، سطح برگ و وزن تر و خشک برگ و ریشه با افزایش غلظت کلرید سدیم کاهش و با افزودن سیلیسیوم به محلول غذایی در شرایط شوری، افزایش یافت. شاخص‌های عملکرد در شرایط شوری کاهش و با کاربرد سیلیسیوم ، به طور معنی داری افزایش یافت. شاخص کلروفیل تحت تاثیر تیمارها قرار نگرفت، ولی محتوای رطوبت نسبی برگ در شرایط شوری کاهش و با تیمارسیلیسیوم افزایش یافت. افزایش غلظت سیلیسیوم و کلرید سدیم در محلول غذایی ، اسیدیته قابل تیتراسیون را افزایش داد ، ولی دیگر خصوصیات کیفی میوه ، تحت تاثیر تیمارها قرار نگرفتند. بر اساس نتایج حاصل می‌توان استفاده از سیلیسیوم را در شرایط شوری ، توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: توت فرنگی، سیلیسیوم، شوری، عملکرد، کیفیت

مقدمه

توت فرنگی یکی از بی نظیرترین ریز میوه‌های مناطق معتدله است که در دهه‌های اخیر در زمره تولیدات مهم و تجاری قرار گرفته است. این محصول به دلیل عطر، طعم و محتویات سرشار از ویتامین آن به خوبی شناخته شده و جایگاه خود را در رژیم غذایی میلیون‌ها نفر در جهان پیدا کرده است (۲۳، ۱). یکی از عوامل موثر در رشد و عملکرد توت فرنگی کیفیت آب مصرفی و خاک مورد نیاز این گیاه است و چنانچه غلظت کلرید سدیم افزایش یابد از عملکردآن به شدت کاسته می‌شود (۹). از طرف دیگر تغذیه بهینه با عناصر مختلف یکی از روش‌های تعدیل کننده اثرات شوری شناخته می‌شود. سیلیسیوم شاید یکی از عناصر مهم در تعدیل تنش شوری باشد. سیلیسیوم دومین عنصر فراوان پوسته زمین (۳۱ درصد) بعد از اکسیژن (۴۹ درصد) است (۲، ۳، ۱۴ و ۲۲). اگرچه سیلیسیوم برای گیاهان یک عنصر کانی ضروری در نظر گرفته نشده است، ولی در برخی گیاهان به عنوان یک عنصر ضروری است (۳، ۴). مطالعات متعدد نشان داده است که این عنصر اثرات مثبتی بر رشد و عملکرد گیاه دارد (۱۱ و ۱۲، ۱۳). دیواره‌های سلول‌های اپیدرم به وسیله لایه‌های محکم سیلیسیوم آغشته می‌شوند و در برابر از دست رفتن آب به وسیله تعرق کوتیکولی و نیز در برابر آلودگی‌های قارچی محافظت می‌شوند. علاوه بر دیواره‌های سلولی اپیدرم برگ‌ها ، سیلیسیوم در دیواره‌های سلول آوند چوبی نیز قرار گرفته و از فروریختن آوندها در شرایط تعرق زیاد جلوگیری می‌کند. در بوته‌های برنج که در زمین‌های مرطوب رشد می‌کنند، کمبود سیلیسیوم باعث کاهش شدید رشد رویشی و تولید دانه می‌شود و نشانه‌های کمبود مانند بافت مردگی برگ‌های بالغ و پلاسیدگی گیاهان در آنها نمایان است (۱۴). در گیاه جو نیز ، کاربرد سیلیسیوم تحت شرایط شوری بر روند جوانه زنی بسیار موثر بوده و مقدار فتوسنتز و محتوای کلروفیل برگ را افزایش می‌دهد (۱۵). تیمار سیلیسیوم تحمل گیاه را به سمیت منگنز، آهن، آلومینیوم و فلزات

۱و۲- دانشجوی دکتری و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
(* - نویسنده مسئول: (Email: tabatabaei@tabrizu.ac.ir
۳- استاد میوه کاری، گروه باغبانی، دانشگاه آیداهو آمریکا

سنگین افزایش می‌دهد (۲، ۵). سیلیسیوم در افزایش کارایی مصرف آب[1] نیز بسیار موثر است (۵). کاربرد سیلیسیوم اثرات تنش آبی را تعدیل و رشد گیاه را افزایش می‌دهد. آزمایشی که کایا و همکاران (۱۰) بر روی گیاه ذرت انجام دادند نشان داد که تحت شرایط تنش آبی مقدار کلسیم ، پتاسیم ، وزن تر، وزن خشک، محتوای کلروفیل و میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد و کاربرد سیلیسیوم در این شرایط منجر به افزایش این پارامترهای فیزیولوژیکی شده ، رشد گیاه را بهبود و مقدار تولید را افزایش می‌دهد. اگر چه مطالعات زیادی در مورد نقش سیلیسیوم در کاهش اثرات نا مطلوب شوری در گیاهان متعدد انجام گرفته است، ولی به نظر می‌رسد تاکنون تحقیق جامعی در مورد کاربرد سیلیسیوم در گیاه توت فرنگی تحت تنش شوری انجام نگرفته است ، لذا هدف از این تحقیق مطالعه تاثیر کاربرد سیلیسوم بر خصوصیات فیزیولوژیکی و آگرونومیکی گیاه توت فرنگی در شرایط شوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه‌های تحقیقاتی‌هایدروپونیک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. نشاءهای آماده گیاه توت فرنگی رقم سلوا[2] در اوایل آبان سال ۸۶ به بستر کاشت انتقال یافتند. بستر کاشت مورد استفاده ،گلدان‌های پلاستیکی سفید به صورت مکعب مستطیل به طول ۱ m ، عرض ۲۵ cm و ارتفاع ۳۰ cm شامل مخلوطی از پرلایت و ورمیکولایت به نسبت ۱:۱ بود. در هر بستر ۴ گیاه قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه سطح کلرید سدیم (۴۰mM و ۲۰، ۰) و سه سطح سیلیسیوم (۲mM و ۱، ۰) و با چهار تکرار انجام شد. از محلول هوگلند به عنوان محلول غذایی استفاده شد. pH محلول‌ها در محدوده ۶/۵ تنظیم شد. مقدار EC و pH محلول‌ها در طول دوره رشد گیاه به طور مداوم کنترل شد. برای تامین سیلیسیوم نیز از منبع اسید سیلیسیک[3] استفاده شد که حلالیت آن در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، در حدود ۲ میلی مول در لیتر است. بعد از رشد گیاهان و در مرحله گلدهی ، شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج (SPAD 502, Minolta, Japan) و در برگ‌های جوان توسعه یافته اندازه گیری شد. محتوای رطوبت نسبی برگها[4] نیز، طبق روش یاماساکی و دیلنبورگ (۲۵) اندازه گیری شد. برای این منظور از برگ‌های جوان توسعه یافته ، نمونه ای انتخاب شده و بعد از اندازه گیری وزن تر (FM)، به مدت یک ساعت در آب مقطر غوطه ور شد. سپس وزن تورژسانس (TM) آن اندازه گیری شد. نمونه‌ها جهت اندازه گیری وزن خشک (DM)، به مدت ۴۸ ساعت در آون $80^{\circ}C$ قرار داده شدند. محتوای رطوبت نسبی برگها از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$LRWC(\%) = [(FM - DM) / (TM - DM)] \times 100$$

تعداد گل و میوه در طول دوره رشد ثبت و درصد تشکیل میوه محاسبه شد. بعد از گذشت ۴ ماه از هر بستر کاشت یک گیاه به صورت تصادفی انتخاب و از قسمت طوقه بریده و تعداد برگ‌ها شمارش و سطح برگ نیز در دستگاه سطح برگ سنج (Li-Cor, Model Li-1300, USA) اندازه گیری شد. وزن تر برگ‌ها نیز بلافاصله با استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه گیری و سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون $80^{\circ}C$ قرار داده شد تا وزن خشک آنها نیز به دست آید. سطح ویژه برگ[5] نیز از نسبت سطح برگ به وزن خشک آن محاسبه شد.

درصد نکروز شدن برگ نیز از رابطه زیر به دست آمد:

درصد نکروز شدن برگ = (سطح برگ نکروز شده / سطح کل برگ) × ۱۰۰

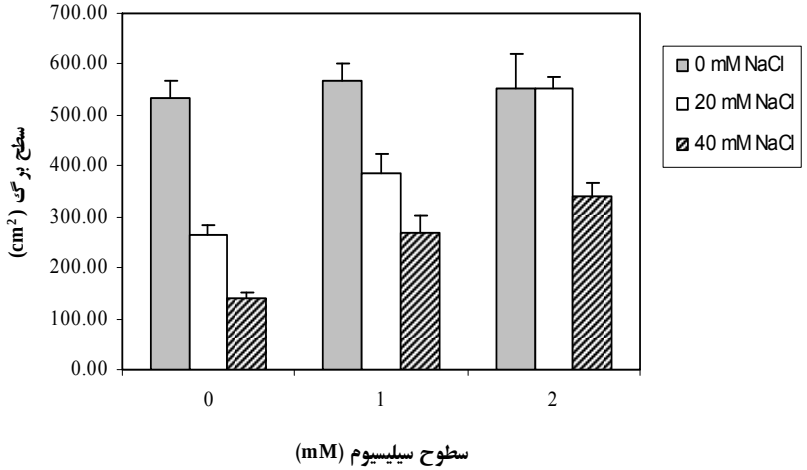
وزن تر و خشک ریشه‌ها نیز اندازه گیری شد. اسیدیته و محتوای ویتامین (ث) میوه ، طبق روش گرومی و شارپلس (۶) وEC آب میوه نیز مطابق روش گولد (۷) اندازه گیری شد. برای اندازه گیری اسیدیته، آب میوه با سود ۰/۱ نرمال و بر اساس اسید سیتریک تیتره شد. برای اندازه گیری EC نیز، مقدار یک گرم از میوه وزن شده و سپس با آب مقطر به نسبت ۱۰ : ۱ رقیق شد . برای اندازه گیری EC آب میوه از EC متر (HANA,Instruments) استفاده شد. مواد جامد محلول نیز با استفاده از رفراکتومتر دستی اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصل از اندازه گیری فوق توسط نرم افزار آماری SAS ویرایش ۸/۰۲ تجزیه آماری و میانگین‌های حاصل باروش LSD[6] باهم مقایسه شدند. نمودارها نیز در برنامه Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس ، افزایش غلظت کلرید سدیم در محلول غذایی تاثیر منفی معنی داری بر خصوصیت رشد و نموی گیاه داشت. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول وشکل ۱) نشان می‌دهد که با افزایش شوری، تعداد و سطح برگ کاهش یافت. در واقع کاهش رشد برگ، سریعترین پاسخ گیاه به شوری است (۱۹) . یکی از اثرات اولیه شوری کاهش مقدار آب بافت‌های گیاهی می‌باشد. به عبارت دیگر، شوری میزان انرژی لازم برای حفظ حالت طبیعی سلول را افزایش داده و در نتیجه انرژی کمتری برای نیازهای رشدی باقی می‌ماند (۱۸).

1 - Water Use Efficiency
2 - Selva
3 - Si(OH)4
4 - Leaf relative water content

5 - Specific leaf area
6- Least significant difference



(شکل ۱)- اثر سطوح مختلف کلرید سدیم و سیلیسیوم بر سطح برگ

(جدول ۱)- اثر سطوح مختلف کلرید سدیم و سیلیسیوم بر تعداد و وزن تر و خشک برگ

Si(mM)	NaCl(mM)	وزن خشک برگ (g plant $^{-1}$)	وزن تر برگ (g plant $^{-1}$)	تعداد برگ
۰	۰	۵/۹۸^{abc}	۱۸/۵۲^{b}	۱۳/۳۳^{ab}
	۲۰	۲/۸۳^{bc}	۱۲/۳۰^{c}	۸/۳۳^{bc}
	۴۰	۱/۷۳^{c}	۴/۸۵^{d}	۴/۶۶^{c}
۱	۰	۹/۳۷^{a}	۳۰/۴۹^{a}	۲۱/۳۳^{a}
	۲۰	۴/۲۹^{abc}	۱۳/۰۱^{c}	۱۰/۳۳^{b}
	۴۰	۳/۳۷^{abc}	۸/۷۰^{cd}	۱۰/۰۰^{b}
۲	۰	۶/۱۸^{ab}	۱۹/۰۹^{b}	۱۳/۶۶^{ab}
	۲۰	۷/۵۲^{ab}	۲۳/۲۹^{ab}	۱۳/۳۳^{ab}
	۴۰	۳/۹۸^{abc}	۱۱/۸۴^{c}	۱۰/۳۳^{b}
تیمار		معنی داری		
	NaCl	**	**	**
	Si	**	**	**
	Si×NaCl	**	**	**

** معنی داری در سطح ۱ درصد

وجود سیلیسیوم در محلول غذایی و در شرایط شوری ، تعداد و سطح برگ را به طور معنی داری افزایش داد. کاهش سطح برگ در اثر شوری، یا در نتیجه کاهش تعداد برگ دراثر کاهش مقدار فتوسنتز ویا کاهش اندازه برگ در اثر کاهش فشار تورژسانس است (۲۰). سیلیسیوم با افزایش کارایی مصرف آب و بهبود محتوای رطوبت‌نسبی برگ در شرایط شوری، باعث افزایش فشار تورژسانس و افزایش اندازه برگ می‌شود. فتوسنتز گیاه نیز، باحضور سیلیسیوم افزایش می‌یابد که منجر به افزایش تعداد برگ و افزایش سطح برگ گیاه می‌گردد (۱۰).

وزن تر وخشک برگ و ریشه نیز به شدت تحت تاثیر شوری قرار گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول۱ و۴) نشان می‌دهد که در تنش شوری با افزایش غلظت نمک در محلول غذایی ، پتانسیل اسمزی محلول افزایش یافته، جذب آب کم شده و به دنبال آن فشار تورژسانس سلول‌ها نیز کاهش می‌یابد. خروج آب از سلول‌ها مانع از رشد آنها می‌گردد. از طرف دیگر با کوچک شدن و ریزش برگ‌ها منبع تولید آسیمیلات‌ها در گیاه کاهش می‌یابد. بنابراین مقدار موادی که به سلول‌ها می‌رسد به مراتب کاهش چشمگیری پیدا می‌کند، که در نهایت هم تعداد و هم اندازه سلول‌ها کاهش می‌یابد (۲۰). افزایش غلظت سیلیسیوم در محلول غذایی، وزن تر و خشک برگ و ریشه را در شرایط شوری به طور کاملاً معنی داری افزایش داد. این یافته با نتایج آزمایشات کایا و همکاران (۱۰) و گائو وهمکاران (۵) مطابقت دارد.

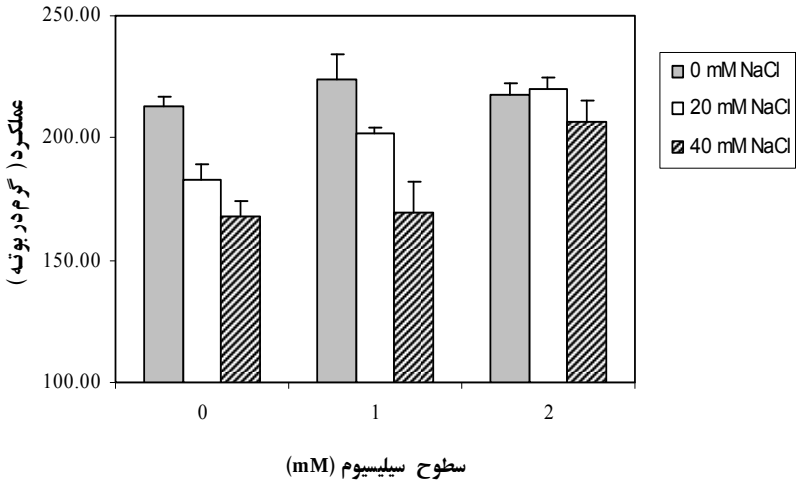
(جدول ۲)- اثر سطوح مختلف کلرید سدیم و سیلیسیوم بر سطح ویژه ، شاخص کلروفیل، محتوای رطوبت نسبی و نکروز شدن برگ

Si (mM)	NaCl (mM)	سطح ویژه برگ (cm^2g^{-1})	شاخص کلروفیل	محتوای رطوبت نسبی (٪)	نکروز شدن برگ(٪)
۰	۰	۸۹/۲۱^{b}	۴۹/۸۰	۶۹/۴۶^{ab}	۰/۰۰^{d}
	۲۰	۹۳/۰۰^{a}	۴۷/۴۶	۶۴/۵۰^{bc}	۱۳/۶۲^{ab}
	۴۰	۸۱/۰۱^{c}	۴۵/۰۰	۶۲/۲۹^{c}	۱۵/۳۰^{a}
۱	۰	۸۳/۳۰^{bc}	۴۹/۶۶	۶۸/۱۰^{ab}	۰/۰۰^{d}
	۲۰	۹۱/۶۶^{a}	۵۰/۴۳	۶۶/۷۳^{b}	۷/۹۵^{abcd}
	۴۰	۸۰/۶۴^{c}	۴۴/۴۳	۶۳/۷۸^{bc}	۱۵/۹۵^{a}
۲	۰	۸۹/۹۳^{ab}	۴۸/۳۳	۶۹/۲۶^{ab}	۰/۲۱^{d}
	۲۰	۶۴/۹۰^{d}	۴۸/۷۶	۷۲/۰۶^{a}	۶/۵۲^{bcd}
	۴۰	۸۰/۸۸^{bc}	۴۷/۶۰	۶۴/۰۰^{bc}	۱۲/۷۱^{abc}
تیمار		معنی داری			
NaCl		**	*	*	**
Si		ns	Ns	ns	ns
Si×NaCl		**	Ns	*	**

** معنی داری در سطح ۱ درصد، * معنی داری در سطح ۵ درصد و ns غیر معنی داری

سطح ویژه برگ نیزکه شاخصی ازضخامت برگ می‌باشد ، تحت تاثیر تیمار شوری قرار گرفت. به‌طوری‌که با افزایش غلظت کلرید سدیم، سطح ویژه برگ کاهش یافت (جدول۲). این نتیجه بیانگر این مطلب است که با افزایش شوری سطح برگ کاهش می‌یابد، اما بر ضخامت آن افزوده می‌شود. با افزایش شوری سلول‌های اپیدرم مزوفیل، آب بیشتری در خود جمع نموده ، آبدار و گوشتی می‌شوند که همین امر باعث افزایش ضخامت برگ می‌شود. طول و قطر سلول‌های نردبانی و قطر سلول‌های اسفنجی نیز در شرایط تنش شوری افزایش می‌یابد (۱۸). نتایج نشان می‌دهد که سیلیسیوم نیز تحت شرایط شوری تا حدی سطح ویژه برگ را کاهش می‌دهد . این اثر ممکن است درنتیجه ضخیم شدن لایه‌های کوتیکولی در اثر رسوب سیلیسیوم باشد (۲۱). نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش غلظت کلرید سدیم، درصد نکروز شدن برگ نیز افزایش یافت (جدول۲). در اثر شوری ابتدا برگ‌های پیر تحت تاثیر قرار می‌گیرند و به تدریج علائم سوختگی در حاشیه آنها ظاهر می‌گردد. سوختگی و نکروز برگ‌ها در اثر مرگ سلول ناشی از سمیت نمک اتفاق می‌افتد. شوری با تغییر وضعیت آبی گیاه باعث توقف رشد، جلوگیری از تقسیم و طویل شدن سلولی و مرگ سلولی می‌شود (۱۷). درصد سوختگی برگ با افزودن سیلیسیوم به محلول غذایی کاهش یافت. ماتو و همکاران (۱۶) گزارش کردند که کاربرد سیلیسیوم در گیاه برنج و تحت شرایط شوری، انتقال Na^+ را به شاخه‌ها کاهش داد. با کاهش انتقال Na^+ به شاخه‌ها، سوختگی برگ نیز کاهش یافت. به نظر می‌رسد ، سیلیسیوم با قرار گرفتن در دیواره‌های سلول‌ها، بر پایداری آنها اثر گذار باشد (۱۴).

اثر کلرید سدیم بر محتوای رطوبت نسبی معنی دار بود (جدول۲). به طوری که با افزایش غلظت کلرید سدیم محتوای رطوبت نسبی کاهش یافت. محتوای رطوبت نسبی برگ معیار مناسبی جهت بررسی وضعیت آبی گیاه است. کاهش محتوای رطوبت نسبی می‌تواند در نتیجه کاهش دسترسی به آب در اثر افزایش پتانسیل اسمزی ناشی از وجود نمک باشد. افزودن سیلیسیوم به محلول غذایی ، با بهبود وضعیت آبی گیاه ، محتوای رطوبت نسبی برگ را افزایش می‌دهد (۱۰). سیلیسیوم در دیواره‌های سلول‌ها رسوب کرده و با ماکرومولکول‌های آلی (شامل سلولز ، پکتین ، گلیکوپروتئین‌ها و لیگنین) ترکیب شده و ترکیبات کلوئیدی بی شکل را با سطح جذب بالا تشکیل می‌دهد. مقدار یک گرم از ذره‌های سیلیسیوم با قطر ۷ nm دارای سطح جذبی معادل ۴۰۰ m^2 است .در نتیجه، نانو ذره‌های سیلیسیوم بر خصوصیت مرطوب بودن لوله‌های آوند چوبی و میزان انتقال آب اثر گذار بوده و کارایی مصرف آب را افزایش می‌دهد. (۲۴). اگرچه شاخص کلروفیل برگ با افزایش غلظت کلرید سدیم کاهش یافته و با افزودن سیلیسیوم افزایش یافت ، ولی این تاثیر از نظر آماری معنی دار نبود (جدول ۲). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشانگر کاهش شاخص‌های عملکرد در اثر شوری بود، به طوریکه با افزایش غلظت کلرید سدیم تعدادگل و میوه ، درصد تشکیل میوه و در نهایت عملکرد کاهش یافت (جدول ۳ وشکل۲).



(شکل۲)- اثر سطوح مختلف کلرید سدیم و سیلیسیوم بر مقدار عملکرد میوه

(جدول ۳)- اثر سطوح مختلف کلرید سدیم و سیلیسیوم بر تعداد گل، میوه و درصد تشکیل میوه(در بوته)

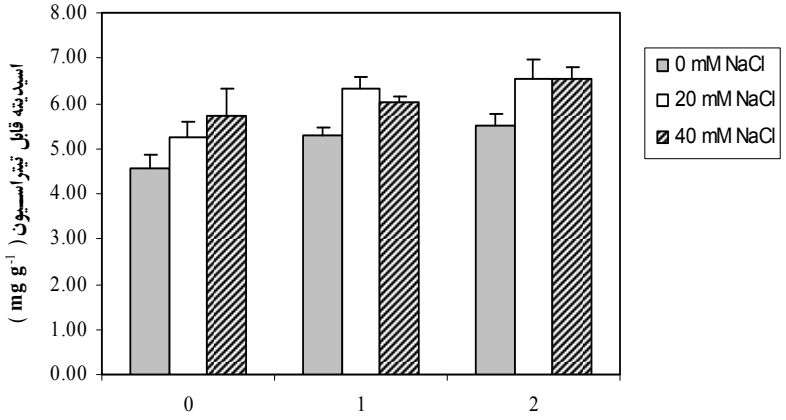
Si(mM)	NaCl(mM)	تشکیل میوه (٪)	تعداد میوه	تعدادگل
۰	۰	۹۱/۰۰^{ab}	۱۵/۶۶^{ab}	۱۷/۰۰^{ab}
	۲۰	۸۷/۰۰ ^{ab}	۱۱/۰۰^{cd}	۱۳/۰۰^{bcd}
	۴۰	۸۳/۰۰^{b}	۱۰/۳۳^{cd}	۱۲/۰۰^{cd}
۱	۰	۹۶/۰۰^{a}	۱۸/۰۰^{a}	۱۸/۶۶^{a}
	۲۰	۹۷/۳۳^{a}	۱۳/۰۰^{bc}	۱۳/۳۳^{bcd}
	۴۰	۸۹/۰۰^{ab}	۹/۰۰^{d}	۱۰/۰۰^{d}
۲	۰	۹۰/۰۰^{ab}	۱۳/۶۶^{abc}	۱۵/۰۰^{abc}
	۲۰	۹۷/۶۶^{a}	۱۴/۰۰^{abc}	۱۴/۳۳^{abcd}
	۴۰	۹۵/۳۳^{a}	۱۲/۶۶^{bcd}	۱۳/۳۳^{bcd}

تیمار	معنی داری		
NaCl	ns	**	**
Si	**	ns	ns
Si×NaCl	*	**	**

** معنی داری در سطح ۱ درصد، * معنی داری در سطح ۵ درصد و ns غیر معنی داری

وزن تر تک میوه که یکی از اجزای عملکرد است تحت تاثیر شوری قرار نگرفت (جدول ۴). به عبارت بهتر کاهش تعداد میوه، دلیل اصلی کاهش عملکرد بود. کایا و همکاران (۹) نیز گزارش کردند که در گیاه توت فرنگی و در شرایط شوری کلرید سدیم ، تعداد و وزن میوه و در نهایت عملکرد کاهش یافت. نتایج تحقیق ما نشان داد که وجود سیلیسیوم در محلول غذایی با افزایش خصوصیات رشد و نموی گیاه، شاخص‌های عملکرد را افزایش می‌دهد. بیشترین عملکرد در تیمار ۱ میلی مولار سیلیسیوم بدون وجود نمک مشاهده شد، که نسبت به شاهد ۵ درصد افزایش داشت.

در میان خصوصیات کیفی میوه نیز تنها اسیدیته قابل تیتراسیون تحت تاثیر تیمارها قرار گرفت (شکل ۳). به طور کلی با افزایش سیلیسیوم و کلرید سدیم ، اسیدیته قابل تیتراسیون افزایش یافت. هپاکسوی و همکاران (۸) گزارش کردند که شوری، اسیدیته قابل تیتراسیون انگور را نیز افزایش داد. دیگر خصوصیات کیفی میوه تحت تاثیر تیمارها قرار نگرفت (جدول ۵) . نتایج حاصل از این تحقیق، نشانگر اثرات سودمند سیلیسیوم در شرایط تنش شوری بود. اگر چه اثرات مفید سیلیسیوم تحت شرایط مطلوب نیز محسوس بود ، ولی به نظر می‌رسد زمانی که گیاه در معرض شرایط تنش قرار می‌گیرد، اثرات سودمند سیلیسیوم چشمگیر تر است. از این دیدگاه مصرف سیلیسیوم ، خصوصاً زمانی که گیاه در معرض انواع تنش‌های مختلف قرار گرفته، شایسته توجه بیشتری است.



(شکل ۳)- اثر سطوح مختلف کلرید سدیم و سیلیسیوم بر اسیدیته قابل تیتراسیون

(جدول ٤)- اثر سطوح مختلف کلرید سدیم و سیلیسیوم بر وزن تر وخشک میوه و ریشه

Si(mM)	NaCl(mM)	وزن خشک میوه (g)	وزن تر میوه (g)	وزن خشک ریشه(g)	وزن تر ریشه(g)
۰	۰	۱/۷۵	۱۶/۳۰	۲/۴۴^{ab}	۱۴/۳۷^{b}
	۲۰	۱/۵۹	۱۴/۹۶	۲/۰۸^{b}	۱۴/۴۶^{b}
	۴۰	۱/۷۲	۱۵/۶۴	۱/۸۵^{c}	۹/۶۶^{c}
۱	۰	۲/۰۲	۱۹/۷۷	۳/۱۹^{a}	۱۸/۱۶^{ab}
	۲۰	۱/۷۶	۱۶/۴۱	۲/۳۸^{ab}	۱۹/۹۳^{ab}
	۴۰	۱/۸۷	۱۷/۴۱	۱/۸۸^{c}	۱۰/۱۶^{c}
۲	۰	۱/۹۲	۱۷/۸۴	۲/۶۶^{ab}	۱۷/۹۰^{ab}
	۲۰	۲/۰۵	۱۹/۰۸	۳/۲۱^{a}	۲۲/۵۳^{a}
	۴۰	۲/۰۷	۱۹/۱۹	۲/۰۹^{b}	۱۳/۷۰^{b}
تیمار		معنی داری			
NaCl		ns	ns	*	*
Si		ns	ns	ns	ns
Si×NaCl		ns	ns	**	*

** معنی داری در سطح ۱ درصد، * معنی داری در سطح ۵ درصد و ns غیر معنی داری

(جدول ۵)- اثر سطوح مختلف کلرید سدیم و سیلیسیوم بر مواد جامد محلول، محتوای ویتامین (ث) و EC آب میوه

Si (mM)	NaCl (mM)	محتوای ویتامین ث (اسید آسکوربیک) (mg g^{-1})	EC آب میوه (µs)	مواد جامد محلول(٪)
۰	۰	۰/۲۶	۲۶۷/۶۷	۹/۵۰
	۲۰	۰/۲۶	۲۸۷/۰۰	۱۰/۵۶
	۴۰	۰/۲۹	۲۹۲/۳۳	۱۱/۷۰
۱	۰	۰/۳۰	۲۴۴/۰۰	۱۱/۳۳
	۲۰	۰/۲۶	۲۹۲/۶۷	۱۲/۱۶
	۴۰	۰/۳۰	۲۴۴/۶۷	۱۱/۸۳
۲	۰	۰/۳۱	۲۶۸/۳۳	۹/۴۳
	۲۰	۰/۳۰	۲۸۲/۰۰	۱۱/۰۰
	۴۰	۰/۳۰	۳۹۴/۰۰	۱۱/۱۶
تیمار		معنی داری		
NaCl		ns	ns	ns
Si		ns	ns	ns
Si×NaCl		ns	ns	ns

ns غیر معنی داری

نتایج حاصل از این آزمایش نـشان داد کـه کـاربرد سیلیـسیوم در شرایط شوری کلرید سدیمی، به طور کاملاً معنـی داری میـزان رشـد وعملکرد گیاه را افزایش داد. در این تحقیق با در نظر گـرفتن سـطوح شوری ، شرایط و نوع گیاه و به منظور بهبود شـرایط رشـد و نمـوی و تغذیه‌ای، تیمار ۲ میلی مولار سیلیسیوم به عنوان بهترین تیمار معرفی می‌گردد.

تشکر و قدردانی

در پایان، از جناب آقای مهندس مهدی اورعی دانشجوی دکتـری علوم باغبانی دانشگاه تبریز ، به دلیل همکاری‌هـای بـی دریغـشان در مراحل مختلف انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱- کاشی ع. و حکمتی ج.۱۳۷۰. پرورش توت فرنگی. انتشارات احمدی. تهران.
2- Corrales I., Poschenrieder C., and Barcello J. 1997. Influence of silicon pretreatment on aluminium toxicity in maize roots. Plant and Soil, 199:203- 209.
3- Epstein E. 1994. The anomaly of silicon in plant biology. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 91:11-17.
4- Epstein E. 1999. Silicon. Annu Rev Plant Physiol, 50: 641-664.
5- Gao X., Zou CH., Wang L., and Zhang F. 2006. Silicon decreases transpiration rate and conductance from stomata of maize plants. J. Plant Nutrition, 29:1637- 1647.
6- Goromy R., and Sharples S.O. 1985. The effect of modern production metodes on the quality of tomato and apples. Commision of the European Communities, pp. 93-102.
7- Gould W.A. 1992. Tomato production, processing and technology. pp. 345-347.
8- Hepaksoy S., Ben-Asher J., de Malach Y., David I., Sagih M., and Bravdo B. 2006. Grapevine irrigation with saline water : Effect of rootstocks on quality and yield of cabernet sauvignon. . J. Plant Nutrition, 29:783-795.
9- Kaya C., Kirnak H., Higgs D., and Saltali K. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth at fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. J. Scientia Horticulturae, 93:65-74.
10- Kaya C., Tuna L., and Higgs D. 2006. Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under water – stress condition. J. Plant Nutrition, 29:1469- 1480.
11- Liang Y.C. 1999. Effects of silicon on enzyme activity and sodium , potassium and calcium concentration in barely undersalt stress. Plant Physiol, 29:217-224.
12- Ma J.F. 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plant to biotic and abiotic stresses. Soil Sci. 50:11-18.
13- Ma J.F., and Takahashi E. 2002. Soil, Fertilizer, and plant silicon research in japan. Elsevier, The Netherlands, 281p.
14- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plant. Academic press. London.
15- Matichenkov V., and Kosobrukhov A. 2004. Si effect on the plant resistance to salt toxicity. 13 th International Soil Conservation Organisation Conference- Brisbane.
16- Matoh E., Kairusmee P., and Takahashi E. 1986. Salt – induced damage to rice plants and alleviation effect of silicate. Soil Sic, 32:295- 304.
17- Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Enviroment, 25:239-250.
18- Munns R., Greenway H., Delane R., and Gibbs R. 1982. Ion concentration and carbohydrate status of the elongating leaf tissue of Hordeum Volgare growing at high external NaCl. J. Exp. Bot, 33:574- 583.
19- Munns R., and Termat A. 1986. Whole plant response to salinity. Aust. J. plant physiol, 13:143-160.
20- Rawson H.M., Iong M.J., and Munns R. 1988. Growth and development in NaCl treated plants. J. Plant Physiol, 15:519-527.
21- Savant N.K., and Korndorfer G.H. 1999. Silicon nutrition and sugarcane production: A review.Plant Nutrition, 22: 1853-1903.
22- Sposito G. 1989. The chemistry of soils. Oxford University Press. New York. 277p.
23- Tabatabaei S.J., Fatemi L.S., and Fallahi E. 2006. Effect of ammonium: nitrate ratio on yield, calcium concentration and photosynthesis rate in strawberry. Plant Nutrition, 29:1273-1285.
24- Wang J., and Naser N. 1994. Improved performance of carbon paste ampermeric biosensors through the incorporation of fumed silica. Electroanalysis, 6:571- 575.
25- Yamasaki S., and Dillenburg L.C. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. Revista Brasilian Fisiologia Vegetal, 11:69-75.

Journal of Horticultural Sciences
Vol. 23, No. 1, Spring-Summer 2009, P. 88-95

مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۸۸، ص ۹۵-۸۸

The effect of silicon on the growth and yield of strawberry grown under saline conditions

L.S. Fatemy[1] - S.J. Tabatabaei[*2] - E. Fallahi[3]

Abstract

Silicon (Si) is considered one of the beneficial elements for plant, however recent studies show that Si plays an important role in plant resistance to environmental stresses , like salinity. An experiment was conducted to study the effect of Si and NaCl salinity on the growth, yield and fruit quality of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch) cv "selva" was grown hydroponically in the controlled environment glasshouse. Three levels of NaCl (0, 20 , 40 mM) and three levels of Si (0, 1 , 2 mM) was factorially combined in a completely randomized design with four replicates .The yield characteristics and fruit quality were measured during the experimental period. At the end of the experiment, plants were cut and vegetative characteristics such as number, fresh and dry weights and leaf area were measured. In addition, leaf relative water content and chlorophyll index were measured. The results showed that salinity reduced the vegetative characteristics, increasing the Si in the saline conditions, increased the number, fresh and dry weights and leaf area of the strawberry plants. The yield characteristics was reduced in the saline conditions, however applying Si reduced the adverse effects of salinity on the yield components. Both salinity and Si had no effect on the chlorophyll index. Leaf relative water content was reduced in salt stress, but silicon treatment largely improved relative water content of leaf. Both salinity and Si treatments increased acidity of fruit, but other quality characteristics were not affected by the treatments. The results reported here indicated that application of Si is recommend under salinity stress in strawberry.

Key words: Strawberry, Silicon, Salinity, Yield, Quality

1 ,2 - Ph.D student and Associate professor, Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz
(* - Corresponding author Email: tabatabaei@tabrizu.ac.ir)
3- Professor and Director of Pomology, University of Idaho