مجله علوم باغبانی ایران
دوره ۴۴، شماره ۳، ۱۳۹۲ (۲۵۵-۲۴۵)

اثر سیلیسیم در محیط آبکشت بر صفات کمی و کیفی رز شاخه بریده *Rosa xhybrida* 'Hot Lady' تحت شرایط تنش شوری

سعید ریزی[۱]، مصباح بابالار[۲*]، سیامک کلانتری[۳] و سید محمود اخوت[۴]
۱، دانشجوی سابق دکتری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و استادیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، ۲ و ۳، استاد و استادیارگروه علوم باغبانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، و۴، استاد گروه بیماری‌شناسی گیاهی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۱۷ - تاریخ تصویب: ۹۱/۴/۲۵)

چکیده

به منظور ارزیابی اثر تغذیه سیلیسیم (Si) در رفع اثرهای زیان آور شوری بر صفات کمی و کیفی و انباشتگی برخی از یون‌ها، رقم Hot Lady گل رز شاخه بریده در محیط آبکشت پرورش یافت و غلظت‌های مختلف عنصر سیلیسیم (۰،۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰میلی‌گرم در لیتر) از منبع سیلیکات پتاسیم، همراه با اثر متقابل آن با ۲۸ میلی مولار NaCl ($EC\approx ۳/۸ dS\ m^{-1}$) با سه تکرار در یک طرح بلوک کامل تصادفی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که سیلیسیم در دو غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اثر سودمندی بر رشد و کیفیت گل‌های رز تحت شرایط آبکشت دارد. همچنین سیلیسیم توانست کیفیت ظاهری و عمر سردخانه ای گل را از طریق حفظ نفوذپذیری غشاهای سلولی بهبود بخشد و اثر سوء تنش شوری را در این رقم به حداقل برساند. افزایش جذب پتاسیم، کلسیم و فسفر وکاهش انتقال سدیم در بین تیمارهای در معرض شوری، مربوط به تیمار ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که هم در مورد ساقه و هم برگ صادق است. تقریباً در همه صفات مورد ارزیابی، تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم در لیترسیلیسیم به تنهایی و یا همراه باکلرید سدیم نتوانست اثر معنی‌داری از خود نشان دهد. نتایج نشان داد که افزایش صفات رویشی گل رز توسط سیلیسیم تحت شرایط شوری می‌تواند به دلیل رفع اثرسمی سدیم و یا اثرهای سیلیسیم بر دیواره سلولی و نحوه توزیع عناصر در گیاهان تحت تیمار باشد.

واژه‌های کلیدی: سیلیکات پتاسیم، درصد نشت یونی، عمر سردخانه‌ای، کلروفیل

مقدمه

سیلیسیم(Si) دومین عنصر فراوان موجود در خاک می‌باشد که در بسیاری از گیاهان نیز وجود دارد ولی نقش آن در زیست شناسی گیاهی کمتر مطالعه شده و اطلاعات کمی در این مورد وجود دارد (Liang, 1999). اگرچه سیلیسیم به عنوان یک عنصر ضروری در ساختار گیاهان شناخته نشده ولی در برخی از گیاهان عالی اثرهای شناخته شده مفیدی دارد (Bugbee, 2004). در کشت‌های خاکی این عنصر به فراوانی وجود دارد ولی در سامانه‌های آبکشت، وجود آن نادیده گرفته شده است. معمولا محلول خاک حاوی ۰/۱ تا ۰/۶ میلی مولار اسید سیلیسیک (H_4SiO_4) می‌باشد که فرم قابل جذب

* نویسنده مسئول: مصباح بابالار تلفن: ۰۹۱۲۵۴۸۶۴۴۸ E-mail: mbabalar@ut.ac.ir

سیلیسیم بوده و در ضمن، بطور متوسط در آبهای سطحی مقدار آن کمتر از یک میکرومولار (۱μM) است (Epstein, 1994). این عنصر، تنها عنصری است که در غلظتهای بسیار بالا نیز برای گیاهان سمی نیست (Takahashi et al., 1990). اثر مفید عنصر سیلیسیم تحت شرایط تنش ناشی ازکمبود فسفر در بسیاری از گیاهان مثل برنج و جو گزارش شده است. به استناد برخی از گزارش‌ها، سیلیسیم باعث افزایش تحرک فسفر در خاک می‌شود (Marschner, 1995).

در گیاهانی که با سیلیسیم تیمار شده بودند و تحت شرایط کمبود یا بیش بود فسفر قرار داشتند، افزایش رشد مشاهده شد. علت این افزایش، تغییر و تعدیل در فعالیت ریشه است که این تغییرات سبب افزایش یا کاهش جذب منگنز و آهن می‌شود و فرم مناسب برای جذب عناصر مذکور به واسطه سیلیسیم در اختیار گیاهان قرار می‌گیرد(Ma &Takahashi, 1990). وقتی میزان فسفر از حد استاندارد بالاتر است، سیلیسیم سبب کاهش جذب آن توسط گیاه می‌شود. این مسئله در مورد برنج و برخی از گیاهان مثل گوجه‌فرنگی، خیار، سویا و توت فرنگی مشاهده شده است(Datnoff et al., 2001). افزایش جذب عناصری همانند پتاسیم، فسفر و نیتروژن با اضافه کردن سیلیسیم به محلول‌های غذایی به فرم سیلیکات پتاسیم در تحقیقات برخی از محققین (Wang et al., 2001)بیان شده است. هم‌چنین نشان داده شده که سیلیسیم می‌تواند سبب کاهش انتقال یون سدیم به بخش هوایی گیاه و افزایش تولید ماده خشک در گیاه برنج تحت شرایط شوری در مقایسه با شاهد شود (Matoh et al., 1986, Gong, et al., 2006). تحقیقات دیگر دانشمندان نیز کاهش حضور Na^+ و Cl^- را در گیاهان تیمار شده با سیلیسیم در شرایط شوری نشان داده است (Zhu, 2004, Savvas et al., 2007 1999, Liang,; 2007, 2009). شوری یکی از عوامل مهم کاهش دهنده رشد گیاهان در بسیاری از مناطق جهان است. بر اساس آمار ارایه شده توسط FAO و UNESCO، سالانه ۱۰ میلیون هکتار از اراضی تحت آبیاری به علت شوری آب از بین می‌رود و غیر قابل کشت می شود(Pessarakli, 1999). درمجموع، ۶/۸ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی کشور دارای خاکهای مبتلا به درجات مختلف شوری هستند. در ایران، وسعت خاکهای شور درحدود ۲۴ میلیون هکتار است که معادل ۱۵٪ از اراضی کشاورزی کشور است (Momeni, 2010; Szabolcs, 1992;).

با افزایش شوری در محیط ریشه، جذب و انتقال یونهای سمی به بافت‌های گیاهی افزایش می‌یابد که کاهش جذب عناصر ضروری، به هم خوردن توازن یونی و سمّیت ناشی از انباشتگی یون‌های سدیم وکلر را به دنبال دارد.

در این شرایط، جذب پتاسیم توسط سلول‌های ریشه در اثر رقابت با سدیم کاهش می‌یابد، گرچه بسیاری از گیاهان با خاصیت جذب انتخابی بالا، غلظت زیاد پتاسیم را حتی در شرایط شوری کم تا متوسط حفظ نموده و ترجیحاً پتاسیم بیشتری نسبت به سدیم انباشته می‌نمایند (Jeschke & Wolf, 1988; Marschner, 1995). با این که غلظت سدیم در برگ ممکن است برای حفظ تورژسانس گیاه مفید باشد، ولی سدیم نمی‌تواند جانشین مناسبی برای پتاسیم محسوب شود؛ زیرا پتاسیم به طور اختصاصی برای فتوسنتز، سنتز پروتیین‌ها و فعالیت آنزیم‌ها ضروری است (Muhammad et al., 1987; Marschner, 1995). علاوه بر این، کاهش مقدار کلسیم در بخش هوایی از اثرهای بارز شوری است که موجب بروز علایم کمبود کلسیم و اختلال در انسجام غشاها تحت این شرایط می‌گردد (Cramer et al., 1986; Plaut & Grieve, 1988). یکی از راهکارهای کاهش اثر زیانبار تنش شوری، استفاده از روش‌های تغذیه معدنی از جمله استفاده از سیلیسیم می‌باشد.

این پژوهش با هدف ارزیابی اثر تغذیه سیلیسیم در کاهش اثرهای شوری ناشی از کلرید سدیم در آب آبیاری در محیط آبکشت طراحی و اجرا شد. در این راستا، میزان تأثیر عنصر سیلیسیم در رشد و انباشتگی برخی یون‌ها تحت شرایط شوری بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی، تیمارها و شرایط آزمایش

در اواخر آبان‌ماه سال ۱۳۸۶، بوته‌های یکساله رز رقم ‘Hot Lady’ از محل گلخانه‌های جهاد دانشگاهی

دانشگاه تهران به گلخانه‌های دانشکده کشاورزی کرج منتقل و پس از ضدعفونی و هرس ساقه و ریشه، در گلدانهای شش لیتری پلاستیکی کشت شدند. بستر کاشت ترکیبی از پرلیت(۷۰٪) و کوکوپیت (۳۰٪) انتخاب شد. آزمایش با هشت تیمار مشتمل بر شاهد، مصرف ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم و مصرف صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم همراه با ۲۸ میلی‌مولار کلرید سدیم بود که به صورت بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا گذاشته شد. گیاهان شاهد، محلول غذایی را بدون سیلیسیم و کلرید سدیم دریافت کردند. محلول‌دهی به گیاهان به وسیله هشت پمپ صورت گرفت که همگی به یک زمان سنج متصل بودند.

برای تهیه عناصر غذایی، از نمک‌های خالص شرکت مرک آلمان استفاده شد و فرمولاسیون آن بر اساس فرمول غذاییMercurio (2007) انجام شد (جدول شماره ۱). تیمار شوری پس از عملیات خوابانیدن شاخه‌ها[1]، یعنی ۴۰ روز پس از کاشت اعمال شد. در این عمل، غنچه‌های گل حذف و شاخه‌ها از گره دوم یا سوم از پایین بین دو انگشت له شده و پس از کمی پیچاندن و پایین کشیدن، شاخه‌ها خم شدند. در این آزمایش، چهار غلظت سیلیسیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر)، به صورت سیلیسیم همراه با غلظت 28 میلی مولار کلرید سدیم (EC معادل ۳/۸ دسی‌زیمنس بر متر) در این آزمایش به کار گرفته شد. محلول سیلیکات پتاسیم (K_2SiO_3) با خلوص ۹۸/۵ درصد از شرکت صنایع سیلیکات ایران تهیه شد. با افزودن سیلیکات پتاسیم علاوه بر ورود سیلیسیم، مقداری پتاسیم نیز وارد می‌شود که برای برقراری تعادل غذایی، عمل متوازن کردن صورت گرفت. این کار از طریق دستکاری در میزان نیترات پتاسیم و تامین نیتروژن از منبع اسید نیتریک صورت گرفت. پس از گلدهی (حدود ۳۰ روز پس از اعمال تیمارها)، گل‌ها در مرحله غنچه نیمه باز برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و پس از اندازه‌گیری و ثبت مشخصات فیزیکی، به سردخانه (۷-۵ درجه سانتی‌گراد) جهت نگهداری منتقل شدند. میانگین دمای هوا در گلخانه طی ساعات روز ۴±۲۴ و شب ۳±۱۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بین ۵±۵۵ در شب و ۵±۷۰ درصد در روز بود.

جدول ۱- عناصر غذایی استاندارد برای پرورش رز شاخه بریده در سیستم‌های باز (Mercurio, 2007)

نیترات	۱۱/۵-۱۱/۲۵ میلی‌مول	آهن	۵۰-۳۵ میکرومول
آمونیوم	۱/۵-۱ میلی‌مول	منگنز	۶-۵ میکرومول
پتاسیم	۵-۴/۵ میلی‌مول	روی	۵-۴ میکرومول
کلسیم	۴-۳/۵ میلی‌مول	بر	۴۰-۳۰ میکرومول
منیزیم	۱/۳-۱/۲۵ میلی‌مول	مس	۰/۷۵-۰/۶ میکرومول
گوگرد	۱/۳-۱/۲۵ میلی‌مول	مولیبدن	۰/۶-۰/۵ میکرومول
فسفر	۱/۳-۱/۲۵ میلی‌مول		

تعیین میزان کلروفیل، درصد نشت یونی و تولید اتیلن

ثبات غشای سلولی، پس از هفت روز از شروع آزمایش پس از برداشت، مورد آزمون قرار گرفت. روش کار بر اساس روش Lutts et al. (1996) با کمی تغییرات پیگیری و انجام شد. در این روش از هر تیمار ۰/۵ گرم گلبرگ در قطعاتی به اندازه ۱×۱ سانتی متر جداسازی و برای شستشو چند دقیقه به پتری دیش حاوی آب مقطر منتقل شد. این آزمایش سه بار تکرار گردید. سپس این قطعات به لوله آزمایش حاوی ۲۲/۵ میلی‌لیتر آب دیونیزه منتقل شدند. در دستگاه شیکر با سرعت گردش ۱۵۰ دور در دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد قرار داده شدند و بعد از آن هدایت‌الکتریکی(EC) بخش مایع اندازه‌گیری شد (EC_1). سپس همین لوله ها به آب جوش به مدت ۱۵ دقیقه منتقل شدند. پس از آن لوله‌ها سریعا با قرار دادن در بین قطعات یخ سرد شده و پس از خنک شدن، هدایت الکتریکی آن مجددا اندازه‌گیری شد(EC_T). پس از آن درصد نشت یونی[2] از طریق فرمول $EC_1/EC_T \times 100$ محاسبه گردید. محتوای کلروفیل برگها از طریق عصاره‌گیری با استون ۸۰٪ صورت گرفت(Arnon, 1949). با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر میزان جذب در طول موج ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر اندازه‌گیری و ثبت شد و کلروفیل کل بر اساس فرمول

$$Chlorophylla+b=8.02(A_{663})+20.21(A_{645})$$

محاسبه گردید. به منظور ارزیابی تولید اتیلن، از هر

1. Bending

2. Electrolyte leakage percentage

تیمار سه شاخه گل یکسان انتخاب شد. پس از وزن کردن روی ترازوی دیجیتال، هر کدام به طور جداگانه درون ظروف شیشه ایبک لیتری (درب سمباده‌ای) بلند قرار گرفتند و درب ظروف علاوه بر لاستیک مخصوص، با نوارهای پارافیلم کاملا مسدود شد. ظرفی هم به عنوان شاهد و بدون حضور گل و به صورت درب بسته در نظر گرفته شد. جهت شناسایی اتیلن احتمالی از روش کروماتوگرافی گازی با دستگاه GC(Shimadzu ,Gr4a Chromatopac) استفاده شد.

اندازه‌گیری میزان عناصر اندام هوایی

اندازه‌گیری عناصر با استفاده از روش خاکستر کردن خشک[1]یا خشک سوزانی صورت گرفت (Jones, 2001). ابتدا مقدار معینی از هر نمونه (یک گرم ساقه و یا برگ) که قبلا در آون خشک و سپس آسیاب شده بود، درون بوته چینی ریخته و در دمای۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت سه ساعت در کوره، خاکستر شدند و با اسید کلریدریک یک نرمال روی حمام بخار هضم شدند. نمونه‌ها پس از این مرحله از کاغذ صافی واتمن شماره چهار عبور داده شدند و سپس با آب مقطر دوبار تقطیر هر نمونه به حجم ۱۰۰ سی‌سی رسید و رقیق شد. از این عصاره برای اندازه‌گیری عناصر استفاده گردید. اندازه‌گیری فسفر نمونه‌ها با استفاده از روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات) به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طور موج ۴۷۰ نانومتر انجام شد. برای اندازه‌گیری عناصر کلسیم، سدیم و پتاسیم از دستگاه ICP استفاده شد که البته همه نمونه‌ها قبل از تزریق به دستگاه از فیلترهای مخصوص ۲ میکرونی عبور داده شدند (GBC Integra XL ICP). تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS۹,۱ (SAS Institute 1989) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح P<5% انجام گرفت.

نتایج

شاخص‌ها و عوامل رشد

نتایج مربوط به اثر ساده و متقابل کلرید سدیم و سیلیسیم بر خصوصیات رویشی و زایشی و میزان کلروفیل گل شاخه بریده رز'Hot Lady' درجدول شماره ۲ نشان داده شده است. قطر دمگل در تیمار حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیترسیلیسیم، دارای تفاوت معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد و سایر تیمارها می‌باشد. وارد کردن ۱۰۰ میلی‌گرم در لیترسیلیسیم در محلول غذایی به طور معنی‌داری باعث برطرف شدن اثرات منفی شوری بر عامل قطر گل و تعداد گل در مقایسه با تیمار شوری شده است. ولی بین تیمارهای سیلیسیم و شاهد در این زمینه تفاوت معنی‌دار نیست. در مورد طول غنچه گل، تیمار Si50 (۵۰ میلی‌گرم در لیترسیلیسیم) و شاهد دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به تیمار شوری (Na) هستند، در حالی که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها ندارد، یعنی اینکه در تیمارهای حاوی شوری و سیلیسیم به طور همراه توانسته‌اند اثر منفی شوری بر این عامل را برطرف کنند. در مورد عامل طول شاخه گل، بین تیمار حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیترسیلیسیم و شاهد تفاوت معنی‌دار است ولی در مورد قطر ساقه گل هیچکدام از تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی‌داری با سایرین نشان ندادند. برای احتساب تعداد گل، میانگین تعداد گل به ازای هر بوته در تیمارهای مختلف بررسی شد. همان‌گونه که نشان داده شده است، افزودن ۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم به محلول غذایی سبب افزایش تعداد گل هم در تیمارهای حاوی شوری و هم بدون تیمار شوری شده است ولی تفاوت معنی داری بین غلظت‌های ۱۰۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیترسیلیسیم به همراه کلریدسدیم مشاهده نشد. به منظور اندازه‌گیری سطح برگ، سه برگ جوان کاملا باز شده بالغ از هر تکرار جمع‌آوری شد و مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و میانگین آنها محاسبه شد. گیاهان دریافت کننده کلریدسدیم (بدون سیلیسیم)، در این زمینه کاهش نشان دادند در حالی که نتایج در تیمار شاهد و تیمارهای بدون تنش شوری با تیمارهای حاوی سیلیسیم و کلریدسدیم مشابه بود. در مقایسه با شاهد، میزان کلروفیل کل هم در تیمار شوری تنها و هم شوری به همراه ۱۵۰ میلی‌گرم در لیترسیلیسیم، مقادیر کمتری نشان داد. تیمار حاوی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم، محتوای کلروفیل را تحت شرایط غیرتنش افزایش داده و البته سایر تیمارهای حاویسیلیسیم به جز NaSi150،

1. Dry ashing

کلروفیل را در حد مطلوب حفظ کردند. بیشترین مقدار کلروفیل در تیمار حاوی ۵۰ میلی‌گرم در لیترسیلیسیم مشاهده شد.

جدول ۲- مقایسه میانگین مربوط به اثر سیلیسیم و سدیم بر ویژگی‌های رویشی و زایشی و میزان کلروفیل گل رز 'Hot Lady'

تیمار / متغیر	Control	Si50	Si100	Si150	NaSi50	NaSi100	NaSi150	Na
قطر دمگل (میلی‌متر)	۳/۱۰ bc	۳/۳۵ b	۳/۷۶ a	۳/۰۲ bc	۲/۹۶ bc	۳/۰۳ bc	۲/۹۶ bc	۲/۹۱ c
قطر گل (میلی‌متر)	۲۲/۵ ab	۲۳/۴ abc	۲۴/۱ a	۲۱/۷ bcd	۲۱/۵ bcd	۲۲/۹ ab	۲۱/۲ cd	۲۰/۴ f
طول گل (میلی‌متر)	۳۳/۲ a	۳۳/۵ a	۳۲/۱ abc	۳۱/۲ ab	۳۱/۷ ab	۳۲/۱ ab	۳۱/۲ ab	۲۹/۹ b
قطر شاخه گل (میلی‌متر)	۴/۲۴ a	۴/۷۳ a	۴/۷۸ a	۴/۶۶ a	۴/۶۸ a	۴/۲۱ a	۳/۸۸ a	۳/۵۴ a
طول شاخه گل (سانتی‌متر)	۵۲ b	۵۵/۶ ab	۶۱/۲ a	۵۴ ab	۵۳/۳ ab	۵۳/۲ ab	۵۲/۱ b	۵۱/۶ b
تعداد گل	۱/۵۷ b	۱/۹۳ a	۱/۶۸ ab	۱/۳۸ bc	۱/۵ b	۱/۵ b	۱/۳۶ c	۱/۳۳ c
سطح برگ (میلی متر مربع)	۵۰۵۵ a	۵۰۹۴ a	۵۰۲۷ a	۴۷۸۰ ab	۵۰۰۸ a	۴۹۹۵ a	۴۳۱۳ b	۴۳۳۰ b
میزان کلروفیل (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه)	۱/۳۶ ab	۱/۵ a	۱/۴ ab	۱/۱۲ b	۱/۰۶ b	۱/۰۲ b	۰/۶۶ c	۰/۷۳ c

میانگین‌هایی که که در یک ردیف دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ با همدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

درصد نشت یونی و تولید اتیلن

شکل‌های شماره ۱ و ۲ به ترتیب نشان دهنده اثر تیمارهای مختلف بر عامل درصد نشت یونیو عمر انباری گل‌های بریده در گل های مورد آزمایش می‌باشد. با افزودن نمک (کلرید سدیم) به محلول غذایی، عمر انباری گل‌ها و درصد نشت یونی تحت تاثیر قرار گرفتند و به طور معنی‌داری نسبت به شاهد تغییر نشان دادند. با افزایش درصد نشت یونی، عمر انباری به کمترین مقدار خود در طی این آزمایش رسید.

دو تیمار Na و NaSi150 (NaCl+ ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم) باعث بروز صدمه به غشای سلولی خود شدند که از طریق افزایش درصد نشت یونی قابل مشاهده بود.

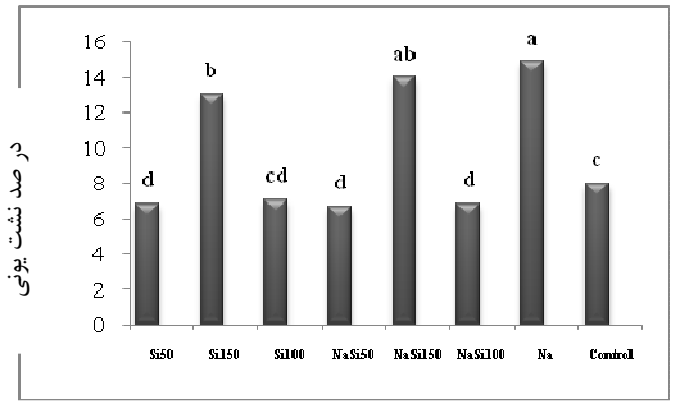
گرچه حفظ نفوذپذیری غشا به طور کامل (همانند شاهد) فقط در تیمارهای حاوی ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیترسیلیسیم مشاهده شد ولی تیمارهای حاوی کلرید سدیم به اضافه سیلیسیم (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) نیز تفاوت معنی‌داری با تیمارهای یادشده نداشتند. تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم در لیترسیلیسیم هم با کلرید سدیم و هم به تنهایی نتوانست اثر منفی نشت یونی را برطرف سازد. در مورد تولید اتیلن، در هیچکدام از تیمارها، اتیلنی که قابل توجه و اندازه‌گیری و شناسایی باشد، مشاهده نشد که در مورد آن توضیح داده خواهد شد.

میزان عناصر اندام هوایی

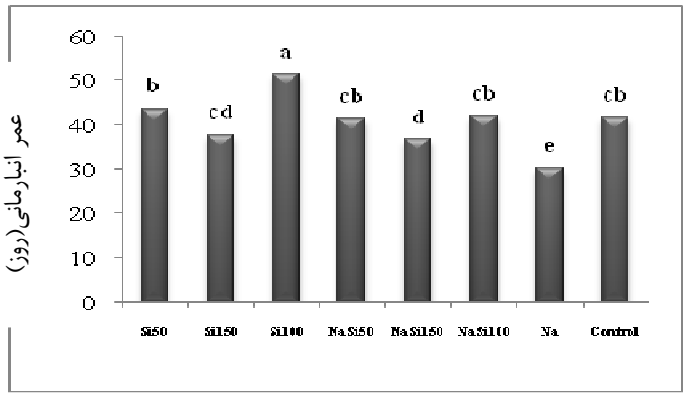
همانگونه که در شکل شماره ۳ مشاهده می‌شود، بیشترین میزان سدیم هم در برگ و هم ساقه در تیمار Na (سدیم به تنهایی) مشاهده شد. در مورد برگها، بین تمام تیمارهای حاوی سیلیسیم با تیمار سدیم که سیلیسیم حضور نداشت، تفاوت معنی داری در سدیم درون بافت برگ وجود داشت.

در بین تیمارهایی که شوری را به همراه سیلیسیم دریافت کرده بودند، غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر دارای تفاوت معنی‌داری با سایرین بود. خصوصا در مورد ساقه، بین این تیمار و تیمار شوری به تنهایی (Na)، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. کمترین انتقال سدیم به برگ در بین تیمارهای در معرض شوری مربوط به تیمار ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود که هم در مورد ساقه و هم برگ صادق است.

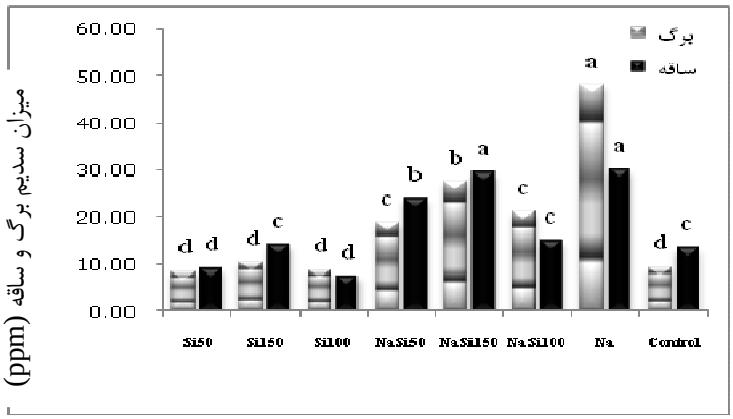
در مورد عنصر پتاسیم، بیشترین میزان در بافت برگ مربوط به تیمار NaSi150 بود که دارای اختلاف معنی‌داری با سایرین بود. پس از این تیمار، سدیم به همراه ۱۰۰ میلی گرم در لیترسیلیسیم دارای بیشترین مقدار پتاسیم در برگها بود که در سطح ۵ درصد با سایر تیمارها، تفاوت معنی‌داری دارد (شکل شماره ۴). به طور کلی، همه تیمارهایی که سیلیسیم دریافت کرده‌اند در جذب پتاسیم پیشگام بوده، خصوصا در حالتی که سیلیسیم همراه با تیمار شوری به کار رفته است. تیمار شوری به تنهایی، در مقایسه با سایر تیمارها که همراه با سیلیسیم استفاده شده‌اند، جذب کمتری داشته و دارای تفاوت معنی‌داری بود. در ساقه، بیشترین تجمع پتاسیم در تیمارهایی مشاهده شد که سیلیسیم را به تنهایی دریافت کرده بودند (شکل شماره ۴).



شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف بر درصد نشت یونی در گلبرگ‌های



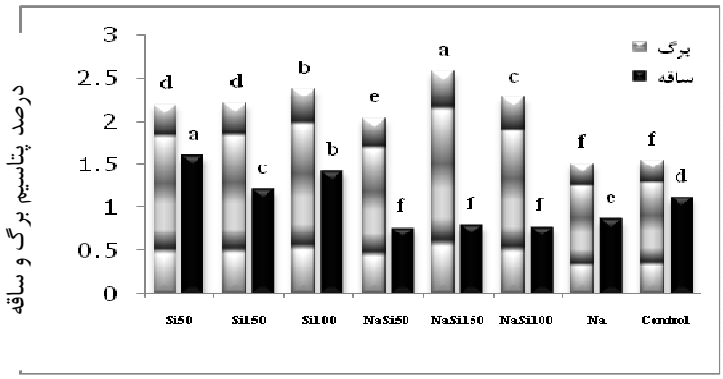
شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف بر عمر انباری گل رز 'Hot Lady'(۷-۵°C) گل رز 'Hot Lady'پس از هفت روز نگهداری در سردخانه



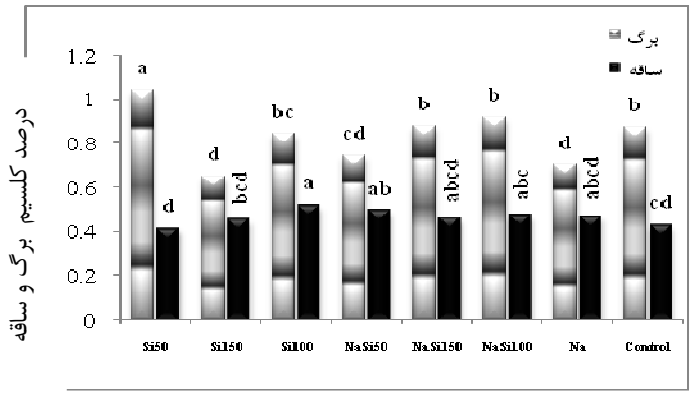
شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف بر میزان سدیم در برگ و ساقه رز 'Hot Lady'

در این میان، تیمار Si50 نسبت به سایر تیمارها دارای جذب بیشتری بوده ولی تفاوت معنی دار نبود. جالب اینکه تیمارهایی که کلرید سدیم را همراه با سیلیسیم دریافت کرده بودند، میزان کمتری از این عنصر را در بخش ساقه نشان دادند. شکل شماره ۵ نشان می‌دهد که بیشترین مقدار کلسیم دریافت برگ مربوط به تیمار Si50 می‌باشد که در سطح ۵ درصد با سایرین دارای تفاوت معنی‌داریبود. تقریبا تمام تیمارهای شوری همراه با سیلیسیم، دارای میزان جذب کلسیم بیشتری نسبت به تیمار شوری تنها (Na) بودند و تفاوت معنی‌داری نشان دادند. در مورد برگ، کمترین تجمع کلسیم در برگ مربوط به تیمار شوری به تنهایی بود که

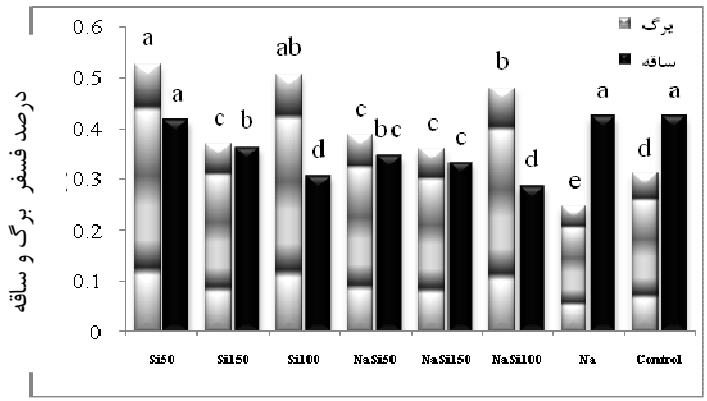
با سایر تیمارهای شوری به همراه سیلیسیم تفاوت معنی‌داری نشان داد. در مورد کلسیم ساقه، تفاوت در میزان تجمع کلسیم بین تیمارها تقریبا ناچیز بود. فقط در مورد تیمار Si100 و NaSi50 بین شاهد و این تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود داشت. با توجه به این جدول، مشاهده می‌شود که کمترین میزان تجمع کلسیم در ساقه مربوط به تیمار Si50 بوده که البته با شاهد دارای تفاوت معنی‌داری نیست. در مورد فسفر گرچه بیشترین مقدار تجمع فسفر در بافت برگ در تیمار Si50 مشاهده شد ولی همه تیمارهایی که سیلیسیم دریافت کرده بودند، در جذب و تجمع فسفر دارای تفاوت معنی-دار نسبت به شاهد بودند (شکل۶).



شکل ۴- اثر تیمارهای مختلف بر درصد پتاسیم برگ و ساقه رز 'Hot Lady'



شکل ۵- اثر تیمارهای مختلف بر درصد کلسیم برگ و ساقه رز 'Hot Lady'



شکل ۶- اثر تیمارهای مختلف بر درصد فسفر برگ و ساقه رز 'Hot Lady'

بحث

نتایج ارایه شده در این مطالعه نشان می‌دهد که بدون توجه به موضوع شوری، افزودن سیلیسیم به محلول غذایی به میزان ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، قادر به بهبود رشد رویشی است. این یافته‌ها با گزارشات قبلی که بیان می‌کند سیلیسیم در گیاهان عالی سبب بهبود

وضعیت رویشی می‌شود، مطابقت دارد (Emadian & Newton, 1989 ; Gillman & Zlesak, 2000 ;Voogt & Sonneveld, 2001 ; Zhu et al., 2004 ; Hwang et al., 2005; Savvas et al., 2007, 2009). بهبود رشد توسط سیلیسیم ممکن است یا به دلیل ا ثر غیرمستقیم آن یعنی اثر حفاظتی آن در برابر عوامل بیماری‌زا و آفات باشد (Belanger et al., 1995) و یا مربوط به اثر مستقیم آن در تغییرات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهان باشد. به نظر می‌رسد که سیلیسیم نقش غیرمستقیم یا مستقیم در سوخت و ساز گیاهی بازی می‌کند، گرچه نحوه عمل آن هنوز معلوم نیست (Zhu et al., 2004 ؛Liang et al., 2003). در تحقیقی که روی برنج صورت گرفته (Hwang et al., 2008)، کاربرد سیلیسیم و نیتروژن سبب افزایش هورمون GA_1 و ترکیب پیش‌ساز آن یعنی GA_{20} شده است. جیبرلین‌ها گروهی از ترکیبات طبیعی هستند که سبب افزایش طولی سلولها و تقسیم سلولی و در نهایت افزایش فاصله میانگره‌ها در ساقه گیاهان می‌شوند. بنابراین ممکن است نتایج حاصل شده در این آزمایش با این یافته‌ها مطابقت داشته باشد. در این تحقیق، غلظت زیاد سیلیسیم (۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) در برخی از موارد بی‌اثر بوده یا اندکی اثر منفی بر صفات رشدی نشان داده است.

تحقیقات نشان داد که سیلیکات پتاسیم در غلظت بالا می‌تواند رشد گیاه را به دلیل حالت قلیایی زیاد تحت تاثیر قرار دهد (Hwang, et al., 2005). گرچه در این آزمایش در برخی از محلول‌های غذایی (غلظت بالای سیلیسیم)، pH کمی از حد بهینه بالاتر بود ولی هیچ گونه کمبود عناصر یا سمیت آن ها مشاهده نشد. متاسفانه سیلیسیم محلول در غلظت بالا (بالاتر از ۲ میلی مول بر لیتر) به سرعت پلیمریزه می‌شود (Iler, 1979). این مولکول‌های پلی سیلیکاته به فرم کلویید و پایدار هستند و نشان داده شده که برای گیاه قابل دسترس نیستند (Voogt & Sonneveld, 2001). با توجه به این موارد، نتایج بدست آمده در این آزمایش در مورد سیلیسیم در غلظت بالا با نتایج تحقیقات ذکر شده مطابقت نشان می‌دهد. نتایج مشابهی در مورد استفاده از سیلیسیم به صورت مه‌افشان روی قلمه‌های رز (Gillman & Zlesak, 2000) و به صورت استفاده در محلول غذایی در مورد گل رز (Hwang et al., 2005) گزارش شده است. Morgan et al. (1999) بیان کرده‌اند که با تجمع در دیواره‌های سلولی، سیلیسیم سبب ایجاد حالت ایستادگی در گیاهان و در نتیجه افزایش جذب نور و کارایی فتوسنتز می‌شود. این امر سبب افزایش تولید کلروفیل و همچنین زادآوری گیاه می‌شود. در این تحقیق نیز غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر از سیلیسیم سبب افزایش تعداد گل در هر بوته شده است که البته با نتایج تحقیقات Gillman & Zlesak (2000) و(Hwang et al., 2005) مطابق است. در تحقیقات Wang et al. (1997) نشان داده شد که هنگامی که گیاهان تحت شرایط شوری ناشی از کلرید سدیم رشد می‌کنند، میزان جذب Mg, Ca, K کاهش می یابد و سبب کاهش فتوسنتز می‌شود. در ساختار کلروفیل، اتم منیزیم یکی از عناصر اصلی می‌باشد، بنابراین ممکن است که کاهش حضور منیزیم در گیاهان تحت تنش شوری، سبب کاهش محتوای کلروفیل شده و عملکرد را کاهش دهد. در ضمن Lorenzo et al.(2000) اثرات منفی شوری را در بوته‌های رز گزارش کرده‌اند، در حالی که هیچگونه علایم ظاهری خارجی مشاهده نکردند.

در این تحقیق، تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر از سیلیسیم سبب برطرف کردن اثرات منفی تنش شوری بر سطح برگ شد (جدول شماره ۲). تاثیر مستقیم شوری در برخی از گزارش‌ها بر الگوی سطح برگ بیان شده است (Marcelis & Hooijdonk, 1999، Rozema, 1991). نتایج این آزمایش با نتایج آزمایشات گذشته مطابقت نشان می‌دهد. یون‌های سمی به طور مداوم از محل جذب به سمت اندام‌های هوایی منتقل شده و اثرات زیان آور خود را زمانی که به آستانه سمی برسند، بر بافت‌ها بروز می‌دهند. هر عاملی که بتواند سبب جلوگیری از رسیدن این عناصر به آستانه سمی و تجمع در محل شود، می‌تواند باعث ایجاد مقاومت به شوری می‌شود. سطح برگ بیشتر و محتوای آب بیشتر در گیاهان تیمار شده با سیلیسیم به همراه تنش شوری، می‌تواند سبب کاهش آسیب تنش شوری در این گیاهان باشد. در ضمن براساس مطالعات صورت گرفته،سیلیسیم از انتقال و تجمع Na و Cl در بافت‌های هوایی گل رز جلوگیری کرده است (Savvaset al., 2007). سطح برگ

بیشتر که در گیاهان تحت تنش به همراه تیمار سیلیسیم به ثبت رسیده بیان می‌کند که سیلیسیم علاوه بر اثرات سودمند در حفظ آب بافت و افزایش تورژسانس سلولی، می تواند در متابولیسم دیواره سلولی هم نقش ایفا کرده و قابلیت دیواره را در انبساط و در نتیجه اتساع سلول بهبود بخشد (Romero-Aranda et al., 2006). بر اساس تحقیقات Savvas et al. (2009) وارد کردن ۱ میلی‌مولار از سیلیسیم به محلول‌های غذایی (همراه با تنش ناشی از کلرید سدیم)، اثرات بازدارنده شوری بر رشد و عملکرد در گیاه کدو خورشتی را برطرف می‌کند. همچنین اثرات این تنش بر فتوسنتز خالص برطرف می‌شود که این اثر سیلیسیم مربوط به کاهش انتقال عناصر Na و Cl به اندام‌های هوایی است. Liang (1998) به نقش مثبت سیلیسیم در رشد گیاهچه‌های جو که تحت تنش شوری قرار گرفته بودند اشاره کرده و این اثر را به بهبود وضعیت کلروفیل در این گیاهان و در نتیجه افزایش فتوسنتز و تولید گل و ... نسبت می‌دهد. اتیلن یک تنظیم کننده طبیعی پیری گل در برخی از ارقام رز می‌باشد. در آزمایش ما، اتیلن بسیار کمی در رقم 'Hot lady' در تیمارهای مختلف شناسایی شد. تحقیقات نشان داده که اتیلن ممکن است سبب پیشبرد یا جلوگیری از باز شدن گل در یک رقم مشخص (بسته به رقم) در گل رز شود (Reid et al., 1989a,b). در همین راستا Muller et al.(1998) گزارش کردند که در برخی از ارقام رز مینیاتور، پیری گل همراه با یک اوج تولید اتیلن همراه بود (کلیماکتریک)، در حالی که در سایرین این مقدار بسیار اندک و گاه غیرقابل شناسایی بود. نکته دیگر اینکه تولید اتیلن در ارقام بلند عمر (دارای عمر سردخانه‌ای زیاد) مثل Vanilla یا Charming تولید اتیلن بسیار پایین بوده است. در ضمن، اندامی که تحت تاثیر قرار گرفته و رقم گیاهی نیز بر میزان تاثیر اتیلن متفاوت است. ارقام کوتاه عمر نشان داده‌اند که به اتیلن خیلی حساسند در حالی که ارقام بلند عمر تقریباً همگی در برابر اتیلن مقاومت نشان می‌دهند (Leonard et al., 2005). این رقم نیز جزو ارقام بلند عمر محسوب شده و به نظر می‌رسد که در زمینه تولید اتیلن نیز در دسته بسیار کم تولید قرار می‌گیرد. در شرایط تنش شوری، ترکیبات مختلفی مثل مالون دی‌آلدهاید و رادیکال‌های آزاد تولید می‌شوند که بر نفوذپذیری غشای سلولی موثرند(Shakirova, 2007; Fadzilla et al., 1997).

در این حالت این ترکیبات می‌توانند باعث افزایش نفوذپذیری غشای سلولی شوند که از طریق اندازه‌گیری درصد نشت یونی قابل بررسی می‌باشد. در جدول شماره ۲، درصد نشت‌یونی با کاربرد سیلیسیم کاهش یافته که نتایج حاصله با نتایج تحقیقات Liang et al. (1996) همخوانی و مطابقت دارد. بنابه دلایل ذکر شده، تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم در لیترسیلیسیم به همراه شوری به دلیل پلیمریزه شدن سیلیسیم در محلول غذایی یا بستر کاشت، نتوانسته اثرات منفی این تنش را بر عامل نشت یونی و پایداری غشای سلول محافظت کند. نکته جالب اینکه عمر انباری گل در تیمارهای۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش یافته که نشان می‌دهد سیلیسیم سبب افزایش پایداری سلول‌ها در برابر اثرات منفی کلرید سدیم شده است. در ضمن، همانگونه که بیان شد، سیلیسیم با تجمع در دیواره سلولی و بخش های خارجی گیاه می‌تواند مانع تبخیر و تعرق شدید شده و فعالیت روزنه‌ها نیز بهتر کنترل می‌شود، و همه این موارد می‌تواند سبب افزایش طول عمر گل شاخه‌بریده پس از برداشت شود.

تحقیقات زیادی در مورد کاهش خسارت شوری ناشی از کلرید سدیم با تغذیه سیلیسیم ارایه شده است و تقریباً همگی به مسئله کاهش جذب سدیم در چنین شرایطی اشاره کرده‌اند (Savvas et al., 2007, 2009, Liang, 1999; Zhu et al., 2004). افزودن سیلیسیم به محلول غذایی گل های رز سبب کاهش انتقال Na و Cl به برگهای جوان شده و از مقدار آنها در حد زیادی کاست (Savvas et al., 2007).

در تحقیق دیگری (Savvas et al., 2009)، نتایج مشابهی روی گیاه کدوی خورشتی حاصل شد. نتایج تحقیقات ما با نتایج این تحقیقات مطابقت نشان می‌دهد Liang. (1999)، اثر احتمالی متقابل بین سیلیسیم و کلرید سدیم را در میزان جذب سدیم دانسته و نیز فعالیت متفاوت برخی از آنزیم‌ها در مورد مقابله با تنش شوری در حضور سیلیسیم را از عوامل موثر بر آن برشمرده است. در همین تحقیق (Liang, 1999)،

افزایش جذب پتاسیم در شرایط تنش شوری به همراه سیلیسیم در گیاه جو در مقایسه با شوری تنها گزارش شده است. با افزودن سیلیسیم به محلول غذایی به فرم سیلیکات پتاسیم، میزان جذب عناصری مثل پتاسیم، فسفر و نیتروژن افزایش می‌یابد(Wang et al., 2001).

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از سیلیسیم در محلول غذایی نشان داد که اثر سودمندی بر رشد و کیفیت گل‌های رز تحت شرایط آبکشت داشت. همچنین استفاده از سیلیسیم سبب حصول کیفیت بهتر و عملکرد بالاتر در این شرایط شد، خصوصاً هنگامی که از دو غلظت ۵۰ و ۱۰۰ پی پی ام استفاده شده بود.

نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که سیلیسیم قادر است کیفیت ظاهری گل را از طریق حفظ نفوذپذیری غشاهای سلولی بهبود بخشد و اثر سوء تنش شوری را در این رقم به حداقل برساند. استفاده از سیلیکات پتاسیم در غلظت بالا به نظر می‌رسد که با تاثیر بر pH محلول غذایی و همچنین تشکیل رسوبهای ناشی از پلیمریزه شدن در محلول‌های غذایی، سبب ایجاد مشکلاتی در فرایند رشد و نمو و نهایتاً رسیدن به کیفیت نامناسب در گل‌ها شده است. در ضمن، به نظر می‌رسد که حضور سیلیسیم در شرایط تنش سبب تنظیم جذب عناصر و ایجاد تعادل در جذب آنها شده است.

REFERENCES

1. Arnon, D. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Phenoloxidase in Beta vulgaris, *Plant Physiology*, 24, 1-15.
2. Belanger, R.R., Bowen, P. A., Ehret, D. L., & Menzies, G. (1995). Soluble silicon: its role in crop and disease management of greenhouse crops. *Plant Disease*, 79, 329-336.
3. Bugbee, B. (2004). Nutrient management in recirculating hydroponic culture. *Acta Horticulturae*. 648, 99-112.
4. Cramer, G.R., Lauchli, A., & Epstein, E. (1986). Effects of NaCl & $CaCl_2$ on ion activities in complex nutrient solutions and root growth of Cotton.*Plant Physiology*, 81, 792-797.
5. Emadian, S.F. & Newton, R. J. (1989). Growth enhancement of Loblolly pine (*Pinus taeda* L.) seedlings by silicon. *Journal of Plant Physiology*, 13, 98-103
6. Epstein, E. (1994). The anomaly of silicon in plant biology. *Proceedings of the National Academy of Science*, 91, 11–17.
7. Datnoff, L.E., Snyder, G. H., & Korndörfer, G. H. (2001). Silicon in Agriculture. Elsevier Science, Amsterdam.
8. Fadzilla, N.M., Finch, R. P. & Burdon, R. H. (1997). Salinity, oxidative stress andantioxidant responses in shoot cultures of rice. *Journal of Experimental Botany*, 48, 325–331.
9. Gillman, J. H. & Zlesak, D. C.. (2000). Mist applications of sodium silicate to rose (Rosa L. 'Nearly Wild') cuttings decrease leaflet drop and increase rooting. *Horticultural Science*, 117, 500-503.
10. Gong, H. J., Randall, D. P., & Flowers, J. (2006). Silicon deposition in the root reduces sodium uptake in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings by reducing by pass flow. *Plant and Cell Environment*, 29, 1970–1979.
11. Hwang, S.J., Park, H. M., & Jeong, B. R. (2005). Effects of Potassium silicate on the growth of miniature rose 'Pinocchio' grown on rockwool and its cut flower quality. *Journal of Japanese Society of Horticultural Science*, 74, 242-247.
12. Hwang, S.J., Hamayun, M. Kim, H.Y., Na, C.I., Kim, K.U., Shin, D.H., Kim, S.Y., & Lee, I.J. (2008). Effect of nitrogen and silicon nutrition on bioactive gibberellin and growth of rice under field conditions. *Journal of Crop Science and Biotechemistry*, 10, 281-286.
13. Iler, R.K. (1979). *The Chemistry of Silica*. Wiley Interscience. New York.
14. Jeschke, W.D. & Wolf, O. (1988). Effect of NaCl on growth development, ion distribution and ion translocation in castor bean (*Ricinus communis*L.). *Plant Physiology*, 132, 45-52.
15. Jones, J. B. J. (2001). *Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis*. CRC Press, New York.
16. Leonard, R.T., Nell, T. A., & Hoyer, L. (2005). Response of potted rose varieties to short-term ethylene exposure. VIII International Symposium on Postharvest Physiology of Ornamental Plants. *Acta Horticulturae*, 669, 373-380.
17. Liang, Y.C., Liu, Q., Zhang, Q., Ding, W. (2003). Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of saltstressed barley (Hordeum vulgare L.). *Journal of Plant Physiology*, 160, 1157-1164.
18. Liang Y. C., Wanchun, S., Yong-Guan, Z. & Peter, Ch. (2007). Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: A review.*Environmental Pollution*, 147, 422-428.

19. Liang, Y.C., Shen, Q. R., Shen, Z. G., & Ma, T. S. (1996). Effects of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 19, 173-183.
20. Liang, Y.C. (1998). Effects of Si on leaf ultrastructure, chlorophyll content and photosynthetic activity in barley under salt stress. *Pedosphere*, 8, 289-296.
21. Liang, Y. C. (1999). Effects of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barley under salt stress. *Plant and Soil*, 209, 217-224.
22. Lorenzo, H., Cid, M. C., Siverio, J. M., & Ruano, M. C. (2000). Effects of sodium on mineral nutrition in rose plants. *Annual Applied Biology*, 137, 65-72.
23. Lutts, S., Kinet, J. M., & Bouharmont, J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryzasativa* L.) cultivar differing in salinity resistance. Annal of Botany, 78, 389–398.
24. Ma, J. F. & Takahashi, E. (1990a). Effect of silicon on the growth and phosphorus uptake of rice. Plant and Soil, 126, 115-119.
25. Marcelis, L.F.M. & Hooijdonk, J. V. (1999). Effect of salinity on growth, water use and nutrient use in radish (Raphanus sativus L.). *Plant and Soil*, 215, 57-64.
26. Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press. London. Second edition. pp. 674.
27. Matoh, T., Kairusmee, P. & Takahashi, E. (1986). Salt-induced damage to rice plants and alleviation effect of silicate. *Soil Science and Plant Nutrition*, 32, 295-304.
28. Mercurio, G. (2007). *Cut Rose Cultivation Around the World*. The Netherlands.
29. Momeni, A. (2010). The geographical distribution and salinity levels in Iran. *Iranian Journal of Soil Research*, 24 (3), 203-215. (In Farsi)
30. Morgan, L. (1999). Silica in hydroponics. Practical Hydroponics and Greenhouses. July/August, 51-66.
31. Muhammad, S., Akbar, M. & Neve, H. U. (1987). Effects of Na/Ca and Na/K ratios in salinc culture solution on the growth and mineral nutrient of rice (*Oryza sativa* L.). *Plant and Soil*, 104, 57-62.
32. Muller, R., Andersen, A. S., Serek, M. (1998). Differences in postharvest characteristics of miniature potted roses (Rosa hybrida L.). *Scientia Horticulturae*, 76, 59-71.
33. Pessarakli, M. (1999). Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, Inc. USA, pp. 1198.
34. Plaut, Z. & Grieve, C. M. (1988). Photosynthesis of salt stressed maize as influenced by Ca/Na ratios in the nutrient solution. *Plant and Soil*, 105, 283-286.
35. Reid, M.S., Dodge, L. L., Mor, Y. & Evans, R. Y. (1989a). Effects of ethylene on rose opening. *Acta Horticulturae*, 261, 215-220.
36. Reid, M.S., Evans, R. Y., Dodge, L. L. & Mor, Y.(1989b). Ethylene and silver thiosulfate influence opening of cut rose flowers. *Journal of American Socience of Horticulture*, 114(3), 436-440.
37. Romero-Aranda, M.R., Jurado, O. & Cuartero, J. (2006). Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. *Journal of Plant Physiology*, 163, 847-855.
38. Rozema, J. (1991). Growth, water and ion relationships of halophytic monocotyledonae and dicotyledonae; a unified concept. *Aquatic Botany*, 39, 17-33.
39. Savvas, D., Giotis, D., Chatzieustratiou, E., Bakea, M., & Patakioutas, G. (2009). Silicon supply in soilless cultivations of zucchini alleviates stress induced by salinity and powdery mildew infections. Environ, *Experimental Botany*, 65, 11-17.
40. Savvas, D., Gizas, G., Karras, G., Lydakis-Simantiris, N., Salahas, G., Papadimitriou, M. & Tsouka, N. (2007). Interactions between silicon and NaCl-salinity in a soilless culture of roses in greenhouse. *EuropianJournal of Horticultural Science*, 72, 73-79.
41. Shakirova, F. M. (2007). Role of hormonal system in the manifestation ofgrowth promoting and antistress action of salicylic acid. In: Hayat S., Ahmad A., *Salicylic Acid– A Plant Hormone*, *Springer*, pp. 69-89.
42. Szabolcs, I. (1992). Salinization of soil and water, its relation to desertification. Desertification *Contribute Bulletin*, 21, 32-37.
43. Takahashi, E., Ma, J. F. & Miyake, Y. (1990). The possibility of silicon as an essential element for higher plants. *Comments in Agriculture and Food Chemistry*, 2, 99–122.
44. Voogt, W. & Sonneveld, C. (2001). Silicon in horticultural crops grown in soilless culture. In: Datnoff L.E., Snyder, G. H. & Korndorfer, G. H.(Eds.): Silicon in Agriculture. Elsevier, Amsterdam, pp. 115-131.
45. Wang, H., Li, C. H., & Liang, Y. (2001). Agricultural utilization of silicon in China. In Datnoff L.E., Snyder G.H. & Korndörfer, G.H., (Eds.), *Silicon in Agriculture*. Elsevier, *Amsterdam*, pp. 343-358.
46. Wang, L., Showalter,A. M. & Ungar, I. A. (1997). Effect of salinity on growth, ion content, and cell wall chemistry in *Atriplex prostrata* (Chenopodiaceae). *American Journal of Botany*, 84, 1247-1255.
47. Zhu, Z., Wei, G., LI, J., Qian, Q. & YU, J. (2004). Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Science*, 167, 527-533.