نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، ص. ۱۶-۱۰
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 26, No. 1, Spring 2012, P. 10-16
ISSN: 2008 - 4730

تاثیر سیلیسیم بر رشد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی اطلسی ایرانی (*Petunia hybrida*)

حسن بیات[1*] - سید حسین نعمتی[2] - یحیی سلاح ورزی[3]

تاریخ دریافت:۸۹/۵/۳۰
تاریخ پذیرش:۹۰/۷/۵

چکیده

سیلیسیم عنصری غیر ضروری است که اثرات مفید آن در گیاهان مختلف گزارش شده است. هدف از این تحقیق بررسی تاثیر سیلیسیم بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیکی اطلسی ایرانی بود. بدین منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با چهار سطح سیلیسیم (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ $mg\ L^{-1}$) طی دو مرحله رشد (۶-۴ و ۱۰-۸ برگی) با چهار تکرار در شرایط کنترل شده گلخانه انجام شد. روش کاربرد سیلیسیم به صورت اسپری برگی و هر دو هفته یکبار تا قبل از مرحله گلدهی بود. استفاده از سیلیسیم قطر گل، طول دمگل و سطح برگ را به ترتیب ۳۵، ۲۴ و ۵۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین کاربرد سیلیسیم در غلظتهای ۵۰ $mg\ L^{-1}$ و ۱۰۰ سرعت گلدهی را به ترتیب ۱۴ و ۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. میزان فتوسنتز و حداکثر کارآیی فتوسیستم II (Fv/Fm) با کاربرد سیلیسیم به طور معنی داری افزایش پیدا کردند. سرعت گلدهی و سطح برگ گیاهان مورد آزمایش در مرحله ۱۰-۸ برگی به ترتیب ۹ و ۱۴ درصد از گیاهان مرحله ۶-۴ برگی بیشتر بود. اثر متقابل سیلیسیم و مرحله رشد بر صفات اندازه گیری شده قطر گل، سرعت گلدهی، طول دمگل، سطح برگ، فتوسنتز، نسبت Fv/Fm، هدایت روزنه ای و شاخص کلروفیل در هیچ یک از سطوح آماری معنی دار نشد. به طور کلی می‌توان اظهار کرد که استفاده از سیلیسیم توانست خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی اطلسی را بهبود ببخشد.

واژه های کلیدی: سیلیسیم، اطلسی، اسپری برگی، فتوسنتز

مقدمه

اطلسی (*Petunia spp.*) گیاهی یکساله، گلدار و زینتی متعلق به خانواده سولاناسه می باشد. این گیاه بومی امریکای جنوبی (مکزیک و آرژانتین) است که دارای ارقام گلدانی و ارقام مناسب برای کاشت در فضای سبز است. نوع بومی آن در ایران که به اطلسی ایرانی (*Petunia hybrida*) معروف است از عطر دلپذیری برخوردار است. این گیاه مناسب کشت در فصول گرم سال است و به طور وسیعی در سطح فضای سبز کشت می شود که جز مهمترین و با ارزش ترین گیاهان فصلی به حساب می آید (۱). سیلیسیم دومین عنصر از نظر فراوانی در پوسته زمین و خاک است (۷ و ۱۰). اگر چه سیلیسیم در اکثر گیاهان به عنوان یک عنصر غیر ضروری شناخته می‌شود ولی جذب این عنصر بوسیله گیاه اثرات مفیدی مانند افزایش مقاومت به آفات و بیماری ها (۱۵)، تحمل به استرس های غیر زنده (۲۱) و بهبود کیفیت و عملکرد محصول (۱۹) را به همراه دارد. میزان تحرک سیلیسیم در داخل گیاه زیاد نیست (۲۸) علاوه براین میزان این عنصر در خاک به دلیل فرآیند آبشویی[4] کاهش پیدا می‌کند، به همین دلیل تامین مداوم این عنصر در تمامی مراحل زندگی گیاه (خصوصا در مرحله رشد زایشی) و همچنین به منظور تامین سلامت آن لازم و ضروری به نظر می‌رسد (۳۰). کمبود سیلیسیم در گیاه گوجه فرنگی باعث بد شکلی برگها، توقف رشد و گرده افشانی ضعیف می‌شود (۲۵). در گیاه توت فرنگی کاربرد سیلیسیم باعث افزایش خصوصیات رشدی گیاه مانند سطح و تعداد برگ و همچنین عملکرد گیاه تحت شرایط تنش شوری شد (۲). علاوه براین کاربرد سیلیسیم باعث افزایش برخی خصوصیات کیفی گیاه مانند قطر گل، طول و قطر ساقه گل دهنده و سرعت گلدهی در گیاهان ژربرا و آفتابگردان زینتی می‌شود (۱۷ و ۱۸). در گیاه لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) کاربرد سیلیسیم باعث افزایش استحکام ساقه گل دهنده می‌شود (۸). همچنین در چمن پاسپالوم (*Paspalum vaginatum*) استفاده از سیلیسیم باعث بهبود رنگ برگ و تراکم گیاه شده و پاخوری[5] آن را از طریق تثبیت پلی مرهای پلی ساکاریدی و لیگنینی در دیواره سلولی بهبود می‌بخشد (۲۹). جیان پنگ و همکاران (۱۶) گزارش کردند که

۱و۲- دانشجوی دکتری و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email:hassanbayat55@gmail.com)
۳- مربی مرکز تحقیقات انار دانشگاه فردوسی مشهد

4- Leaching process
5- Wear tolerance

Archive of SID
www.SID.ir

کاربرد سیلیسیم در محلول غذایی گیاه خیار باعث افزایش فتوسنتز و حداکثر کارایی فتوسیستم II (Fv/Fm) می‌شود. در گیاه گریپ فروت کاربرد سیلیسیم در مرحله دانهالی باعث افزایش رشد آن می شود (۲۴). سیلیسیم همچنین میزان قند را در نیشکر افزایش می دهد (۶). شواهد متعددی نشان می‌دهند که این عنصر بر رشد و عملکرد گیاهانی مانند جو (۲۰) گوجه فرنگی (۵ و ۲۲) و ذرت (۷) تاثیر مثبت دارد. نور و همکاران (۲۷) گزارش کردند که کاربرد سیلیسیم در مرحله گلدهی گیاه برنج بیشترین تاثیر را در افزایش وزن هزار دانه، عملکرد و تعداد سنبله دارد. تاکنون پژوهشهای زیادی در ارتباط با نقش سیلیسیم در افزایش مقاومت به استرس های زنده و غیر زنده انجام شده است، ولی تاکنون تحقیقی در مورد نقش سیلیسیم در بهبود خصوصیات رویشی و زینتی گیاه اطلسی در شرایط بدون تنش منتشر نشده است. هدف از این تحقیق بررسی تاثیر سیلیسیم بر رشد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی اطلسی ایرانی در طی مراحل مختلف رشدی بود.

مواد و روش ها

مواد گیاهی و تیمار های سیلیسیم

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در بهار سال ۱۳۸۹ انجام شد. بذرهای اطلسی با فاصله زمانی دو هفته ای در داخل سینی هایی که حاوی کوکوپیت بودند، کشت شدند. پس از اینکه گیاهچه ها به مرحله‌ی ۴-۳ برگی رسیدند به داخل گلدان های پلاستیکی با قطر دهانه ۱۲ سانتی متر منتقل شدند. بستر کاشت مورد استفاده ترکیبی از ۱ قسمت خاک لوم، ۱ قسمت خاکبرگ و ۱ قسمت ماسه بود. برای تامین سیلیسیم از منبع سیلیکات سدیم[1] استفاده شد که روش کاربرد این ماده به صورت اسپری برگی و هر دو هفته یکبار تا قبل از مرحله گلدهی بود. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با چهار سطح سیلیسیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰و ۱۵۰ $mg\ L^{-1}$) در طی دو مرحله رشدی ۶-۴ برگی (مرحله ۱) و ۱۰-۸ برگی (مرحله ۲) انجام شد (۱۸). گیاهان در طی مراحل رشد در داخل گلخانه ای با درجه حرارت روز به شب ۲۵ به ۱۸ درجه سانتی گراد، شدت نور ۸۵ $mmol/m^2/s$ و رطوبت نسبی ۶۵ درصد پرورش یافتند. آبیاری گلدان ها نیز به صورت روز در میان انجام می‌شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در این آزمایش در جدول شماره ۱ آورده شده است.

صفات اندازه گیری شده

پس از رسیدن گیاهان به مرحله گلدهی، شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج (SPAD 502, Minolta, Japan) و در برگهای جوان توسعه یافته (تعداد ۴ برگ) اندازه گیری شد. قطر گل، تعداد روز تا گلدهی و طول لوله گل اندازه گیری و ثبت شدند. برای اندازه گیری سطح برگ از دستگاه سطح برگ سنج (Li-Cor, Model Li-1300, USA) استفاده شد. کلروفیل فلورسانس نیز بوسیله دستگاه فلورومتر (Opti-Science, OS-30p London) اندازه گیری شد. از برگهای تازه بالغ شده برای اندازه گیری هدایت روزنه ای بوسیله دستگاه پرومتر (Leaf Prometer, Model SC-1, Decagon Devices) استفاده شد که زمان اندازه گیری بین ساعات ۱۰ تا ۱۲ صبح و دمای سطح برگ ۲۳ سانتی گراد بود. میزان فتوسنتز در واحد سطح نیز با دستگاه پکیج فتوسنتز (LCA4, ADC Biosentetic) و در برگهای سالم تازه بالغ شده اندازه گیری شد.

تجزیه آماری

داده های بدست آمده از آزمایش با استفاده از نرم افزار JMP ۴ آنالیز شدند. مقایسه میانگین ها در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD انجام شد و نمودار ها با نرم افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر سیلسیم بر سرعت گلدهی اطلسی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۲). کاربرد سیلیسیم با غلظتهای ۵۰ $mg\ L^{-1}$ و ۱۰۰ سرعت گلدهی را به ترتیب ۱۴ و ۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد اما تیمار ۱۵۰ $mg\ L^{-1}$ سیلیسیم در آن تاثیر معنی داری نداشت. با اینکه تاثیر سیلیسیم ۵۰ $mg\ L^{-1}$ در تسریع گلدهی از غلظت ۱۰۰ $mg\ L^{-1}$ آن بیشتر بود ولی تفاوت مشاهده شده از لحاظ آماری معنی دار نبود (شکل ۱). کامنیدو و همکاران (۱۴) نشان دادند که استفاده از سیلیسیم در تولید هیدروپونیک ژربرا باعث تسریع گلدهی می شود. همچنین در تحقیق دیگری که روی خربزه انجام شد، کاربرد سیلیکات سدیم در محلول غذایی باعث تسریع گلدهی شد بدون آنکه در رشد گیاه تاثیری داشته باشد (۲۶). مکانیسم های درگیر در تسریع گلدهی هنوز به طور کامل مشخص نیست ولی شواهدی وجود دارند که نقش سیلیسیم را در افزایش فتوسنتز، کاهش تعرق و تغییرات هورمونی نشان می دهد (۲۳). این شواهد با نتایج بدست آمده از این تحقیق که نشان می دهد سیلیسیم میزان فتوسنتز را افزایش می دهد مطابقت دارد (جدول ۳).

اسپری برگی سیلیکات سدیم در تمام سطوح مورد استفاده قطر گل را افزایش داد. در این بین کاربرد غلظت ۵۰mg L^{-1} سیلیسیم، قطر گل را در مقایسه با شاهد به میزان ۳۵ درصد افزایش داد. با افزایش غلظت سیلیسیم به ۱۰۰ $mg\ L^{-1}$ و ۱۵۰ قطر گل کاهش پیدا کرد هر چند که تفاوت مشاهده شده بین تیمارها با یکدیگر از لحاظ آماری معنی دار نبود (شکل ۲).

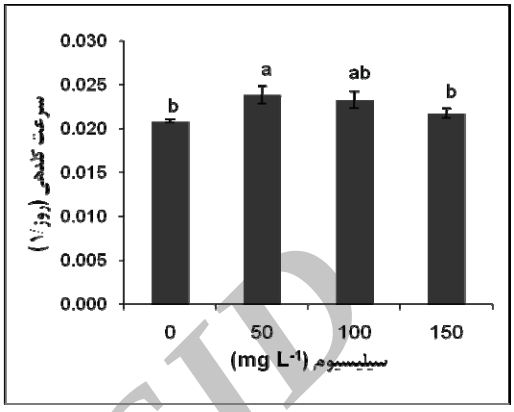
1- $NaSiO_3$

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک این آزمایش

شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	کربن آلی (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم ($mg\ kg^{-1}$)	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی ($ds\ m^{-1}$)
۵۱/۷	۲۲/۵	۲۵/۸	۳/۴	۰/۲۵	۱۹۰	۳۵۰	۸	۰/۹۸



شکل ۱- تاثیر سطوح مختلف سیلیسیم بر سرعت گلدهی اطلسی ایرانی

طول دمگل که از صفات زینتی مهم گل اطلسی به شمار می آید، با کاربرد سیلیسیم در تمامی غلظت های استفاده شده افزایش پیدا کرد. با افزایش غلظت سیلیسیم تا $100\ mg\ L^{-1}$ طول دمگل بیشتر شد و در مقایسه با شاهد ۲۴ درصد افزایش نشان داد، ولی در ادامه مقدار آن در غلظت $150 mg\ L^{-1}$ کاهش پیدا کرد (شکل ۲). کاربرد سیلیسیم باعث افزایش سطح برگ فعال فتوسنتزی شد ($P\leq$۰/۰۵). در بین غلظتهای سیلیسیم استفاده شده فقط تاثیر تیمار $100\ mg\ L^{-1}$ آن از لحاظ آماری معنی دار بود که سطح برگ را ۵۲ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد (شکل ۳). گانگ و همکاران (۱۳) نشان دادند که استفاده از سیلیسیم در بستر کشت گیاه گندم باعث افزایش سطح برگ می شود. علاوه براین کامنیدو و همکاران (۱۷ و ۱۸) اظهار داشتند که استفاده از سیلیسیم در تولید هیدروپونیک آفتابگردان زینتی و ژربرا باعث افزایش قطر گل می شود که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. آنها گزارش کردند که میزان سیلیسیم در قسمتهای هوایی گیاه مانند برگ، گل و ساقه گل دهنده به طور معنی داری از گیاهان شاهد بیشتر بوده که بیانگر آن است که سیلیسیم در اندام های هوایی گیاه جذب شده است.

از طرفی دیگر تاثیر سیلیسیم در افزایش تعداد و اندازه سلول در گیاه نیشکر بوسیله الاواد و همکاران (۹) گزارش شده است. دیفرولیک و فرولیک اسید به عنوان باندهای عرضی پلی ساکاریدهای زمینه ای، نقش موثری در کاهش انعطاف پذیری دیواره سلول از طریق ایجاد اختلال در فرآیند تجزیه آنزیمی پلی ساکاریدهای زمینه ای دارند (۱۱). حسین و همکاران (۱۴) گزارش کردند که اسپری برگی سیلیسیم در گیاه یولاف میزان دیفرولیک اسید را در پلی ساکاریدهای زمینه ای کاهش می‌دهد. بنابراین به نظر می‌رسد که سیلیسیم از طریق کاهش باندهای عرضی فنولیک اسیدی پلی ساکاریدهای زمینه‌ای، باعث افزایش انعطاف پذیری دیواره سلول گشته و باعث افزایش اندازه سلول می‌شود. در عین حال گیلمن و زلساک (۱۲) بهبود خصوصیات کیفی گل را به خاصیت ضد تعرقی ایجاد شده در اثر اسپری برگی سیلیکات سدیم نسبت دادند.

استفاده از سیلیسیم باعث افزایش حداکثر کارآیی فتوسیستم II (Fv/Fm) در برگها شد. ولی تفاوت قابل توجهی بین غلظتهای مختلف سیلیسیم در افزایش Fv/Fm مشاهده نشد (جدول ۳). جیان پنگ و همکاران (۱۶) گزارش کردند که کاربرد سیلیسیم در محلول غذایی گیاه خیار باعث افزایش فتوسنتز و حداکثر کارایی فتوسیستم II (Fv/Fm) می‌شود. تا کنون اطلاعات دقیقی که رابطه بین سیلیسیم و کارآیی فتوسیستم II را نشان دهد در دسترس نیست ولی احتمالا سیلیسیم از طریق افزایش جذب برخی عناصر غذایی مانند آهن که در ایجاد تبادل بین PSI و PSII نقش دارد باعث افزایش حداکثر کارایی فتوسیستم II می شود (۵).

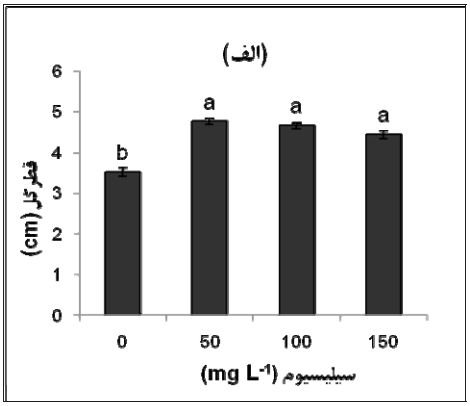
استفاده از سیلیسیم باعث افزایش مقدار فتوسنتز شد ($P\leq$۰/۰۱). تیمار سیلیسیم با غلظت $50 mg\ L^{-1}$ فتوسنتز را به میزان ۳۶ درصد افزایش داد هر چند که تفاوت مشاهده شده بین آن و سایر تیمارها معنی دار نبود (جدول ۳). تحقیقات نشان می‌دهد که تغذیه گیاه برنج با سیلیسیوم باعث حفظ فعالیت فتوسنتزی می شود (۴). همچنین آداتیا و بسفورد (۳) نشان دادند که کاربرد سیلیسیم در محلول غذایی گیاه خیار باعث افقی تر شدن برگها و به دنبال آن جذب بیشتر نور و فتوسنتز می شود.

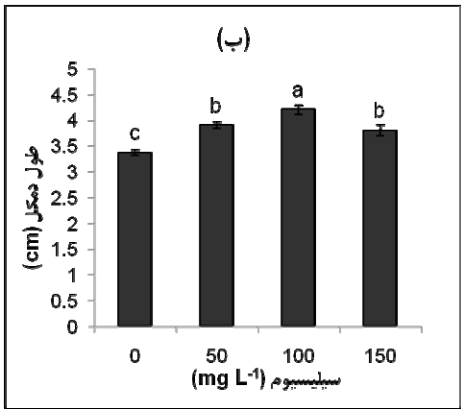
میزان کلروفیل برگ تحت تاثیر سیلیسیم قرار نگرفت. درعین حال با افزایش غلظت آن تا $100\ mg\ L^{-1}$ میزان کلروفیل برگ بیشتر شد (جدول ۳). تاثیر سیلیسیم بر هدایت روزنه ای نیز معنی دار نبود (جدول ۳).

مرحله رشدی در این آزمایش بر سرعت گلدهی، قطر گل و سطح برگ تاثیر معنی داری داشت. گیاهانی که از مرحله ی ۲ شروع به تیمار با سیلیسیم شدند در مقایسه با گیاهانی که از مرحله ۱ اسپری روی آنها انجام شد، دارای سرعت گلدهی و سطح برگ بیشتر (شکل ۴) و قطر گل های کمتری (شکل۵) بودند.

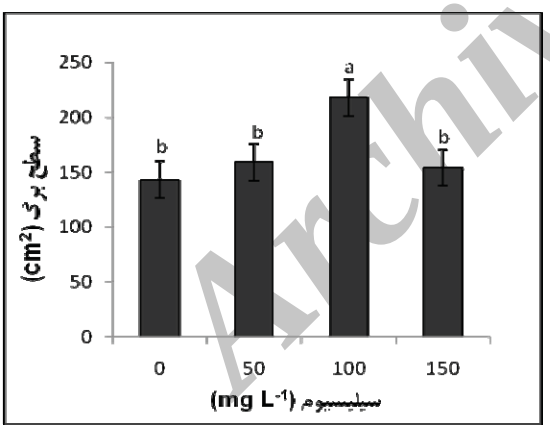
Archive of SID

www.SID.ir





شکل ۲- تاثیر سطوح مختلف سیلیسیم بر الف) قطر گل و ب) طول دمگل اطلسی ایرانی



شکل ۳- تاثیر سطوح مختلف سیلیسیم بر سطح برگ اطلسی ایرانی

مرحله رشدی بر میزان هدایت روزنه ای، کلروفیل برگ، Fv/Fm و فتوسنتز گیاه، تاثیر معنی داری نداشت (جدول۲). همچنین اثر متقابل سیلیسیم و مرحله رشد بر صفات سرعت گلدهی، قطر گل، طول دمگل، سطح برگ، فتوسنتز، Fv/Fm ، هدایت روزنه ای و شاخص کلروفیل در هیچ یک از سطوح آماری معنی دار نشد (جدول۲).

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس برای صفات مورد بررسی در اطلسی ایرانی میانگین مربعات

منابع تغییرات	درجه آزادی	سرعت گلدهی	قطر گل	طول دمگل	سطح برگ	فتوسنتز	هدایت روزنه ای	Fv/Fm	شاخص کلروفیل
سیلیسیم	۳	۰/۰۰۰۰۰۱*	۲/۵۷**	۱/۰۲**	۸۷۳۶/۵*	۰/۲۲**	۷۴۴ ns	۰/۰۱*	۳۷/۶ ns
مرحله رشد	۱	۰/۰۰۰۰۵**	۰/۶*	۰/۰۱ ns	۲۴۹۷۶**	۰/۰۲ ns	۴۹/۷ ns	۰/۰۰۰۳ ns	۳۵/۷ ns
سیلیسیم× مرحله رشد	۳	۰/۰۰۰۰۸ ns	۰/۰۹ ns	۰/۰۵ ns	۲۴۴۶ns	۰/۰۵ ns	۶۰۸ ns	۰/۰۰۴ ns	۱۹/۲۶ ns
خطای آزمایشی	۲۴	–	۰/۰۹	۰/۰۵	۲۲۴۳	۰/۰۲۹	۳۲۴	۰/۰۰۳	۴۳/۳۸

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد

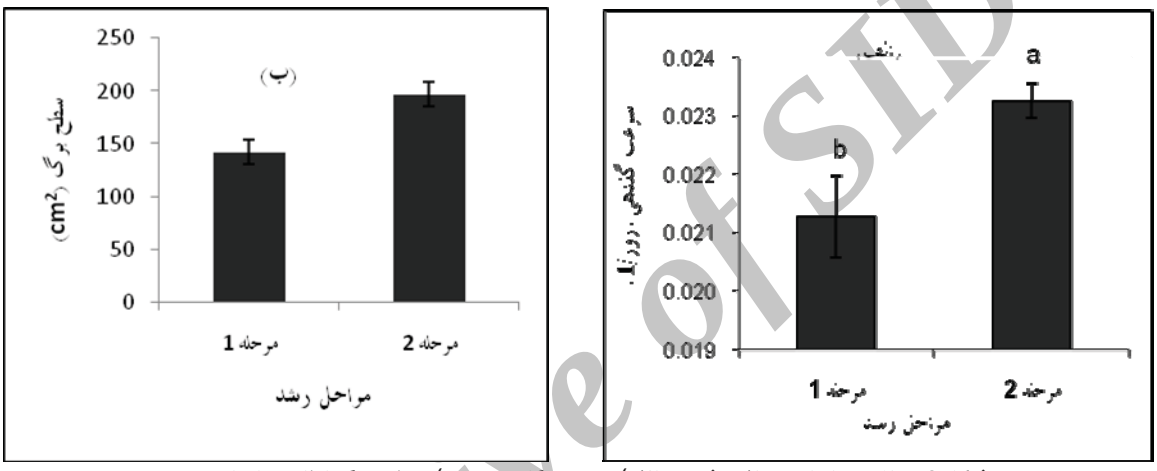
Archive of

www.SID.ir

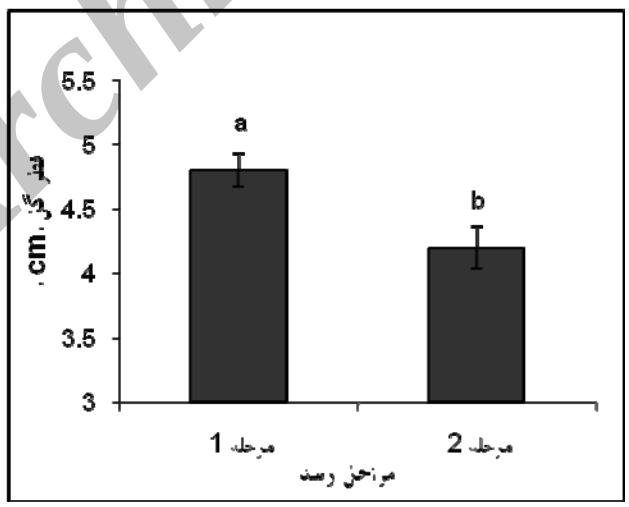
جدول۳- تاثیر سطوح مختلف سیلیسیم و مرحله رشد بر فتوسنتز، نسبت Fv/Fm ، شاخص کلروفیل و میزان هدایت روزنه ای (gs)

تیمار	فتوسنتز ($\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$)	نسبت (Fv/Fm)	شاخص کلروفیل	هدایت روزنه ای ($mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$)
سیلیسیم				
صفر	۱/۰۸b	۰/۶۱b	۳۴/۰a	۴۴/۷a
۵۰	۱/۴۷a	۰/۶۹a	۳۸/۰a	۲۷/۷a
۱۰۰	۱/۳۹a	۰/۶۹a	۳۸/۶a	۲۳/۴a
۱۵۰	۱/۳۷a	۰/۶۸a	۳۴/۴a	۲۶/۱a
مراحل رشد				
مرحله ۱	۱/۴۹a	۰/۶۶a	۳۵/۵a	۲۷/۹a
مرحله ۲	۱/۳۶a	۰/۶۷a	۳۶/۵a	۲۷/۶a

میانگین هایی که در یک ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ با هم تفاوت معنی داری ندارند.



شکل ٤- تاثیر مراحل مختلف رشد بر الف) سرعت گلدهی و ب) سطح برگ اطلسی ایرانی



شکل ٥- تاثیر مراحل رشد بر قطر گل اطلسی ایرانی

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ٦- تاثیر اسپری برگی سیلیکات سدیم با غلظت $50 mg L^{-1}$ در افزایش قطر گل اطلسی ایرانی (چپ) در مقایسه با شاهد (راست)

شکل۷- تاثیر اسپری برگی سیلیکات سدیم با غلظت $50 mg L^{-1}$ در افزایش طول دمگل اطلسی ایرانی (چپ) در مقایسه با شاهد (راست)

نتیجه گیری

به طور کلی استفاده از سیلیسیم توانست خصوصیات مورفولوژیکی (قطر گل، طول دمگل و سطح برگ) و فیزیولوژیکی (فتوسنتز و نسبت Fv/Fm) اطلسی را بهبود ببخشد و سرعت گلدهی را در این گیاه افزایش دهد. مرحله رشدی نیز فقط در قطر گل، سرعت گلدهی و سطح برگ تاثیر داشت. بر اساس نتایج حاصله از این تحقیق سطوح پایین سیلیسیم ($50 mg L^{-1}$ و ۱۰۰) در مقایسه با سطح بالاتر آن ($150 mg L^{-1}$) از نتایج بهتری در بهبود خصوصیات کیفی گل اطلسی برخوردار بود.

منابع

۱- خلیقی ا. ۱۳۷۶. گلکاری (پرورش گیاهان زینتی ایران). انتشارات گلشن. تهران.

۲- فاطمی ل.، طباطبایی س.ج. و فلاحی ا. ۱۳۸۸. اثر سیلیسیم بر رشد و عملکرد گیاه توت فرنگی در شرایط تنش شوری. مجله علوم باغبانی جلد ۲۳، شماره ۱، ص ۸۸-۹۵.

3- Adatia M.H., and Besford R.T. 1986. The Effects of silicon on Cucumber plants grown in recirculating nutrient solution.Annals of Botany, 58:343-351.

4- Agurie S., Agara W., Kubota F., and Kaufman P.B. 1992. Physiological role of Silicon in photosynthesis and dry matter production in rice plants. Jpn. J. Crop Sci. 61:

5- 200-206.

Archive of SID

www.SID.ir

6- Al-aghabary K., Zhu Z., and Shi Q. 2005. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. J. Plant Nutr. 27:2101-2115
7- Ayres A.S. 1996. Calcium silicate slage as a growth stimulator for sugarcane on low silicon soils. Soil Sci. 101:216-227.
8- Corrales I., Poschenrieder C., and Barcello J. 1997. Influence of silicon pretreatment on aluminium toxicity in maize roots. Plant and Soil, 199:203- 209.
9- Dakora F.D., and Nelwamondo A. 2003. Silicon nutrition promotes root growth and tissue mechanical strength in symbiotic cowpea. Funct. Plant Biol., 30:947-953.
10- Elawad S.H., Street J.J., and Gascho G.J. 1982. Response of sugarcane to silicate source and rate. I. Growth and yield. Agron. J. 74:481–484.
11- Epstein E. 1994. The anomaly of silicon in plant biology. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 91:11-17.
12- Fry S.C. 1986. Cross-linking of matrix polymers in the growing cell walls of angiosperms. Annu Rev Plant Physiol., 37:165-86.
13- Gillman J.H., and Zlesak D.C. 2000. Applications of sodium silicate to rose (rosa 'Nearly Wild') cuttings decreases leaflet drop and increases rooting. Hort. Sci. 35:773-776.
14- Gong H.J., Chen K.M., Chen G.C., Wang S.M., and Zhang C.L. 2003. Effects of silicon on growth of wheat under drought J. Plant Nutr. 26:1055–1063.
15- Hossain M.T., Soga K., Wakabayashi K., Kamisaka S., Fujii S., Yamamoto R., and Takayuki H. 2007. Modification of chemical properties of cell walls by silicon and its role in regulation of the cell wall extensibility in oat leaves. J. Plant Physiol., 164:385-393
16- Ishiguro K. 2001. Review of research in Japan on the roles of silicon in conferring resistance against rice blast, pp. 277–291. In Datnoff L.E., Snyder G.H., and Korndorfer G.H. (eds.), Silicon in agriculture. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
17- Jian-peng F., Qing-hua S., and Xiu-feng W. 2009. Effects of Exogenous Silicon on Photosynthetic Capacity and Antioxidant Enzyme Activities in Chloroplast of Cucumber Seedlings Under Excess Manganese. Agricultural Sciences in China, 8:40-50.
18- Kamenidou S., Cavins T.J., and Marek S. 2008. Silicon supplements affect horticultural traits of greenhouse-produced ornamental sunflowers. Hort. Sci., 43: 236–239.
19- Kamenidou S., Cavins T.J., and Marek S. 2010. Silicon supplements affect floricultural quality traits and elemental nutrient concentrations of greenhouse produced gerbera. Sci. Hort., 123:390–394.
20- Korndorfer G.H., and Lepsch I. 2001. Effect of silicon on plant growth and crop yield. Plant Sci. 8:133-147.
21- 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.
22- Lux A., Luxova M., Hattori T., Inanaga S., and Sugimoto Y. 2002. Silicification in sorghum (Sorghum bicolor) cultivars with different drought tolerance. Plant Physiol. 115:87-92.
23- Ma J.F. 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plant to biotic and abiotic stresses. Soil Sci. 50:11-18.
24- Ma J.F., and Takahashi E. 2002. Soil, Fertilizer and Plant Silicon Research in Japan. Elsevier, Amsterdam, 281p.
25- Matichenkov V., and Calvert D. 1999. Silicon fertilizers for citrus in florida. Proc. Fla. State Hort. Soc. 112:5-8.
26- Miyake Y., and Takahashi E. 1978. Silicon deficiency of tomato plant. Soil Sci. plant Nutr. 24:175-189.
27- Ng L., and Jiashu C. 2001. Effects of silicon on earliness and photosynthetic characteristics of melon. Acta Hort. Sinica, 28:421–424.
28- Noor M., Miah H., Yoshuda T., and Yamamoto Y. 1995. Studies on the response of rice to silicon nutrition at different growth stage under water culture condition. Res. Rep. Kochi Univ, 44:40-51.
29- Savant N.K., Korndorfer G.H., Datnoff L.E., and Snyder G. 1999. Silicon nutrition and sugarcane production: A review. J. Plant Nutr. 22:1853-1903.
30- Trenholm L.E., Duncan R.R., Carrow R.N., and Snyder G.H. 2001. Influence of silica on growth, quality, and wear tolerance of seashore paspalum. J. Plant Nutr. 24:245-259.
31- Yoshida S. 1975. The physiology of silicon in rice. Taipei: Food and Fertilization Technology Center, (FFTC. Technical Bulletin, 25).

.

Archive of SID

www.SID.ir