اثر محلول‌پاشی سیلیس بر برخی ویژگی‌های رشدی، بیوشیمیایی، زایشی و میزان عناصر برگی گل داوودی (*Dendranthema×grandiflorum* cv. Fellbacher Wein)

هادی حاجی‌پور[۱]، زهره جبارزاده[۱*] و میرحسن رسولی صدقیانی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۱۹)

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم و سیلیکات سدیم بر ویژگی‌های رشدی و میزان عناصر برگی داوودی بود. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور منبع سیلیس در دو سطح (سیلیکات کلسیم و سیلیکات سدیم) و غلظت سیلیس در پنج سطح (صفر به‌عنوان شاهد، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در محیط کشت خاک و در سه تکرار انجام شد. در پایان دوره رشد، وزن تر و خشک برگ، ساقه، گل و ریشه، قطر گل، تعداد گل، پروتئین کل، قندهای محلول و نیز غلظت عناصر برگی شامل نیتروژن، پتاسیم، فسفر، روی، منگنز، آهن، مس و سیلیس اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که با تغذیه برگی گیاه با سیلیس، وزن تر و خشک برگ، ساقه، گل و ریشه، قطر گل، تعداد گل، پروتئین کل و قندهای محلول افزایش یافت، همچنین، غلظت عناصر برگی گیاه داوودی، به‌ویژه نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی افزایش و مقادیر عناصر آهن، منگنز و مس کاهش یافت. غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات‌های سدیم و کلسیم برای بهبود ویژگی‌های مورفولوژیک و زایشی و نیز جذب عناصر نیتروژن، پتاسیم، منگنز، آهن و مس مناسب‌ترین غلظت بود. ولی برای بهبود جذب عناصر روی و سیلیس، بهترین غلظت از هر دو نوع سیلیکات، غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود.

کلمات کلیدی: سیلیکات کلسیم، سیلیکات سدیم، ارتفاع گیاه، قطر گل، تعداد گل

مقدمه

گل داوودی با نام علمی *Dendranthema×grandiflorum*، به‌عنوان یکی از گیاهان مهم زینتی از تیره Asteraceae است. این گیاه از مهم‌ترین گل‌های بریدنی دنیا و نیز یکی از پُرفروش‌ترین گیاهان گلدانی و فضای سبز است (۵۸).

سیلیس دومین عنصر فراوان موجود در خاک است. غلظت آن در محلول خاک ۰/۱ تا ۰/۶ میلی‌مولار است و کمیت این عنصر در حد عناصری همانند کلسیم، منیزیم، فسفر و

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۲. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: z.jabbarzadeh@urmia.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

سولفور است (۱۶).

در پژوهشی، افزودن سیلیس به محلول غذایی باعث افزایش وزن تر و خشک برگ‌ها و ریشه‌ها در بنت‌گراس خزنده (Creeping Bentgrass) و زویشیا (Zoysia grass) شد (۳۲). بررسی‌ها نشان داده‌اند که تیمار ۸۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم متاسیلیکات پتاسیم به‌صورت آمیخته خاکی در داوودی باعث افزایش تعداد گل، قطر گل آذین و وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه شد (۷). در پژوهش دیگری، تیمار آفتابگردان زینتی با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس به‌صورت محلول‌پاشی و آمیخته خاکی، قطر گل‌ها را افزایش داد (۲۶). در گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.)، تعداد گل در هر گلدان و قطر گل با کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس افزایش یافت (۳). در ژربرا، با کاربرد ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات سدیم، زمان رسیدن به آغازش جوانه و گل‌دهی کاهش یافت (۲۷). در پژوهش دیگری، سیلیکات سدیم با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌صورت محلول‌پاشی برگی باعث کاهش تعداد روز تا آغازش جوانه و تعداد گل‌های ارکید شد (۶۶). سیلیکون در غلظت دو گرم در لیتر به‌صورت محلول‌پاشی در گل‌های بریده رُز باعث باز شدن زودهنگام گل‌ها شد (۶۸).

در پژوهشی، کاربرد سیلیکات‌های کلسیم ($CaSiO_3$)، پتاسیم (K_2SiO_3) و سدیم (Na_2SiO_3) همراه با آب آبیاری سبب افزایش میزان عناصر کلسیم، پتاسیم، فسفر، منیزیم و کاهش مقادیر آهن، بور و مس در برگ‌های داوودی شده است (۵۵). در پژوهشی در ژربرا، تیمار سیلیکون به‌میزان ۱/۲۵ میلی‌مولار سبب افزایش نیتروژن، کلسیم و پتاسیم برگ‌های ژربرا شد، درحالی که در میزان منیزیم تأثیری نداشت (۵۳). در آفتابگردان زینتی، سیلیس به‌میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک سبب بهبود جذب پتاسیم شد؛ اگرچه تأثیری بر جذب نیکل، مولیبدن و بور نداشت (۱۹). محلول‌پاشی ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم سبب افزایش غلظت فسفر و کاهش عناصری همانند منگنز، آهن و مس در برگ‌های گل جعفری (*Tagetes patula*) شد (۵۶). کاربرد ۱/۲۵ میلی‌مولار سیلیس در ژربرا به‌صورت محلول‌پاشی برگی باعث کاهش میزان آهن در برگ‌های گیاه شد (۲۷).

از آنجا که تحقیقات کمی در خصوص بررسی اثر محلول‌پاشی سیلیسیوم بر ویژگی‌های گیاه داوودی وجود دارد، بنابراین، پژوهش حاضر با هدف مطالعه تأثیر محلول‌پاشی غلظت‌های گوناگون سیلیس از دو منبع متفاوت بر برخی ویژگی‌های رشدی، گل‌دهی، بیوشیمیایی و جذب عناصر ماکرو و میکرو در گل داوودی پایه‌ریزی شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، از گل داوودی رقم Fellbacher Wein استفاده شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو تیمار شامل منبع سیلیس (سیلیکات سدیم و سیلیکات کلسیم) و غلظت سیلیس (صفر به‌عنوان شاهد، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در محیط کشت خاک در سه تکرار انجام شد. قلمه‌های ریشه‌دار شده (در هر گلدان دو قلمه ریشه‌دار) به گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر منتقل شدند. گیاهان در گلخانه تحت شرایط دمایی حدود ۱۷/۱۴ درجه سلسیوس (شب/روز) و با شدت نور ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ لوکس و رطوبت نسبی ۶۵-۷۰ درصد قرار گرفتند. یک ماه بعد از استقرار کامل گیاهان، محلول‌پاشی سیلیکات‌های سدیم و کلسیم به صورت هفتگی، به‌مدت ۱۰ هفته، انجام گرفت.

به‌منظور بررسی اثر تیمار سیلیکات بر برخی ویژگی‌های رویشی گیاهان مورد آزمایش، در پایان هفته یازدهم، وزن تر برگ (پنج برگ به‌صورت تصادفی)، وزن تر ساقه (ساقه اصلی و ساقه‌های جانبی)، گل (یک گل از هر گیاه) و ریشه (کل ریشه) به‌کمک ترازوی دیجیتالی (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) اندازه‌گیری شد. جهت تعیین وزن خشک نمونه‌ها (برگ، ساقه، گل و ریشه)، ابتدا نمونه‌ها به‌مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند و پس از خارج کردن نمونه‌ها از آون، وزن خشک آنها به‌کمک ترازوی دیجیتالی تعیین شد. تعداد گل‌ها شمارش شدند. قطر گل‌ها توسط کولیس دیجیتال

www.SID.ir

Archive of SID

(No:Z, Model 22855) اندازه‌گیری شد.

برای تعیین قند محلول از روش ایریگوین و همکاران (۲۵) استفاده شد. برای تهیه عصاره گیاهی جهت تعیین میزان پروتئین، از روش کانگ و سالتیوینت (۲۸) استفاده شد. برای تعیین میزان پروتئین محلول، از روش برادفورد (۶) استفاده شد. برای تعیین پروتئین خام در گیاه، میزان جذب نمونه‌ها و محلول‌های استاندارد با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۵ نانومتر قرائت شد و پس از رسم منحنی استاندارد به‌دست آمده، غلظت به‌صورت میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر بیان شد.

برای تعیین غلظت عناصر در گیاه داوودی، یک هفته پس از آخرین محلول‌پاشی، برگ‌های قسمت‌های وسط گیاه برداشت شدند. تعیین غلظت نیتروژن کل به‌روش کجلدال و فسفر به‌روش رنگ‌سنجی (رنگ زرد مولیبدات وانادات) به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-2100) در طول موج ۴۷۰ نانومتر انجام شد (۴۹). غلظت پتاسیم به‌روش شعله‌سنجی (۴۳) تعیین شد. اندازه‌گیری روی، آهن، مس و منگنز به‌روش جذب اتمی شعله‌ای صورت گرفت. اندازه‌گیری سیلیسیم با استفاده از روش الیوت و اشنایدر (۱۵) و هضم اتوکلاوی و رنگ‌سنجی با استفاده از روش نارایاناسوامی و پراکاش (۴۵) انجام شد.

برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی، از نرم‌افزار SAS استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطوح یک و پنج درصد انجام گرفت. همچنین، برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر منبع و غلظت سیلیس بر ویژگی‌های رشدی و بیوشیمیایی داوودی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول‌های ۱ و ۲)، به‌جز وزن تر و خشک برگ و قطر گل که اثرهای اصلی منبع سیلیس بر آنها معنی‌دار نشد، تمامی اثرهای اصلی و متقابل منبع و غلظت سیلیس در سطح یک درصد بر ویژگی‌های رشدی، گل‌دهی و نیز قندهای محلول معنی‌دار شدند. لازم به‌ذکر است که در مورد پروتئین کل، فقط اثرهای اصلی معنی‌دار شدند.

وزن تر و خشک برگ

بر طبق نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به کاربرد سیلیکات، بیشترین وزن تر و خشک برگ (به‌ترتیب ۱/۹۹ و ۰/۲۵۵ گرم) در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم مشاهده شد (جدول ۳). سیلیکون با افزایش میزان کارایی فتوسنتز، دی‌اکسید کربن قابل تبادل، کلروفیل و میزان کربوهیدرات سبب افزایش تولیدات و ذخایر برگی می‌شود (۹ و ۶۵) که احتمالاً از این طریق سبب افزایش وزن تر و خشک برگ‌ها می‌شود. علاوه بر این، سیلیکون با رسوب در بافت‌های اپیدرمی برگی، سبب افزایش ضخامت برگ و به‌دنبال آن افزایش وزن تر و خشک می‌شود (۳۶). سیلیکون با افزایش سطح برگ تأثیر مستقیمی در افزایش وزن تر و خشک برگ دارد. سیلیکون با اثر بر جذب نیتروژن و آسیمیلاسیون کربن، وزن تر وخشک برگ را افزایش می‌دهد (۲). در این پژوهش، افزایش وزن تر برگ داوودی در اثر کاربرد سیلیکات با نتایج سایر پژوهشگران در گراس خزنده (Creepingben bentgrass) و زویشیا (Zoysia grass) و نیز در داوودی تطابق دارد (۷ و ۳۲).

وزن تر و خشک ساقه

مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل منبع و غلظت سیلیکات نشان می‌دهد که بیشترین وزن تر و خشک ساقه مربوط به تیمارهای ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات سدیم بود (جدول ۳).

سیلیکون در دیواره‌های سلولی به‌خوبی با پکتین و کلسیم در ارتباط است و در بافت‌های ساقه ذخیره می‌شود که این خود سبب افزایش وزن تر و خشک ساقه می‌شود (۵۷). از آنجا که سیلیکون سبب افزایش قطر ساقه، قدرت و ایستادگی ساقه می‌شود به‌تبع این اثرها، افزایش وزن ساقه را به‌دنبال خواهد

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرهای کاربرد سیلیکات‌های سدیم و کلسیم بر ویژگی‌های رشدی و بیوشیمیایی داوودی رقم 'Fellbacher Wein'

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر برگ	وزن خشک برگ	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	قندهای محلول	پروتئین کل
منبع سیلیس	۱	۰/۰۱۲^{ns}	۰/۰۱۲^{ns}	۱۵/۷۲**	۰/۷۴۸**	۴۳/۸۹**	۰/۰۲۱**	۰/۳۶۲**	۲۵/۴۸**
غلظت سیلیس	۴	۰/۲۶۵**	۰/۰۰۲**	۹۳/۳۶**	۱۵/۶۳**	۴۱/۷۰**	۱/۰۷**	۰/۰۸۵**	۱۸/۶۶**
منبع × غلظت	۴	۰/۱۸۲**	۰/۰۰۳**	۶۱/۴۴**	۲۰/۷۳**	۴/۰۷**	۰/۰۳۹**	۰/۰۸۵**	۱/۱۵^{ns}
اشتباه آزمایشی	۲۰	۰/۰۰۹	۰/۰۰۰۲	۰/۴۱۷	۰/۰۱	۰/۱۰۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۱/۴۴
ضریب تغییرات (٪)		۶/۳۴	۶/۹۳	۳/۸۰	۲/۴۹	۲/۵۸	۴/۱۷	۶/۶۶	۱۸/۴۷

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرهای کاربرد سیلیکات‌های سدیم و کلسیم بر ویژگی‌های گل‌دهی داوودی رقم 'Fellbacher Wein'

منابع تغییرات	درجه آزادی	قطر گل	وزن تر گل	وزن خشک گل	تعداد گل
منبع سیلیس	۱	۵۴/۹۹^{ns}	۰/۰۱۲**	۰/۰۰۷**	۲۳/۵۳**
غلظت سیلیس	۴	۵۴۸/۳۸**	۰/۱۱۷**	۰/۰۱۱**	۱۱۵/۵۳**
منبع × غلظت	۴	۱۱/۳۳**	۰/۰۰۳*	۰/۰۰۱**	۶۰/۴۶**
اشتباه آزمایشی	۲۰	۱۸/۵۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۸	۰/۶۶
ضریب تغییرات (٪)		۱۰/۷۹	۶/۸۸	۷/۰۷	۱۰/۱۲

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

داشت. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که با افزایش میزان ظرفیت فتوسنتزی، تعداد برگ، میزان کلروفیل، میزان کربوهیدارت‌ها، قندهای محلول کل و سایر عوامل دیگری که سبب افزایش عملکرد در گیاه می‌شوند می‌توانند وزن ساقه را در گیاهان افزایش دهند. مطابق پژوهش حاضر، در آفتابگردان زینتی و داوودی، سیلیکون سبب افزایش وزن خشک ساقه شد (۷ و ۲۶).

وزن تر و خشک ریشه

نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان‌دهنده آن است که در محیط کشت خاک، بیشترین وزن تر و خشک ریشه در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم مشاهده شد. ولی از غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر به بعد وزن تر و خشک ریشه کاهش یافت؛ اگر چه این مقادیر نسبت به شاهد معنی‌دار بودند.

افزودن سیلیکون به محیط رشد ریشه یا محلول‌پاشی برگی سبب افزایش سطح و میزان ریشه‌های موئین می‌شود (۳۷). در نتیجه، می‌توان انتظار افزایش وزن تر و خشک ریشه‌ها را داشت. علاوه بر این، گیاهانی که تحت تیمار سیلیکون قرار گرفتند میزان فتوسنتز، وزن تر برگ، ساقه و به‌طور کلی میزان عملکرد در اندام‌های هوایی بیشتری دارند. پس برای تعادل و عدم افت محصول باید ریشه‌ها نیز به‌تبع آن کارایی بیشتری داشته باشند. نتایج لاکس و همکاران (۳۴) و هاتوری و همکاران (۲۱) نشان داد که سیلیکون نقش مهمی در رشد ریشه‌ها و حرکت آب به‌طرف ریشه‌ها از ریزوسفر خاک دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرهای کاربرد سیلیکات‌های سدیم و کلسیم بر ویژگی‌های رشدی و بیوشیمیایی داوودی رقم 'Fellbacher Wein'

منبع سیلیس	غلظت سیلیکات (mg/L)	وزن تر برگ (g)	وزن خشک برگ (g)	وزن تر ساقه (g)	وزن خشک ساقه (g)	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)	قندهای محلول (mg/g FW)
سیلیکات کلسیم	۰	۱/۳۴ c	۰/۲۴abc	۱۱/۲e	۱/۳g	۸/۱۱f	۰/۶۵f	۰/۹۲d
	۵۰	۱/۱d	۰/۱۵۱d	۱۹/۸۲b	۲/۸۳e	۱۶/۲a	۱/۷۰b	۰/۹۸d
	۱۰۰	۱/۵۲bc	۰/۲۲۵abc	۱۵/۶۹c	۴/۶۳d	۱۵/۷۳b	۱/۵۰c	۰/۹۹d
	۱۵۰	۱/۷۱b	۰/۲۴abc	۱۷/۰۲c	۴/۹۱c	۱۵/۳۴bc	۱/۳۷d	۰/۹۹d
	۲۰۰	۱/۹۹a	۰/۲۵۵a	۲۴/۷۳a	۷/۶۳a	۱۴/۴۱c	۱/۳۱d	۱/۰۶cd
سیلیکات سدیم	۰	۱/۳۴c	۰/۲۴abc	۱۱/۲e	۱/۳g	۸/۱۱f	۰/۶۵f	۰/۹۲d
	۵۰	۱/۵۵b	۰/۲۳۸abc	۲۴/۰۶a	۷/۷۲a	۱۴/۷۱c	۱/۸۳a	۱/۳۷b
	۱۰۰	۱/۴۹bc	۰/۲۰۷bc	۱۴/۷۸d	۲/۱۹f	۱۲/۸۲d	۱/۶۹b	۱/۱۹bc
	۱۵۰	۱/۴c	۰/۱۹۸c	۱۹/۰۸b	۵/۷۸b	۱۱/۴۶e	۱/۵۰c	۱/۵۰a
	۲۰۰	۱/۶۵b	۰/۲۴۶ab	۱۲/۹۴e	۲/۳۳ef	۱۰/۶۲e	۱/۲۸e	۱/۰۵cd

در هر ستون، حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

در نتیجه، میزان وزن تر و خشک ریشه‌ها افزایش پیدا می‌کند. نتایج این پژوهش در افزایش وزن تر ریشه‌ها با نتایج سایر پژوهشگران در بنت‌گراس خزنده و زویشیاگراس و چمن باهایا (*Paspalum notatum* Flügge) مطابقت داشت (۳۲ و ۳۹).

قندهای محلول

مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده آن است که بیشترین میزان قندهای محلول (۱/۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات سدیم مشاهده شد و تیمار سیلیکات کلسیم تأثیری در افزایش قندهای محلول نداشت (جدول ۳).

نتایج سایر پژوهشگران نیز نشان داده که سیلیکون سبب افزایش قندهای محلول می‌شود که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد (۳۵ و ۴۰). سیلیکون، بر متابولیسم قندها و توزیع مواد فتوسنتزی در گیاهان در حال رشد اثر قابل توجهی داشته و سبب افزایش آنها می‌شود. سیلیکون، با افزایش کربوهیدرات‌ها، گیاه را از تخریب اکسیداتیو محافظت می‌کند و سبب بقای ساختار غشای پروتیئن‌ها می‌شود. بیشترین غلظت سیلیکون در گیاه در جاهایی که بیشترین تبخیر است مشاهده می‌شود (۲۲). نتایج نشان داد که چندین اسید آمینه (به‌عنوان مثال آلانین، آسپارتات، اورنیتین و ترئونین) و همچنین قندهای گلوکز و فروکتوز با تیمار سیلیکون در برنج تغییرات عمده نشان دادند.

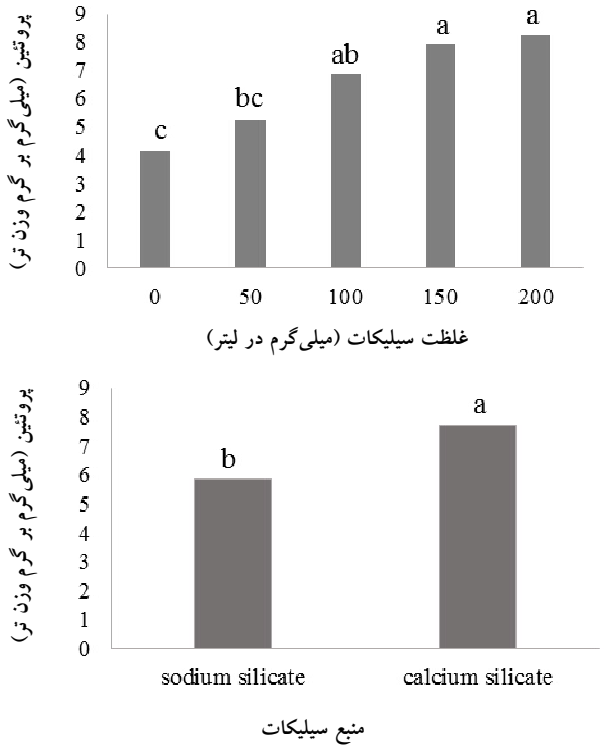
پروتئین

مقایسه میانگین‌های مربوط به کاربرد سیلیکات نشان می‌دهد که با افزایش میزان سیلیکات، میزان پروتئین موجود در بافت برگ‌های داوودی افزایش می‌یابد. ولی بین غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات، در افزایش میزان پروتئین، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. لازم به‌ذکر است که تأثیر سیلیکات کلسیم بر افزایش میزان پروتئین بیشتر از سیلیکات سدیم بود (شکل ۱).

تیمار سیلیکون سبب افزایش لیگنین، سلولز و پروتئین می‌شود (۶۰). می‌توان گفت که افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی احتمالاً مانع از تجزیه پروتئین‌های گیاهی در تنش

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. اثرهای اصلی نوع و غلظت سیلیکات بر میزان پروتئین داوودی در محیط کشت خاک. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

خشکی می‌شود. اگرچه نقش مفید سیلیکون در جهت رشد و توسعه بسیاری از گیاهان ثابت شده است، ولی مکانیسم‌های فیزیولوژیک و مولکولی آنها هنوز به‌خوبی درک نشده‌اند. به‌تازگی نشان داده شده که سیلیکون در شرایط بدون تنش می‌تواند تعادل C/N را در برنج برقرار کند. پژوهش‌ها اشاره به نقش مهم سیلیکون به‌عنوان یک متابولیت سیگنالی دارند که قادر به تشویق انتقال مجدد اسید آمینه‌ها است. همچنین، یک ارتباط قوی بین غلظت سیلیکون و سطح ترکیبات همراه شده با تنفس (Isocitvate and 2- Oxoglutarate) و تعداد آمینواسید (آلانین ، آرژنین، گلوتامین، اورنیتین، ایزولوسین، متیونین و والین) مشاهده شده است (۱۴).

تغذیه سیلیکون نقش مهمی در تعدیل جریان 2- Oxoglutarate برای متابولیسم اسیدهای آمینه ایفا می‌کند (۲۹ و ۵۹). بر این اساس، افزایش ذخیره سازی پروتئین را با کاربرد سیلیکون می‌توان انتظار داشت (۴۱). دلیل دیگری که می‌شود برای افزایش میزان پروتئین در تیمار سیلیکون ذکر کرد این است که عنصر پتاسیم در تشکیل و ساخته شدن پروتئین‌ها نقش دارد. در نتیجه می‌توان انتظار داشت که محلول‌پاشی سیلیکون با اثر غیر مستقیم بر افزایش مقدار پتاسیم در گیاه سبب افزایش پروتئین‌ها می‌شود. نتایج تحقیقات بهاروانا و همکاران (۵) در افزایش میزان پروتئین ناشی از تیمار سیلیکون گواه بر تأیید نتایج این پژوهش است.

قطر گل

نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان‌دهنده آن است که در محیط کشت خاک بیشترین قطر گل‌ها (۵۵/۰۷ میلی‌متر) در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات سدیم مشاهده شد.

سیلیکون، با افزایش حرکت آب و مواد غذایی به‌طرف سلول‌ها، زمینه را برای رشد بیشتر آنها فراهم می‌کند. از سوی دیگر، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که سیلیکون باعث تحریک

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرات کاربرد سیلیکات‌های سدیم و کلسیم بر ویژگی‌های گل‌دهی داوودی رقم 'Fellbacher Wein'

منبع سیلیس	غلظت سیلیکات (mg/L)	قطر گل (mm)	وزن تر گل (g)	وزن خشک گل (g)	تعداد گل
سیلیکات کلسیم	۰	۲۵/۷۱^{d}	۰/۳۳۴^{e}	۰/۰۹۶^{ef}	۵/۶۶^{b}
	۵۰	۳۵/۹^{bcd}	۰/۳۲۵^{e}	۰/۱۰۴^{def}	۶/۶۶^{b}
	۱۰۰	۴۴/۴۵^{ab}	۰/۵۰۳^{c}	۰/۱۲^{d}	۵/۶۶^{b}
	۱۵۰	۴۶/۰۶^{ab}	۰/۶۴۹^{a}	۰/۲۳۲^{a}	۱۲^{a}
	۲۰۰	۴۰/۶۵^{bc}	۰/۵۸۹^{b}	۰/۱۸۸^{b}	۶^{b}
سیلیکات سدیم	۰	۳۰/۲۵^{cd}	۰/۳۲^{e}	۰/۰۹۳^{f}	۵/۳۳^{b}
	۵۰	۳۷/۲۷^{cd}	۰/۲۱۶^{e}	۰/۰۸۴^{f}	۱۲^{a}
	۱۰۰	۳۵/۵۴^{bcd}	۰/۴۲۹^{d}	۰/۱۱۹^{de}	۱۰/۳۳^{a}
	۱۵۰	۵۲/۷۱^{a}	۰/۶۵۱^{a}	۰/۱۶۱^{c}	۱۰^{a}
	۲۰۰	۵۵/۰۷^{a}	۰/۴۷۵^{cd}	۰/۱۲۷^{d}	۷^{b}

در هر ستون، حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

بیوسنتز سیتوکینین می‌شود که سیتوکنین موجود در شاخه نیز باعث توسعه جوانه گل می‌شود. در نتیجه، می‌توان انتظار داشت که جوانه‌های بزرگتر دارای گل‌های بزرگ‌تر نیز خواهند بود (۳۸). افزایش قطر گل با سیلیکات در ژربرا، اطلسی و داوودی گزارش شده است (۴، ۷ و ۴۴).

وزن تر گل

مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل نوع و غلظت سیلیکات (جدول ۴) نشان می‌دهد که وزن تر و خشک گل‌های داوودی بعد از محلول‌پاشی سیلیکات افزایش پیدا می‌کند. بیشترین وزن تر و خشک گل مربوط به تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و سیلیکات سدیم بود. همچنین، بین تیمارهای ۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات‌های سدیم و کلسیم با شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود نداشت.

وجود آسیمیلات‌هایی مانند کربوهیدارت‌ها برای نفوذ آب و توسعه سلول‌ها نیاز است (۲۴) و با افزایش میزان کربوهیدارت‌ها، نفوذ آب، توسعه سلول‌ها و در نتیجه وزن تر گلبرگ‌ها افزایش می‌یابد (۴۸). از سوی دیگر، احتمال می‌رود که افزایش در وزن تر و خشک گل و گلبرگ‌ها به‌خاطر اثر سیلیکون بر میزان کربوهیدرات‌ها و قندها و ذخایر فتوسنتزی باشد (۱۷). بررسی‌های انجام شده در مورد داوودی، پائونیا و رُز نشان داده که سیلیکون باعث افزایش وزن تر و خشک گل می‌شود، که با نتایج گرفته شده در این بررسی مطابقت داشت (۷، ۶۸ و ۶۹).

تعداد گل

نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که در محیط کشت خاک، بیشترین تعداد گل در تیمار ۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات سدیم و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم مشاهده شد که البته با تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات سدیم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

گل‌های فراوان برای گیاهان با گل‌های زینتی بسیار مهم است. یکی از مهم‌ترین عوامل تحریک توسعه جوانه جانبی، سطح سیتوکنین شاخه است (۱). وقتی که تعداد جوانه گل در

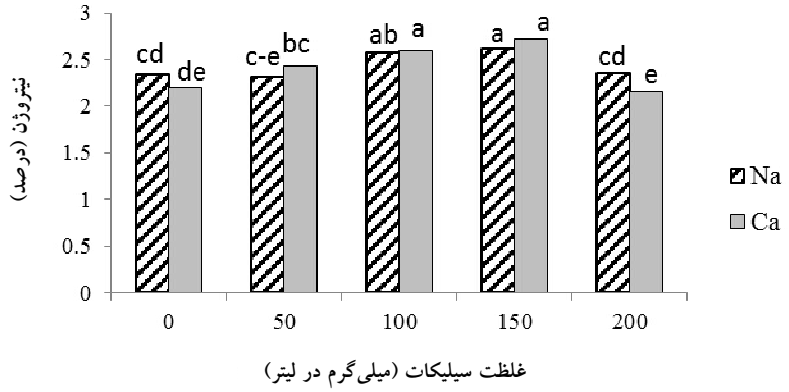
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر کاربرد سیلیکات‌های سدیم و کلسیم بر میزان عناصر برگی داوودی رقم 'Fellbacher Wein'

منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن	پتاسیم	فسفر	آهن	روی	مس	منگنز	سیلیس
منبع سیلیس	۱	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۱۹۸**	۰/۳۲۵*	۳۲۸۴۵/۱۳**	۳۴۳۳/۶۳**	۱۶/۵۶**	۳۰۶/۳۰**	۳۵۸۴۵/۶۳**
غلظت سیلیس	۴	۰/۲۱۲**	۱/۱۰**	۰/۵۷۵**	۷۱۳۴۰۴/۱۱**	۱۶۳۲/۲۵**	۸۹/۶۳**	۴۸۹۴/۴۹**	۳۰۴۴۳۹/۲۰**
منبع × غلظت	۴	۰/۰۲۹**	۰/۰۲۱^{ns}	۰/۳۶۶**	۱۰۵۸۲/۶۷^{ns}	۳۷۱/۷۹**	۴/۲۰**	۶۹۳۴/۸۵**	۵۴۱۰/۴۶**
اشتباه آزمایشی	۲۰	۰/۰۰۴	۰/۰۱۷	۰/۰۵۱	۴۷۵۹/۵۲	۱۹/۴۶	۰/۳۸۱	۵۰/۱۱	۱۲/۲۰
ضریب تغییرات (٪)		۱/۰۶	۵/۴۲	۱۵/۲۳	۱۶/۱۶	۱۲/۹۹	۶/۱۸	۴/۴۸	۰/۴۴۹

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار



شکل ۲. اثرهای متقابل منبع و غلظت سیلیس در محیط کشت خاک بر میزان عنصر نیتروژن برگ داوودی.
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

اثر تیمار سیلیکات‌ها افزایش پیدا کرد، در نتیجه تعداد گل نیز افزایش پیدا خواهد کرد؛ به‌ویژه که این گیاه از نظر ذخایر مواد فتوسنتزی غنی باشد، که همه این شرایط بهینه توسط تیمار سیلیکون قابل انجام است. گزارش‌های پژوهشگران در مورد همیشه بهار، اطلسی ایرانی و داوودی اثبات کرده که تیمار سیلیکون باعث افزایش تعداد گل‌ها می‌شود، که نتایج گرفته شده در این پژوهش نیز همسو با این تحقیقات بود (۳، ۴ و ۵۵).

تأثیر منبع و غلظت سیلیس بر میزان عناصر برگی داوودی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵)، به‌جز نیتروژن برگ، که اثر اصلی منبع سیلیس بر آن معنی‌دار نشد، تمامی اثرهای اصلی و متقابل منبع و غلظت سیلیس بر میزان عناصر برگی داوودی معنی‌دار شدند. لازم به‌ذکر است که در مورد پتاسیم و آهن، فقط اثرهای اصلی معنی‌دار شدند.

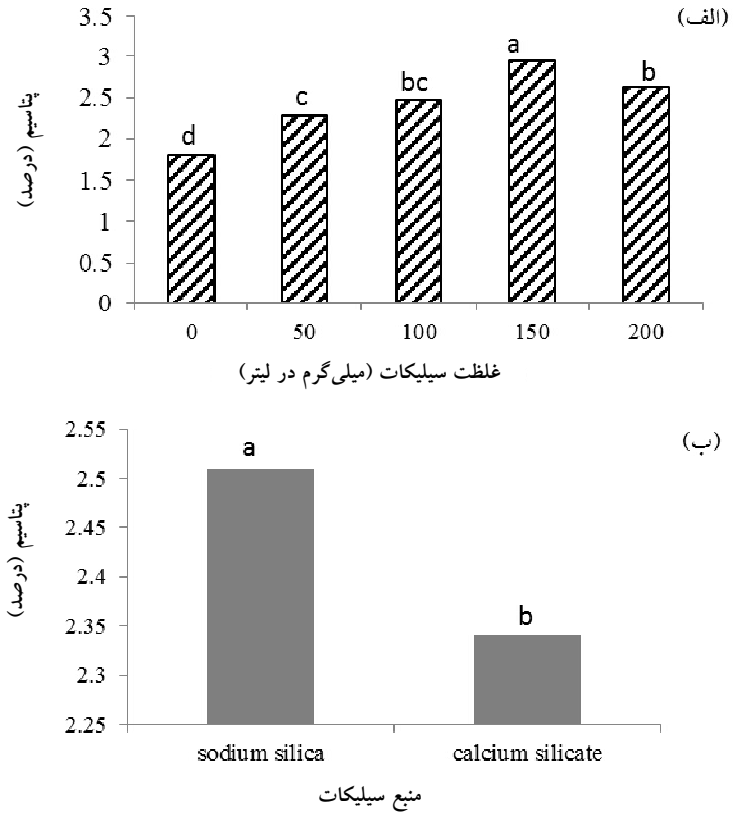
نیتروژن

در این پژوهش، بیشترین میزان نیتروژن (۲/۵۹ درصد) در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم مشاهده شد. میزان نیتروژن در برگ‌های داوودی، با افزایش غلظت سیلیکات تا ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش و در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کاهش جزئی نشان داد (شکل ۲).

همانند سایر گیاهان، داوودی از مرحله کاشت تا مرحله گل‌دهی نیاز به نیتروژن دارد (۶۷). همچنین، برای تولید بیوماس

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. اثرهای اصلی الف) غلظت سیلیس و ب) منبع سیلیس در محیط کشت خاک بر میزان عنصر پتاسیم برگ داوودی.
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

گیاهی و بیوسنتز آنزیم‌های موجود در برگ‌های داوودی به نیتروژن نیاز است (۳۳). سیلیکون سبب افزایش NH_3، تشکیل گره و تثبیت N_2 می‌شود. در نتیجه، می‌توان انتظار داشت که نیتروژن گیاه در اثر تیمار سیلیکات‌ها افزایش یابد. در شرایطی که قابلیت دسترسی نیترات کم باشد، سیلیس جذب آن را افزایش می‌دهد. در نتیجه، مقدار نیترات در گیاه افزایش می‌یابد. همچنین، اگر غلظت نیترات در گیاه کافی باشد، به‌منظور پیشگیری از بروز سمیت، سیلیس، تجمع نیترات را کاهش می‌دهد. سیلیکون سبب افزایش سنتز نیتروژن از آمینواسیدها و دیگر ترکیبات نیتروژن‌دار می‌شود (۱۳). افزایش نیتروژن با افزایش فسفر و پتاسیم رابطه مستقیم دارد. بنابراین، با افزایش مقادیر این عناصر، انتظار می‌رود نیتروژن نیز در اثر تیمار سیلیس زیاد شود (۱۲). نتایج این بررسی با نتایج ساواس در ژربرا که سیلیکون سبب افزایش میزان نیتروژن شده بود، مطابقت دارد (۵۲).

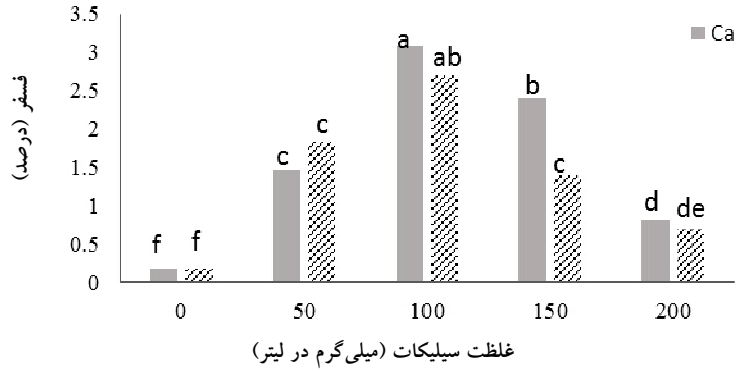
پتاسیم

در این پژوهش، سیلیکات سدیم در افزایش میزان پتاسیم مؤثرتر از سیلیکات کلسیم بود و در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات بیشترین میزان پتاسیم در برگ (۲/۹۵ درصد) مشاهده شد. میزان پتاسیم در برگ‌های داوودی در هر دو منبع سیلیس تا ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات افزایش نشان داد و در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اندکی کاهش یافت (شکل ۳).

میزان نیاز به کلسیم و پتاسیم بسته به گونه در داوودی به‌ترتیب ۱۹/۸–۲۴/۸ گرم در کیلوگرم و ۳۵/۷–۳۷/۸ گرم در کیلوگرم است (۷). نیاز به پتاسیم در داوودی زیاد بوده و وجود آن برای رشد و رنگ گل‌ها ضروری است (۶۴). کاربرد سیلیس به‌طور گسترده سبب کاهش کمبود مواد مغذی گیاهی، از جمله

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. اثرهای متقابل منبع و غلظت سیلیکات در محیط کشت خاک بر میزان عنصر فسفر برگ داوودی.

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

کاهش کمبود K^+، می‌شود (۲۳ و ۴۲). مطالعات نشان داده که سیلیس نقش واسطه‌ای در تجمع K^+در آوندهای چوبی دارد که در نهایت سبب کاهش سطح آبی گیاه در شرایط کمبود K^+ می‌شود. افزایش جذب پتاسیم در گیاهان تحت تأثیر سیلیس می‌تواند در اثر تأثیر سیلیس در افزایش زیست‌توده باشد (۸ و ۱۱). هر چند مطالعات قبلی نشان می‌دهد که کودهای سیلیسیم نقش مفیدی در جبران کمبود ناشی از پتاسیم دارند. میزان تأثیر سیلیس بر پتاسیم بستگی به منبع استفاده شده نیز دارد و احتمالاً علت کاهش میزان پتاسیم در ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، به دلیل غلظت زیاد کلسیم و واکنش رقابتی با دیگر عناصر شیمیایی، یعنی پتاسیم، باشد. افزایش غلظت پتاسیم با کاربرد سیلیس نشان می‌دهد که احتمالاً سیلیس با افزایش فعالیت ATPase و در نتیجه بهبود عملکرد غشا توانسته جذب پتاسیم را افزایش دهد. سیلیس برای تشویق نسبت K/Na جذب سدیم را کم می‌کند (۳۱) و نشت یونی را کم کرده و بنابراین میزان پتاسیم بافت را افزایش می‌دهد (۴۷). نتایج گرفته شده در این بررسی با نتایج به‌دست آمده از کاربرد سیلیس در آفتابگردان زینتی و ژربرا مطابق بود (۱۹ و ۵۳). همچنین، تیمار سیلیس در آهار سبب افزایش تجمع سیلیس (در برگ و ریشه) و پتاسیم (در ساقه و برگ) شده است (۶۱).

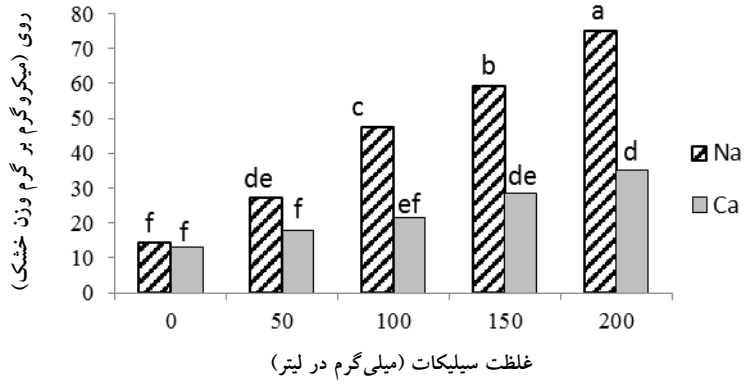
فسفر

در این پژوهش، بیشترین میزان فسفر (۳/۰۸ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم مشاهده شد. درحالی که در تیمار شاهد کمترین میزان فسفر (۰/۱۷۷ درصد) مشاهده شد (شکل ۴).

در داوودی، نیاز به فسفر به‌طور قابل توجهی کمتر از نیتروژن است (۳۰). زمانی که سیلیس در غلظت مطلوب باشد در دسترس بودن فسفر را زیاد می‌کند و زمانی که غلظت سیلیس بسیار بالا می‌رود کاهش جذب فسفر رخ می‌دهد این نتایج، نقش سیلیس در حفظ تعادل جذب فسفر را منعکس می‌کند (۶۲). جذب مناسب فسفر موجب رشد بهتر ریشه‌ها شده و به‌نظر می‌رسد سبب جذب بهتر دیگر عناصر می‌شود (۵۰). اثرهای سودمند سیلیس برای تعادل میزان فسفر به جایگزین شدن بخشی از سیلیس به‌جای فسفر یا به افزایش در دسترس بودن فسفر نسبت داده می‌شود. در دسترس بودن داخلی فسفر می‌تواند با سطح منگنز و آهن، وقتی که غلظت فسفر در خاک کم است، تحت تأثیر قرار گیرد. بنابراین، سیلیس، در دسترس بودن فسفر را از طریق کاهش بیش از حد منگنز و آهن افزایش می‌دهد. به‌دلیل اینکه سیلیسیم با قدرت بیشتری نسبت به فسفات جذب سطحی می‌شود، لذا سبب آزادسازی فسفات می‌شود و بدین ترتیب تحرک و قابلیت استفاده آن برای گیاهان افزایش می‌یابد (۱۶). در پژوهشی، تیمار سیلیکون سبب افزایش غلظت فسفر در برگ های جعفری شد وکاربرد سیلیکون در آهار سبب القای ماکزیمم جذب

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵. اثرهای متقابل منبع و غلظت سیلیکات در محیط کشت خاک بر میزان عنصر روی برگ داوودی.
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

کلسیم و فسفر شده و بنابراین سبب تشویق رشد هر دو گیاه شد (۵۶ و ۶۱). این نتایج با نتایج گرفته شده در این بررسی همسو بود.

روی

در این پژوهش، بیشترین میزان روی (۷۵/۰۴ میکروگرم در گرم) در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات سدیم مشاهده شد. تأثیر سیلیکات سدیم بر افزایش میزان روی مؤثرتر از سیلیکات کلسیم بود (شکل ۵).

فسفر و روی واکنش منفی نسبت به‌هم دارند. سیلیس تجمع سمی فسفر را درون سلول‌های گیاهی کاهش داده و از بروز کمبودهای عنصر روی ناشی از زیادی فسفر جلوگیری می‌کند (۵۱). سیلیکون سبب افزایش تحمل به‌روی در محصولات مختلف کشاورزی از جمله لوبیا چشم بلبلی *(Cardaminopsis halleri)* با تشکیل فرم Zn-silicate می‌شود (۴۶). در پژوهشی، تیمار سیلیکات پتاسیم سبب افزایش روی در برگ‌های جعفری شد (۵۶).

منگنز

در این پژوهش، بیشترین و کمترین میزان منگنز به‌ترتیب در تیمار شاهد (۲۰۸/۲۱ میکروگرم در گرم) و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات سدیم (۱۲۵/۹۷ میکروگرم در گرم) مشاهده شد (شکل ۶).

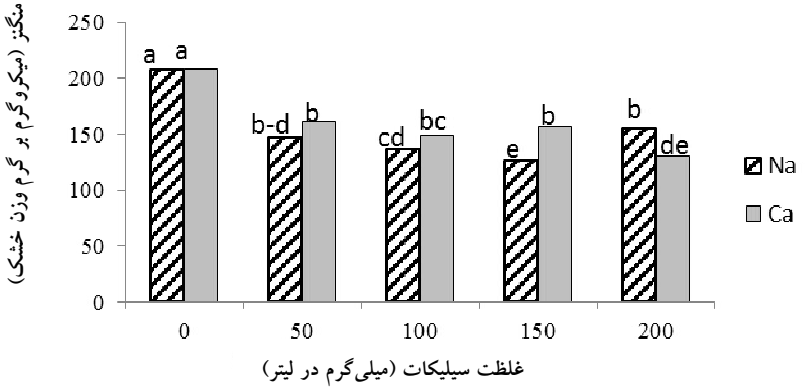
سیلیکون، با کاهش پراکسیداسیون لیپیدها و افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و غیرآنتی‌اکسیدانی، سبب کاهش سمیت منگنز می‌شود (۵۴). کاربرد سیلیسیم با مکانیسم‌های احتمالی زیر، جذب و انتقال منگنز را مهار می‌کند: ۱- ضخیم‌سازی نوار کاسپاری در آندودرم به‌عنوان سدی در انتقال به دایره محیطیه و چوبی و ۲- ته‌نشینی لیگنین در دیواره سلولی آندودرم، اگزودرم و اپیدرم و نیز ته‌نشینی سیلیسیم در دیواره سلول‌های آندودرمی. منگنز موجود در محیط رشد گیاه می‌تواند به شاخه‌ها منتقل شده که میزان زیاد آن اغلب منجر به سمیت و توسعه لکه‌های نکروزه قهوه‌ای روی برگ‌ها می‌شود. کاربرد سیلیکون سبب کاهش علائم سمیت منگنز در گیاهان می‌شود. دلیل اثر سیلیکون بر کاهش سمیت منگنز، توزیع همگن آن در برگ‌ها و مانع رسوب زیاد در یک منطقه خاص است (۱۰). گزارش‌هایی وجود دارد که سیلیکون سبب کاهش منگنز در جعفری (۵۶) و داوودی (۵۵) می‌شود که با نتایج حاصل شده در این بررسی مطابقت دارد.

آهن

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در اثرهای اصلی غلظت، از تیمار شاهد تا ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات، میزان آهن کاهش یافت. ولی در ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، میزان آهن کمی افزایش پیدا کرد که البته نسبت به غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰

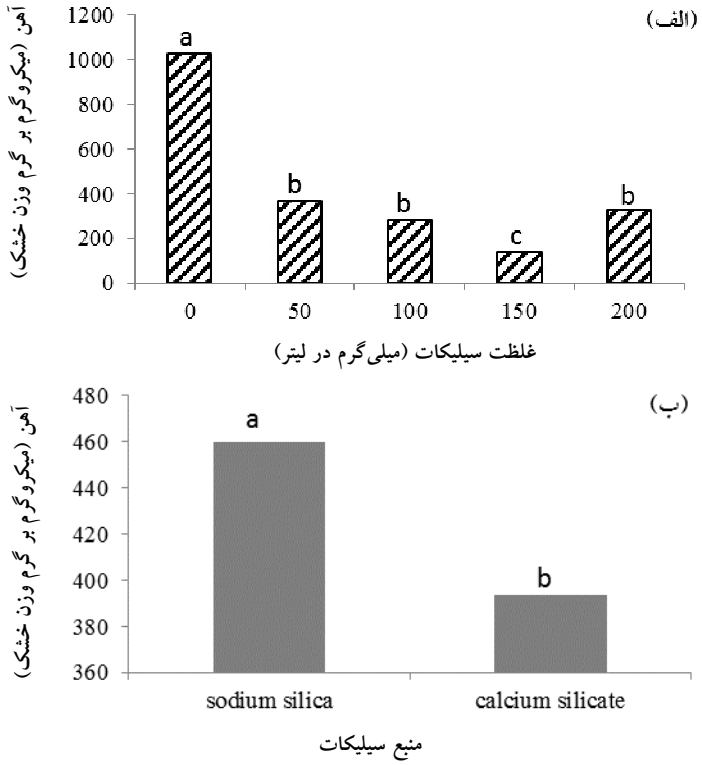
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. اثرهای متقابل منبع و غلظت سیلیکات در محیط کشت خاک بر میزان عنصر منگنز برگ داوودی.

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.



شکل ۷. اثرهای اصلی الف) غلظت سیلیکات و ب) منبع سیلیکات در محیط کشت خاک بر میزان عنصر آهن برگ داوودی.

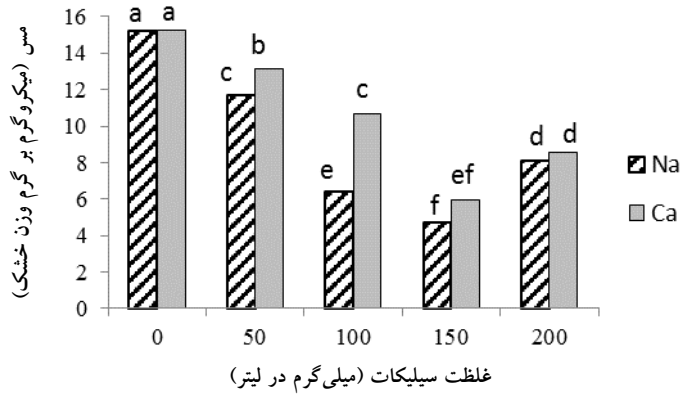
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

میلی‌گرم در لیتر سیلیکات تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد نداشت. منبع سیلیکات نیز بر میزان جذب آهن تأثیر معنی‌داری داشت (شکل ۷).

فرض بر این است که اضافه کردن سیلیس به محیط غذایی سبب افزایش قدرت اکسیداسیون می‌شود (۵۵). این کار از راه افزایش قدرت اکسیدکنندگی ریشه انجام می‌شود. بدین صورت که سیلیسیم سبب می‌شود که حجم و همچنین میزان سختی و عدم نفوذپذیری لوله‌های ایرانشیم (حفرات واقع در اندام‌های هوایی و ریشه که از هوا پر شده‌اند تا اکسیژن بیشتری به محیط ریشه برسد) زیاد شده و در نتیجه آهن و منگنز دو ظرفیتی به

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸. اثرهای متقابل منبع و غلظت سیلیکات در محیط کشت خاک بر میزان عنصر مس برگ داوودی.
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

آهن سه ظرفیتی و منگنز چهار ظرفیتی اکسید شده و حلالیت آن‌ها کاهش می‌یابد (۲۰). سیلیکون احتمالاً با افزایش اکسیداسیون منگنز و آهن در سطح ریشه‌ها سبب کاهش غلظت این عناصر در داخل برگ‌ها می‌شود. سیلیکون با کاهش جریان آپولاستی و کاهش اتصالات فلزات سنگین سبب کاهش جذب آنها می‌شود. در اثبات بررسی‌های این پژوهش در کاهش میزان آهن در اثر محلول‌پاشی سیلیکات گزارش‌هایی وجود دارد که میزان آهن در ژربرا (۲۶) و جعفری (۵۶) کاهش یافته بود.

مس

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان مس در ماده خشک برگی با محلول‌پاشی سیلیکات کاهش یافت و کمترین میزان مس (۴/۷۳ میکروگرم در گرم وزن خشک) در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات سدیم و بیشترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۸).

ترکیبات سیلیسی می‌توانند حتی درون گیاه، از مسمومیت‌زایی عناصر و فلزات سنگین، از جمله مس، با تبدیل آنها به ترکیبات غیرمحلول، بکاهند. این ترکیبات غیرمحلول در سلول رسوب کرده و از شرکت آنها در متابولیسم سلول و ایجاد اختلال در آن ممانعت می‌شود (۵۶). احتمالاً سیلیکون با تبدیل مس در داخل سلول به حالت غیرمحلول و با ایجاد پیوند سیلیس- مس در داخل بافت، سبب کاهش مقدار آن در سلول می‌شود. ممکن است کاهش جذب عناصر به‌دلیل موانع آپوپلاستی در برابر جذب شعاعی آن عنصر باشد (۳۶). نتایج پژوهش‌ها نشان داده که تیمار سیلیکون سبب کاهش مقادیر مس در ژربرا (۵۳)، آرابیدوپسیس (۳۰) و گل جعفری (۵۶) می‌شود که با نتایج این بررسی مطابقت دارد.

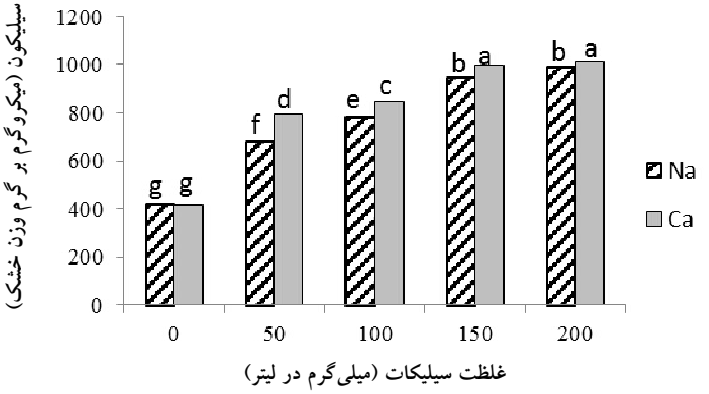
سیلیس

کمترین و بیشترین میزان سیلیس (۴۱۱/۶۶ و ۱۰۱۲/۶۶ میکروگرم در گرم) در محیط کشت خاک در غلظت‌های شاهد و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم مشاهده شد (شکل ۹).

بعد از جذب سیلیکون در گیاه، از دست دادن آب طی تعرق توسط افزایش شدت نور، به شکل‌گیری سیلیس آمورف (قابل جذب) هیدارته در سلول‌های اپیدرمی برگ کمک می‌کند. سیلیکون در بافت‌های گیاهی رسوب کرده و در شبکه پیچیده پکتین‌ها و سلولزها شرکت دارد و به‌خوبی با کلسیم در ارتباط است. پس می‌توان انتظار داشت که سیلیکون در بافت‌ها تجمع یافته و میزان آن در سلول‌ها بیشتر خواهد بود (۱۸). علاوه بر این، وقتی سیلیس توسط گیاه جذب شد از طریق تجزیه بیولوژیک و فعالیت‌های آنزیمی شکسته شده و از بافت‌های گیاهی خارج نمی‌شود. به همین خاطر، میزان سیلیس در

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹. اثرهای متقابل منبع و غلظت سیلیکات در محیط کشت خاک بر میزان عنصر سیلیس برگ داوودی.

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

بافت‌های گیاهی افزایش خواهد یافت. نتایج سایر پژوهش‌ها نیز نشان داده که تیمار سیلیکون سبب افزایش مقدار سیلیس در اثر تیمار سیلیکون در داوودی می‌شود (۲).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات سدیم و سیلیکات کلسیم برای برخی شاخص‌های گل داوودی نظیر وزن تر و خشک برگ، گل و ریشه، قطر گل، تعداد گل و عناصر نیتروژن، پتاسیم، منگنز، آهن و مس مناسب‌ترین غلظت بود. برای شاخص‌هایی نظیر وزن تر و خشک ساقه، میزان پروتئین و عناصر روی و سیلیس، غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات‌های سدیم و کلسیم بهترین تیمار بود. برای میزان عنصر فسفر، مناسب‌ترین غلظت، ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات‌های سدیم و کلسیم بود. در مجموع، یافته‌های این پژوهش نشان داد که برای شاخص‌های رشد و نموی داوودی، سیلیکات کلسیم و برای شاخص‌های گل‌دهی و نیز قندهای محلول، سیلیکات سدیم قابل توصیه است. سیلیکات کلسیم باعث افزایش میزان عناصر سیلیس، فسفر، نیتروژن و کاهش میزان آهن شد. در حالی که سیلیکات سدیم باعث افزایش پتاسیم و روی و کاهش منگنز شد.

منابع مورد استفاده

1. Ahmed, M., F. Hassen and Y. Khurshid. 2011. Does silicon and irrigation have impact on drought tolerance mechanism of sorghum? Agric. Water Manage. 98: 1808-1812.
2. Anser, A., S.M.A. Basra, S. Hussain and J. Iqbal. 2012. Salt stress alleviation in field crops through nutritional supplementation of silicon. Pak. J. Nutr. 11(8): 637-655.
3. Bayat, H., M. Alirezaie, H. Neamati and A. Abdollahi Saadabad. 2013. Effect of silicon on growth and ornamental traits of salt-stressed calendula (*Calendula officinalis* L.). J. Ornam. Plants 3(4): 207-214.
4. Bayat, H., S.H. Nemati and Y. Selahvarzi. 2012. Effect of silicon on growth and some physiological characteristics of Persian petunia (*Petunia hybrida*). HortSci. 26(1): 10-16.
5. Bharwana, S.A., S. Ali, M.A. Farooq, N. Iqbal, F. Abbas and M.S.A. Ahmad. 2013. Alleviation of lead toxicity by silicon is related to elevated photosynthesis, antioxidant enzymes suppressed lead uptake and oxidative stress in cotton. J. Bioremediat. Biodegradat. 4: 4-15.
6. Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72: 248-254.
7. Carvalho-Zanão, M.P., L.A. Zanao Junior, J.G. Barbosa, J.A.S. Groosi and V.T. Avila. 2012. Yield and shelf life of chrysanthemum in response to the silicon application. Hort. Bras. 30: 403-408.
8. Chen, D., B. Cao, S. Wang, P. Liu, X. Deng, L. Yin and S. Zhang. 2016. Silicon moderated the K deficiency by

www.SID.ir

Archive of SID

improving the plant-water status in sorghum. Plant Physiol. 10(6): 22-29.
9. Chen, J., R.D. Caldwell, C.A. Robinson and B. Steinkamp. 2000. Differential responses of container-grown ornamental foliage plants to silicon application. HortSci. 35(3): 458.
10. Chen, J., R.D. Caldwell, C.A. Robinson and R. Steinkamp. 2001. Let's put the Si back into soil- part ll. J. Greenhouse Product News 11: 44-47.
11. Chen, W., X. Yao, K. Cai and J. Chen. 2011. Silicon alleviates drought stress of rice plants by improving plant water status, photosynthesis and mineral nutrient absorption. Biol. Trace Element Res. 142: 67-76.
12. Cherry, R., H. Lu, A. Wright, P. Roberts and Y. Luo. 2015. Effect of silicon on resistance of St. Augustinegrass to Southern Chinch Bugs (*Hemiptera: Blissidae*) and plant disease. J. Entomol. Sci. 47(1): 17-26.
13. Dakora, F.D. 2005. Silicon nutrition and N_2 fixation in symbiotic legumes lll. Silicon in Agriculture Conference, 22-26 October, Uberlandia, Brazil.
14. Detmann, K.C., W.L. Araúj, S.C.V. Martin, A.R. Fernie and F.M. DaMatta. 2013. Metabolic alterations triggered by silicon nutrition. Plant Signal Behav. 8(1): 225-232.
15. Elliott, C.L. and G.H. Snyder. 1991. Autoclave-induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. J. Agric. Food Chem. 39: 1118-1119.
16. Epstein, E. 2009. Silicon: Its manifold roles in plants. Ann. Appl. Biol. 155: 155-160.
17. Fanourakis, D., R.H.M. Maaswinkel and E. Heuvelink. 2007. Analysis of genetic variation in cut chrysanthemum response to high carbon dioxide concentration (closed greenhouse): Underlying physiological and morphological parameters. Report 483 Wageningen UR Greenhouse Horticulture, 32 p.
18. Frantz, J.M., J.C. Locke, L. Datnoff, M. Omer, A. Widrig, D. Sturtz, L. Horst and C.R. Krause. 2008. Detection, distribution and quantification of silicon in floricultural crops utilizing three distinct analytical methods. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 39: 2734-2751.
19. Gunes, A., Y.K. Kadioglu, D.J. Pilbeam, A. Inal, S. Coban and A. Aksu. 2008. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, II: Essential and nonessential elements uptake determined by polarized energy dispersive X-ray fluorescence. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 39: 1904-1921.
20. Guntzer, R., C. Keller and J.D. Meunier. 2012. Benefits of plant silicon for crops: A review. Agron. Sustain. Dev. 32(1): 201-213.
21. Hattori, T., S. Inanaga, H. Araki, P. An, S. Morita, M. M. Luxova and A. Lux. 2005. Application of silicon enhanced drought tolerance in sorghum bicolor. Physiol. Plant. 23: 459-466.
22. Henriet, C., X. Draye, I. Oppitz, R. Swenn and B. Delvaux. 2006. Effects, distribution and uptake of silicon in banana under controlled condition. Plant Soil 287: 359-374.
23. Hernandez-Apaolaza, L. 2014. Can silicon partially alleviate micronutrient deficiency in plants? A review. Planta 240: 447-458.
24. Ichimura, K., K. Kojima and R. Goto. 1999. Effects of temperature, 8-hydroxyquinoline sulphate and sucrose on the vase life of cut rose flowers. Postharvest Biol. Technol. 15: 33-40.
25. Irigoyen, J.J., D.W. Emerich and M. Sanchez-Diaz. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiol. Plant. 84: 55-60.
26. Kamenidou, S., T.J. Cavins and S. Marek. 2008. Silicon supplements affect horticultural traits of greenhouse-produced ornamental sunflowers. HortSci. 43: 236-239.
27. Kamenidou, S., T.J. Cavins and S. Marek. 2010. Silicon supplements affect floricultural quality traits and elemental nutrient concentrations of greenhouse produced gerbera. Sci. Hort. 123: 390-394.
28. Kang, H.M. and M.E. Saltiveit. 2002. Chilling tolerance of maize, cucumber and rice seedling (leaves and roots) and differentially affected by salicylic acid. Physiol. Plant. 115(15): 577-576.
29. Less, H. and G. Galili, 2008. Principal transcriptional programs regulating plant amino acid metabolism in response to abiotic stresses. Plant Physiol. 147: 316-330.
30. Li, J., S.M. Leisner and J. Frantz. 2009. Alleviation of copper toxicity in *Arabidopsis thaliana* by silicon addition to hydroponic solutions. J. Amer. Soc. HortSci. 133: 670-677.
31. Liang, Y., W. Sun, Y. Zhu and P. Christie. 2007. Mechanisms of silicon– mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: A review. Environ. Pollut. 147: 422-428.
32. Linjuan, Z., J. Junping, W. Lijuin, L. Min and Z. Fusoo, 1999. Effects of the silicon on the seedling growth of creeping bentgrass and zoysiagrass. In: Conference on Silicon in Agriculture, 26-30 September 1999, Fort Lauderdale, Florida, USA.
33. Liu, W., D.W. Zhu, D.H. Liu, M.J. Geng, W.B. Zhou, W.J. Mi, T.W. Yang and D. Hamilton. 2010. Influence of nitrogen on the primary and secondary metabolism and synthesis of flavonoids in *Chrysanthemum morifolium*. J. Plant Nutr. 33: 240-254.
34. Lux, A., M. Luxová, T. Hattori, S. Inanaga and Y. Sugimoto. 2002. Silicification in sorghum (*Sorghum bicolor*)

www.SID.ir

cultivars with different drought tolerance. Physiol. Plant. 115: 87-92.
35. Ma, J.F. 2003. Function of silicon in higher plants. Prog. Mol. Subcell. Biol. 33: 127-147.
36. Ma, J.F. and E. Takahashi. 2002. Soil, Fertilizer and Plant Silicon Research in Japan. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
37. Ma, J.F., S. Goto, K. Tamai and M. Ichii. 2001. Role of root hairs and lateral roots in silicon uptake by rice. Plant Physiol. 127: 1773-1780.
38. Markovich, O., E. Steine, S. Kouril, P. Tarkowski and R. Elbaum. 2017. Silicon promotes cytokinin biosynthesis and delays senescence in arabidopsis and sorghum. Plant Cell Environ. 40(7): 1189-1196.
39. Matichenkov, V.V., E.A. Bocharnikova, D.V. Calvert and G.H. Snyder. 2000. Comparison study of soil silicon status in sandy soils of south Florida. Soil Crop Sci. Soc. Florida Proc. 59: 132-137.
40. Matichenkov, V.V. and D.V. Calvert. 2002. Silicon as a beneficial element for sugarcane. J. Amer. Soc. Sugarcane Technol. 22: 202-210.
41. Meitzel, T., R. Radchuk, A. Nunes-Nesi, A.R. Fernie, W. Link and W. Weschke. 2011. Hybrid embryos of *Vicia faba* develop enhanced sink strength, which is established during early development. Plant J. 65: 517-531.
42. Miao, B., X. Han and W. Zhang. 2010. The ameliorative effect of silicon on soybean seedlings grown in potassium-deficient medium. Ann. Bot. 105: 967-973.
43. Mizukoshi, K., T. Nishiwaki, N. Ohtake, R. Minagawa, K. Kobayashi, T. Ikarashi and T. Ohyama. 1994. Determination of tungstate concentration in plant materials by HNO_3-$HClO_4$ digestion and colorimetric method using thiocyanate. Plant Anal. Method. 46: 51-56.
44. Moyer, C., N.A. Peres, L.E. Datnoff, E.H. Simonne, and Z. Deng. 2008. Evaluation of silicon for managing powdery mildew on *gerbera daisy*. J. Plant Nutr. 31: 2131-2144.
45. Narayanaswamy, C. and N.B. Prakash. 2009. Calibration and categorization of plant available silicon in rice soils of South India. J. Plant Nutr. 32: 1237-1254.
46. Neumann, D. and U. Zur Nieden. 2001. Silicon and heavy metal tolerance of higher plants. Phytochem. 56: 685-692.
47. Nwugol, C.C. and A.J. Huerta. 2008. Silicon-induced cadmium resistance in rice (*Oryza sativa*). J. Soil Sci. Plant Nutr. 171: 841-848.
48. O'Donoghue, E.M., S.D. Somerfield and J.A. Heyes. 2002. Vase solutions containing sucrose result in changes to cell walls of sandersonia (*Sandersonia aurantica*) flowers. Postharvest Biol. Technol. 26: 285-294.
49. Ohyama, T., M. Ito, K. Kobayashi, S. Araki, S. Yasuyoshi, O. Sasaki, T. Yamazaki, K. Soyama, R. Tanemura and Y. Mizuno. 1991. Analytical procedures of N, P, K contents in plant and manure materials using H2SO4-H2O2 Kjeldahl digestion method. Bulletin of the Faculty of Agriculture, Niigata University, Japan.
50. Papadopoulos, E., D. Gerasopoulos and E. Maloupa, 1996. Effect of substrate and frequency of irrigation on growth, yield and quality of *Gerbera jamesonii* Bolus cultivated in pots. Agric. Mediter. 126(3): 297-302.
51. Pulz, A.L., C.A.C. Crusciol, L.B. Lemos and R.P. Soratto. 2008. Silicate and limestone effects on potato nutrition, yield and quality under drought stress. Braz. Soc. Soil Sci. 32: 1651-1659.
52. Savvas, D., G. Gizas, G. Karras, N. Lydakis-Simantiris, G. Salahas, M. Papadimitriou and N. Tsouka. 2007. Interactions between silicon and NaCl-salinity in a soilless culture of roses in the greenhouse. Eur. J. Hort. Sci. 72: 73-79.
53. Savvas, D., G. Manos, A. Kotsiras and S. Souvaliotis. 2002. Effects of silicon and nutrient-induced salinity on yield, flower quality and nutrient uptake of gerbera grown in a closed hydroponic system. J. Appl. Bot. 76: 153-158.
54. Shi, Q.H., Z.Y. Bao and Z.J. Zhu. 2005. Silicon mediated alleviation of Mn toxicity in *Cucumis sativus* in relation to activities of superoxide dismutase and ascorbate peroxidase. Phytochem. 66: 1551-1559.
55. Sivanesan, I., S.S. Moon, J.Y. Song and B.R. Jeong. 2013. Silicon supply through the subirrigation system affects growth of three chrysanthemum cultivars. Hort. Environ. Biotech. 54(1): 14-19.
56. Sivanesan, I., M.S. Son, J.P. Lee and B.R. Jeong. 2010. Effects of silicon on growth of *Tagetes patula* L. 'Boy Orange' and 'Yellow Boy' seedlings cultured in an environment controlled chamber. Propag. Ornam. Plant. 10: 136-140.
57. Snyder, G.H., V.V. Matichenkov and L.E. Datnoff. 2006. Handbook of Plant Nutrition. University of Florida/IFAS, pp. 551-568.
58. Song, J.Y., N.S. Mattson and B.R. Jeong. 2011. Efficiency of shoot regeneration from leaf, stem, petiole and petal explants of six cultivars of *Chrysanthemum morifolium*. Plant Cell, Tiss. Organ Cult. 107: 295-304.
59. Sweetlove, L.J. and A.R. Fernie. 2005. Regulation of metabolic networks: Understanding metabolic complexity in the systems biology era. New Phytol. 168: 9-24.
60. Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. Plant Physiology. 4th ed., Sinauer Associates, 750 p.
61. Tesfagiorgis, H.B. and M.D. Laing. 2013. The effects of silicon level in nutrient solution on the uptake and distribution of silicon in zucchini and zinnia, and its interaction with the uptake of selected elements. Afr. J. Biotech.

www.SID.ir

Archive of SID

12(14): 1617-1623.
62. Tesfagiorgis, H.B., M.D. Laing and M.J. Morris. 2008. Uptake and distribution of silicon on zucchini and zinnia and its interaction with other elements. Silicon in Agriculture Conference, South Africa.
63. Thepkam, S. and S. Ruamrungsri. 2013. Effects of calcium silicate on growth and development of *Phalaenopsis* hybrid. Inter. Grad. Res. Conf. 16: 27-32.
64. Vanek, V., J. Balík, J. Cerny, M. Pavlík, D. Pavlíkova, P. Tlustos and J. Valtera. 2012. The Nutrition of Horticultural Plants. Academic Press, Prague, 568 p.
65. Vasanthi, L.N., M. Saleena and S. Anthoni Raj. 2012. Silicon in day to day life. Sci. J. 17(11): 1425-1440.
66. Weerahewa, H.L.D. 2013. Applicability of the use of aeroponic system and silicon supplementation on growth and the floricultural quality traits of *Dendrobium* sp. Department of Botany, The Open University of Sri Lanka, Nawala, Nugegoda, 14: 25-36.
67. Yoon, H.S., T. Goto and Y. Kageyama. 2000. Mineral uptake as influenced by growing seasons and developmental stages in spray chrysanthemums grown under a hydroponic system. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 69: 255-260.
68. Zaky, A.A. 2013. Effect of pre and post-harvest treatments on flower longevity of cut rose cv. 'grand prix'. Egypt J. Agric. Res. 91(3): 1009-1021.
69. Zhao, D., C. Han, J. Tao, J. Wang, Z. Hao, Q. Geng and B. Du. 2012. Effects of inflorescence stem structure and cell wall components on the mechanical strength of inflorescence stem in herbaceous peony. Int. J. Mol. Sci. 13: 4993-5009.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Foliar Application of Silica on some Growth, Biochemical and Reproductive Characteristics and Leaf Elements of Chrysanthemum (*Dendranthema×Grandiflorum* cv. Fellbacher Wein)

H. Hajipour[1], Z. Jabbarzadeh[1*] and M. H. Rasouli Sadaghiani[2]

(Received: 19 September 2017 ; Accepted : 10 August 2018)

Abstract

This research was aimed at investigating the effects of foliar application of calcium silicate and sodium silicate on growth and biochemical characteristics and leaf elements of chrysanthemum. This study was conducted as a factorial with completely randomized design and silica source at two levels (calcium silicate and sodium silicate) and concentration of silica at five levels (0 (control), 50, 100, 150 and 200 mg/L) in soil medium, with three replications. At the end of the growth stage, fresh and dry weight of leaf, stem, flower and root, flower diameter, number of flowers, total protein content, soluble sugars and also leaf elements' concentrations such as nitrogen, potassium, phosphorus, zinc, manganese, iron, copper and silicon were measured. Results showed that foliar fertilization of plant with silica caused to increase the fresh and dry weight of leaf, stem, flower and root, flower diameter, number of flowers, total protein content and soluble sugars. Also, concentrations of chrysanthemum leaf elements such as nitrogen, phosphorus, potassium and zinc were increased, but concentrations of iron, manganese and copper were decreased. The concentration of 150 mg/L sodium and calcium silicates was suitable for improving morphological and reproductive characteristics and also for improving adsorption of nitrogen, potassium, manganese, iron and copper. But, for improving the adsorption of zinc and silica, the best concentration of both silicates was 200 mg/L..

Keywords: Calcium silicate, Sodium silicate, Plant height, Flower diameter, Number of flowers.

1. Dept. of Hort. Sci., Faculty of Agric., Urmia Univ., Urmia, Iran.
2. Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Urmia Univ., Urmia, Iran.
* Corresponding Author, Email: z.jabbarzadeh@urmia.ac.ir

www.SID.ir