بررسی تاثیر پتاسیم سیلیکات بر برخی فاکتورهای فیزیولوژی توت فرنگی تحت شرایط کم آبی

صفورا دهقانی پوده [*۱]، سیروس قبادی[۲]، بهرام بانی نسب[۳]، مهدی قیصری [۴] و سیامک شیرانی[۵]

[*۱]- دانشجوی دکتری علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۲- استاد یار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان۴- استاد یار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۵- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

[*]نویسنده مسئول: safoora.dehghanipoodeh@yahoo.com

چکیده

سیلیسیوم به عنوان عنصری مفید برای رشد گیاهان به ویژه در شرایط تنش‌های محیطی به شمار می‌آید. این پژوهش با هدف بررسی تاثیر سیلیسیوم بر رشد و نمو توت فرنگی در شرایط تنش کم آبی صورت گرفت. بر این اساس آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی به منظور بررسی تاثیر سه سطح آبیاری شامل تامین ۱۰۰، ۷۵ و ۶۰ درصد کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی مزرعه و چهار تیمار سیلیسیوم شامل صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی مولار از ترکیب پتاسیم سیلیکات استفاده گردید. میزان کلروفیل، کلروفیل فلورسنس، سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، تعرق و کارایی مصرف آب اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد با افزایش سطح تنش آب کلروفیل فلورسنس، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای به طور معنی‌داری کاهش و کاربرد سیلیسیوم کلروفیل فلورسنس، فتوسنتز را افزایش داد. سیلیسیوم به طور معنی داری تعرق را کاهش داد و میزان کلروفیل و کارایی مصرف آب را بهبود بخشید. به‌طور کلی کاربرد سیلیسیوم اثرات مفیدی بر توت فرنگی داشت و کاربرد آن اثرات مخرب تنش کم آبی را کاهش داد.

واژگان کلیدی: پتاسیم سیلیکات، تنش آبی، توت فرنگی

مقدمه

تنش‌های محیطی مهمترین عوامل کاهش دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان هستند. در بین تنش‌های محیطی، خشکی مهمترین عامل کاهنده تولیدات محصولات کشاورزی است(حیدری شریف آباد، ۱۳۸۳). توت فرنگی یکی از مهمترین تولیدات باغبانی در سطح جهان است و به دلیل داشتن عطر، طعم و محتویات سرشار از ویتامین به خوبی جایگاه خود را در رژیم غذایی میلیون‌ها نفر در جهان پیدا کرده‌است(Hancock, 1999). سیلیسیوم بعد از اکسیژن دومین عنصر فراوان در خاک بوده و به عنوان عنصری مفید برای رشد گیاهان به ویژه در شرایط تنش‌های محیطی به شمار می‌آید(Ma, 2004). تحقیقات انجام شده نشان می دهد سیلیسیوم اثرات مفیدی بر روی متابولیسم توت فرنگی دارد. کاربرد سیلیسیوم به صورت محلول پاشی محتوای کلروفیل و رشدگیاه را افزایش داده است(Wang&Galleta,1998). بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی تاثیر سیلیسیوم بر برخی فاکتورهای فیزیولوژی توت فرنگی در شرایط تنش کم آبی می‌باشد.

مواد و روش ها

این آزمایش در گلخانه‌های تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. در اواخر اردیبهشت سال ۹۰ نشاهای توت فرنگی رقم کاماروسا به گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۲۳ سانتیمتر حاوی ۲/۸ کیلوگرم خاک، پیت و پرلایت به نسبت ۱:۱:۱ انتقال یافت و دو گیاه در هر گلدان کشت شد. بعد از استقرار کامل و رشد کافی گیاهان، در یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی با ۳ تکرار، ۳ سطح تنش آبی شامل تامین ۱۰۰ (I_1)، ۷۵ (I_2) و ۶۰ (I_3) درصد کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی

مزرعه و ۵ تیمار مرکب از سیلیکات پتاسیم(K_2SiO_3) درچهار سطح (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی مولار) و همچنین یک سطح پتاسیم هیدروکسید (۳۰ میلی مولار) و اثرهای متقابل آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. برای اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک و اعمال تنش آبی از تانسیومتر استفاده شد. پس از گذشت ۱۳ هفته از شروع تنش، از هر تکرار ۳ برگ جوان کاملا توسعه یافته انتخاب و میزان کلروفیل نسبی آن‌ها توسط دستگاه کلروفیل متر دستی (مدل CL 01) و شاخص کلروفیل فلورسانس (Fv/Fm) با استفاده از دستگاه Plant Efficiency Analyzer (مدلRS232) اندازه‌گیری شد. در پایان آزمایش فاکتورهای مربوط به تبادلات گازی برگ شامل فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای و غلظت CO_2 زیر روزنه اندازه گیری شد. این اندازه گیری ها توسط دستگاه قابل حمل اندازه گیری فتوسنتز برگ (مدل LCi ساخت کشور انگلستان) بر جوان‌ترین برگ کاملا توسعه یافته در هر تکرار انجام گرفت. کارایی مصرف آب (تعرق/فتوسنتز) نیز محاسبه شد.

نتایج و بحث

کلروفیل نسبی

تاثیر تنش آب و تیمارهای سیلیسیوم بر میزان کلروفیل نسبی در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. تنش آب تاثیر معنی داری بر کلروفیل نسبی نداشت. تیمار ۵ میلی مولار پتاسیم سیلیکات به طور معنی داری آن را افزایش داد. در شرایط بدون تنش (I_1) تیمارهای ۵ و ۱۰ میلی مولار پتاسیم سیلیکات و در شرایط تنش ملایم (I_2) تیمارهای ۵ و ۱۵ پتاسیم سیلیکات و در شرایط تنش شدید (I_3) تیمار ۱۵ میلی مولار پتاسیم سیلیکات به طور معنی داری کلروفیل نسبی را افزایش دادند. افزایش کلروفیل نسبی توسط کاربرد سیلیسیوم درگندم تحت شرایط تنش آب گزارش شده است(Pei et al., 2009).

کلروفیل فلورسنس (کارایی فتوشیمیایی)

در پژوهش حاضر مشاهده گردید تنش آب کلروفیل فلورسنس را کاهش و کاربرد سیلیسیوم آن را افزایش داد (جدول ۱). چن و همکاران (۲۰۱۰) نیز عنوان کردند کاربرد سیلیسیوم در شرایط تنش خشکی کلروفیل فلورسنس را در برنج افزایش داد. آن‌ها تاکید بر این موضوع دارند که سیلیسیوم اثرات زیان بار خشکی را ازطریق تاثیر بر واکنش‌های فتوشیمیایی، کاهش می‌دهد (Chen et al., 2010).

فاکتورهای مربوط به تبادلات گازی برگ

با توجه به نتایج حاصل در شرایط تنش شدید آب سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق کاهش یافت. کاربرد سیلیسیوم در این شرایط فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای برگ را افزایش و تعرق را کاهش داد. افزایش فتوسنتز با استفاده از سیلیسیوم در شرایط تنش احتمالا در ارتباط با افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های فتوسنتزی، میزان کلروفیل در شرایط تنش است. گزارش شده هدایت روزنه‌ای، تعرق و فتوسنتز سویا در شرایط خشکی به طور معنی‌داری کاهش یافت و کاربرد سیلیسیوم اثرات مثبتی بر هدایت روزنه، فتوسنتز و تعرق داشت(Shen et al., 2010). تحقیقات متعددی بیان کردند بخش عمده سیلیس در درون آپوپلاست برجا می‌ماند و پس از تبخیر آب از بخش‌های انتهایی جریان تعرق، در دو سطح برگ‌ها ته نشین می‌کند و از این طریق خروج آب را از طریق تعرق کاهش می دهد (Ma & Takahashi, 2002). کارایی مصرف آب نیز در شرایط تنش شدید آب افزایش یافت (جدول ۳). کاربرد سیلیسیوم به‌ویژه در شرایط تنش شدید باعث افزایش کارایی مصرف آب شد (جدول ۳). گائو و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند کاربرد سیلیسیوم در ذرت کارایی مصرف آب را از طریق کاهش تعرق برگ و سرعت جریان آب در آوند چوبی افزایش داده‌است (Gao,et al., 2004).

جدول۱- تاثیر تیمار سیلیسیوم، سطوح آبیاری و اثر متقابل بین آن‌ها بر کلروفیل نسبی و کلروفیل فلورسنس برگ (Fv/Fm).*

تیمار	میزان کلروفیل نسبی				کلروفیل فلورسنس برگ			
	سطوح آبیاری			میانگین	سطوح آبیاری			میانگین
	I_1	I_2	I_3		I_1	I_2	I_3	
شاهد	۱۹/۴۳ ef	۲۰/۱۶ de	۱۹/۹۵ e	۱۹/۸۴ B	۰/۶۸۲ c-e	۰/۶۶۵ g	۰/۶۳۸ h	۰/۶۶۲ C
۵mM پتاسیم سیلیکات	۲۲/۴۹ ab	۲۳/۱۳ a	۲۰/۱۸ de	۲۱/۹۳ A	۰ /۶۸۹ bc	۰/۶۴۲ h	۰/۶۷۳ e-g	۰/۶۶۸ BC
۱۰mM پتاسیم سیلیکات	۲۱/۸۷ b	۱۸/۸۱ fg	۲۰/۲۹ de	۲۰/۳۲ B	۰/۶۹۴ ab	۰/۶۹۹ a	۰/۶۶۶ g	۰/۶۸۶ A
۱۵mM پتاسیم سیلیکات	۱۹/۰۲ fg	۲۱/۶۹ bc	۲۲/۳۲ ab	۲۱/۰۱ AB	۰/۶۹۳ ab	۰/۶۶۷ fg	۰/۶۷۵ d-f	۰/۶۷۸ AB
پتاسیم هیدروکسید	۲۰/۹۶ cd	۱۸/۲۹ g	۲۰/۲۰ de	۱۹/۸۲ B	۰/۶۸۲ cd	۰/۶۷۱ fg	۰/۶۶۵ g	۰/۶۷۳ A-C
میانگین	۲۰/۷۵ A	۲۰/۴۱ A	۲۰/۵۹ A		۰/۶۸۸ A	۰/۶۶۹ B	۰/۶۶۴ B	

*میانگین‌های هر تیمار که حداقل دارای یک حرف بزرگ مشابه هستند یا میانگین‌های اثر متقابل دو تیمار که حداقل دارای یک حرف کوچک مشابه می باشند، تفاوت معنی داری بر مبنای آزمون LSD ندارند؛ I_1 ، I_2 و I_3 به ترتیب تامین ۱۰۰، ۷۵ و ۶۰ درصد کمبود رطوبت خاک می‌باشند.

جدول۲- تاثیر تیمار سیلیسیوم، سطوح آبیاری و اثر متقابل بین آن‌ها بر میزان فتوسنتز و هدایت روزنه ای.*

تیمار	فتوسنتز(میکرومول بر متر مربع بر ثانیه)				هدایت روزنه ای(میلی مول بر متر مربع بر ثانیه)			
	سطوح آبیاری			میانگین	سطوح آبیاری			میانگین
	I_1	I_2	I_3		I_1	I_2	I_3	
شاهد	۱۲/۳۵ cd	۱۱/۱۹ e	۴/۴۴ h	۹/۳۳ C	۶۸/۶۶ c	۶۰/۰۰ d	۳۸/۸۸ ef	۵۵/۸۵ A
۵mM پتاسیم سیلیکات	۱۲/۲۰ c-e	۱۵/۷۷ a	۷/۶۱ g	۱۱/۸۶ AB	۷۰/۰۰ c	۷۱/۱۱ c	۳۴/۴۴ f	۵۸/۵۱ A
۱۰mM پتاسیم سیلیکات	۱۴/۵۸ b	۱۱/۱۲ e	۱۴/۰۱ b	۱۳/۲۳ A	۷۳/۳۳ c	۹۳/۱۱ a	۲۳/۳۳ g	۶۳/۲۵ A
۱۵mM پتاسیم سیلیکات	۱۳/۷۶ b	۱۱/۷۸ c-e	۹/۹۷ f	۱۱/۸۴ AB	۷۲/۲۲ c	۵۶/۶۶ d	۳۷/۷۷ ef	۵۵/۵۵ A
پتاسیم هیدروکسید	۱۱/۳۲ de	۱۲/۴۳ c	۹/۵۰ f	۱۱/۰۸ BC	۶۰/۰۰ d	۸۰/۰۰ b	۴۳/۳۳ e	۶۱/۱۱ A
میانگین	۱۲/۸۴ A	۱۲/۴۶ A	۹/۱۱ B		۶۸/۸۴ A	۷۲/۱۷ A	۳۵/۵۵ B	

*میانگین‌های هر تیمار که حداقل دارای یک حرف بزرگ مشابه هستند یا میانگین‌های اثر متقابل دو تیمار که حداقل دارای یک حرف کوچک مشابه می باشند، تفاوت معنی داری بر مبنای آزمون LSD ندارند؛ I_1 ، I_2 و I_3 به ترتیب تامین ۱۰۰، ۷۵ و ۶۰ درصد کمبود رطوبت خاک می‌باشند.

جدول۳- تاثیر تیمار سیلیسیوم، سطوح آبیاری و اثر متقابل بین آن‌ها بر میزان تعرق و کارایی مصرف آب.*

تیمار	تعرق(میلی مول بر متر مربع بر ثانیه)				کارایی مصرف آب(میکرومول بر میلی مول)			
	سطوح آبیاری			میانگین	سطوح آبیاری			میانگین
	I_1	I_2	I_3		I_1	I_2	I_3	
شاهد	۱/۸۲ ^{c}	۱/۹۷ ^{b}	۱/۱۷ ^{g}	۱/۶۵ ^{A}	۷/۰۷ ^{ef}	۶/۲۷ ^{fg}	۵/۱۶ ^{g}	۶/۱۷ ^{C}
۵mM پتاسیم سیلیکات	۱/۷۴ $^{c-e}$	۲/۵۱ ^{a}	۰/۶۴ ^{ij}	۱/۶۳ ^{AB}	۶/۸۴ ^{ef}	۶/۸۷ ^{ef}	۱۰/۵۴ ^{c}	۸/۰۸ ^{BC}
۱۰mM پتاسیم سیلیکات	۱/۵ ^{f}	۱/۷۴ ^{cd}	۰/۵۳ ^{j}	۱/۲۵ ^{C}	۸/۷۴ ^{d}	۶/۴۸ $^{e-g}$	۲۳/۸۹ ^{a}	۱۳/۰۴ ^{A}
۱۵mM پتاسیم سیلیکات	۱/۶۰ ^{ef}	۱/۶۵ ^{de}	۰/۸۸ ^{h}	۱/۳۷ ^{C}	۸/۵۸ ^{d}	۷/۶۹ ^{de}	۱۲/۰۷ ^{b}	۹/۴۵ ^{B}
پتاسیم هیدروکسید	۱/۷۰ $^{c-e}$	۱/۷۸ ^{cd}	۰/۷۲ ^{i}	۱/۴۰ ^{BC}	۶/۵۸ ^{ef}	۷/۰۳ ^{ef}	۱۰/۲۹ ^{c}	۷/۹۷ ^{BC}
میانگین	۱/۶۷ ^{B}	۱/۹۳ ^{A}	۰/۷۹ ^{C}		۷/۵۶ ^{B}	۶/۸۷ ^{B}	۱۲/۳۹ ^{A}	

*میانگین‌های هر تیمار که حداقل دارای یک حرف بزرگ مشابه هستند یا میانگین‌های اثر متقابل دو تیمار که حداقل دارای یک حرف کوچک مشابه می باشند، تفاوت معنی داری بر مبنای آزمون LSD ندارند؛ I_1 ، I_2 و I_3 به ترتیب تامین ۱۰۰، ۷۵ و ۶۰ درصد کمبود رطوبت خاک می‌باشند.

منابع

۱. حیدری شریف آباد، ح.، ۱۳۸۳. *روش‌های کاهش خسارت خشکی و خشکسالی (۳)*، انتشارات معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی.

2. Chen. W., Yao, X., Cai, K. and Chen, J. 2010. Silicon Alleviates Drought Stress of Rice Plants by Improving Plant Water Status, Photosynthesis and Mineral Nutrient Absorption. Biological Trace Element Research. 142(1): 67-76.
3. Gao. X., Zou, C., Wang, L. and Zhang, F. 2004. Silicon improves water use efficiency in maize plants. Journal of Plant Nutrition. 27: 1457-1470.
4. Hancock. J.F. (1999). Strawberries. CABI publishing, New York.
5. Ma. J.F. 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plant to biotic and abiotic stresses. Soil Science . 50:11-18.
6. Ma. J.F. and Takahashi, E. 2002. Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan. (Amsterdam: Elsevier Science).
7. Nwugo. C.C. and Huerta, A.J. 2008. Effects of silicon nutrition on cadmium uptake, growth and photosynthesis of rice plants exposed to low-level cadmium. Plant and Soil. 311: 73-86.
8. Pei. Z.F., Ming, D.F., Liu, D., Wan, G.L., Geng, X.X., Gong, H.J. and zhou, w.j. 2009. Silicon Improves the Tolerance to Water-Deficit Stress Induced by Polyethylene Glycol in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seedlings. Journal of OF Plant Growth Regulation. 29(1):106-115.
9. Shen. X., Zhou, Y., Duan, L., Li, Z., Eneji, A.E. and Li, J. 2010. Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation. Journal of OF Plant Physiology. 167: 1248-1252.
10. Wang. S.Y. and Galleta, G. J. 1998. Foliar application of potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. Journal of Plant Nutrition 21:157-167.

Effects of potassium silicate on some physiological factors of strawberry under water deficit conditions

Safoora Dehghani Poodeh[1*], Cyrus Ghobadi[2], Bahram Baninasab[3], Mahdi Gheysari[4] and Siamak Shirani Bidabadi[5]

1-PhD student, Horticultural Science, Department of Horticultural Sciences, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj. 2-Assistant Professor, Department of Horticulture, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan. 3-Associate Professor, Department of Horticulture, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan. 4-Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan. 5-Department of Horticulture, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan.

*Corresponding author: safoora.dehghanipoodeh@yahoo.com

Abstract

Silicon (Si) is generally considered as a beneficial element for the growth of higher plants, especially for those grown under stressful environment. So, the objects of this study was to examine the effects of silicon on some physiological factors of strawberry *(Fragaria × ananassa 'Camarosa')* under water stress conditions. A factorial experiment, in a completely randomized design with three replications were used to investigate the effects of three irrigation levels [1.0 SMD (Soil Moisthre Deplation), 0.75 SMD and 0.6 SMD] and four levels of silicon compounds (0, 5,10 and 15 mM of potassium silicate). Chlorophyll fluorescence (Fv/Fm), Chlorophyll content, net photosynthetic rate (Pn), stomata conductance (Gs), transpiration rate (E), and water use efficiency (WUE), were measured. The results showed that, by increasing the levels of water stress Fv/Fm, Pn and Gs decreased and Si Application increased Fv/Fm and Pn. Si treatment significantly decreased transpiration rate and improved chlorophyll content and WUE. In conclusion Silicon application had beneficial effects on strawberry plants and addition of it could alleviate water stress.

Key words: Potassium Silicate, Water Stress, Strawberry.