نهمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی فیزیولوژی گیاهی
9th National and 1st International Conference of Plant Physiology
۱۳-۱۱ بهمن ۱۴۰۴، دانشگاه گیلان

بررسی تاثیر سیلیکون بر مسیر بیوسنتزی رنگدانه‌های فتوسنتری گیاه ذرت در شرایط تنش شوری

کورش دلاور*[۱]، شکوفه انتشاری[۲]
۱ گروه زیست شناسی، واحد آشتیان، دانشگاه آزاد اسلامی، آشتیان، ایران
۲ گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

چکیده

با توجه به اهمیت سیلیکون در گرامینه‌ها در پژوهش حاضر اثر این عنصر بر برخی حدواسط‌های مسیر بیوسنتزی کلروفیل در گیاه ذرت مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور اثر غلظت‌های صفر، ۱، ۲ و ۴ میلی مولار سیلیکون بر پنج حدواسط مسیر بیوسنتزی کلروفیل شامل پروتوپورفیرین IX، منیزیم پروتوپورفیرین، پروتوکلروفیلید، کلروفیلید a و کلروفیلید b در شرایط تنش شوری متوسط و شدید (به ترتیب کلرید سدیم ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی مولار) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که سیلیکون در شرایط تنش شوری شدید باعث افزایش مقدار کلروفیل کل گیاه شده اما بر روی محتوای پروتوپورفیرین IX تاثیر چندانی نداشت. همچنین حضور سیلیکون مقدار منیزیم پروتوپورفیرین را در شوری متوسط (۱۵۰ میلی مولار) کاهش داده اما در شوری شدید باعث افزایش آن گردید. همچنین نتایج به دست آمده نشان داد که سیلیکون مقدار پروتوکلروفیلید و دو حدواسط بعدی آن یعنی کلروفیلیدهای a و b را در شوری متوسط کاهش و در شوری شدید افزایش داد که نشان می‌دهد افزایش محتوای کلروفیل کل گیاه در شرایط تنش شوری شدید ممکن است ناشی از اثر سیلیکون بر مسیر بیوسنتزی این حدواسط‌ها باشد.

واژه‌های کلیدی: سیلیکون، تنش شوری، پروتوکلروفیلید، منیزیم پروتوپورفیرین

مقدمه

سیلیکون دومین عنصر فراوان در پوسته زمین است اما با این وجود نقش آن در فیزیولوژی گیاهان به طور روشن شناخته نشده است. این عنصر به جز در برخی خانواده‌های گیاهی مانند گندمیان و جگنیان، در زمره عناصر ضروری قرار نمی‌گیرد (Epstein, 1999). با این وجود پذیرفته شده است که سیلیکون می‌تواند در برخی تنش‌های زیستی و غیر زیستی اثرات مثبتی را در بهبود رشد و عملکرد گیاهان ایفا نماید. از جمله این تنش‌ها می‌توان به شوری اشاره نمود. شوری از جمله مهمترین تنش‌هائی است که تولید محصولات زراعی را محدود می‌نماید. نتایج رضایت‌بخشی از کاربرد سیلیکون در مقابله با تنش شوری ناشی از NaCl در گیاهانی مانند برنج، گندم و جو در شرایط کشت هیدروپونیک گزارش شده است (Ma, 1994). مکانیسم‌های مختلفی برای این عملکرد سیلیکون پیشنهاد شده است از جمله تجمع سیلیکون در برگ‌ها و محدود کردن تعرق، تشکیل کمپلکس با سدیم در ریشه‌ها، حفاظت از غشای پلاسمائی و فراساختار کلروپلاست و تحریک فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان (Epstein, 1999). بر اساس مطالب فوق روشن است که سیلیکون بر فرایندهای متابولیسمی گیاهان اثر گذار می‌باشد. از سوی دیگر ذرت از غلات مهمی است که منشأ آن قاره آمریکا بوده و پس از گندم، بیشترین اراضی کشاورزی جهان به آن اختصاص دارد. بنابراین با توجه به اهمیت رنگدانه‌های فتوسنتزی در متابولسیم این گیاه، در این پژوهش بر آن شدیم تا نقش سیلیکون را بر مسیر بیوسنتزی رنگدانه‌های فتوسنتزی (شامل حدواسط‌های پروتوپورفیرین IX، منیزیم پروتوپورفیرین، پروتوکلروفیلید، کلروفیلیدa، کلروفیلید b و کلروفیل کل) در شرایط تنش شوری مورد بررسی قرار دهیم تا از این طریق ارتباط احتمالی تاثیر سیلیکون بر متابولسیم گیاه از طریق تاثیر بر مسیر بیوسنتزی رنگدانه‌های آن را مورد کنکاش بیشتری قرار دهیم.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دانشگاه پیام نور نجف آباد انجام شده و بذرهای ذرت واریته مریت (*Zea mays* var. Merit) از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شدند. بذرها ابتدا با محلول آب ژاول ۱۰٪ (۲۰ دقیقه) و الکل ۷۰٪ (۶۰ ثانیه) ضد عفونی شده و پس از شستشو با آب مقطر استریل در بستر حاوی پرلیت استریل کشت شده و به مدت یک هفته با آب مقطر استریل آبیاری شدند. سپس دانه‌رست‌های هم اندازه و سالم انتخاب و به محیط کشت هیدروپونیک انتقال یافتند. محیط کشت هیدروپونیک شامل ظرف‌های پلاستیکی تیره رنگ ۱/۵ لیتری بود که با محلول غذائی لانگ اشتون (Hewitt, 1966) و تیمار مورد نظر (سیلیکون، کلرید سدیم) پر شدند. محلول ظرف‌ها دائما هوادهی شده و هر ۷ روز یک بار تعویض می‌شدند. شرایط pH تمامی محلول‌های غذائی ۵/۵ در نظر گرفته شد. هر ظرف حاوی ۲ دانه رست بوده که مجموعا به عنوان یک تکرار در نظر گرفته می‌شد. گیاهان در محیط کنترل شده گلخانه با دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و دمای شب و روز ۲ ± ۱۶ و ۲ ± ۲۴ درجه سانتی‌گراد و شدت نور حدود ۲۵۰ $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ نگهداری می‌شدند. سیلیکون به صورت متاسیلیکات سدیم ($Na_2SiO_3.5H_2O$) در غلظت‌های صفر، ۱، ۲ و ۴ میلی مولار تهیه و به محیط‌های کشت اضافه شد. تیمارهای شوری نیز شامل غلظت‌های صفر، ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی مولار کلرید سدیم بود. در کلیه تیمارهای حاوی سیلیکون، گیاهان از ابتدای انتقال به محیط کشت هیدروپونیک در معرض تغذیه سیلیکونی قرار گرفتند و سپس بعد از ۲ هفته، تنش شوری در غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی مولار بر گیاهان اعمال گردید و ۲ هفته پس از اعمال تنش نیز کلیه گیاهان برداشت شدند. برای سنجش میزان کلروفیل کل و حدواسط‌های مسیر بیوسنتزی کلروفیل از روش Yang و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شد. بر اساس این روش غلظت رنگیزه‌های مورد نظر با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید.

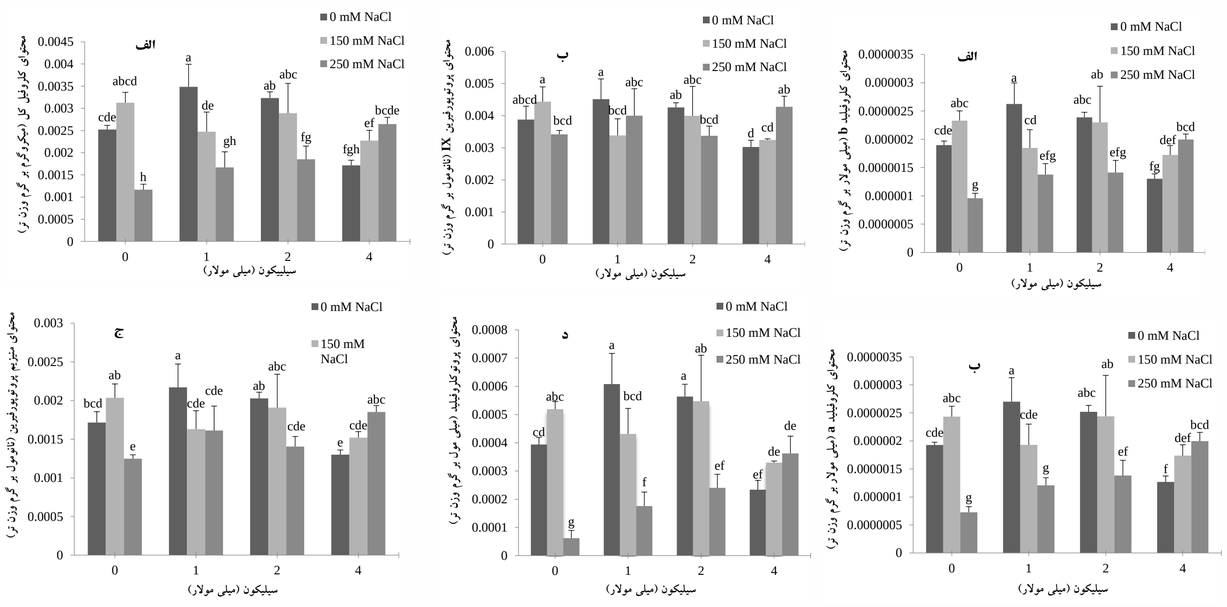
$$\text{Chl Total } (\mu g/ml) = 17.76\ A_{646.6} + 7.34\ A_{663.6}$$
$$\text{PPIX } (\mu g/ml) = 196.25\ A_{575} - 46.6A_{590} - 58.68\ A_{628}$$
$$\text{MGPP } (\mu g/ml) = 61.81\ A_{590} - 23.77\ A_{575} - 3.55\ A_{628}$$
$$\text{PChlide } (\mu g/ml) = 42.59\ A_{628} - 34.22\ A_{575} - 7.25\ A_{590}$$
$$\text{Chlide a } (\mu g/ml) = A_{667} / 74.9$$
$$\text{Chlide b } (\mu g/ml) = A_{650} / 47.2$$

در روابط فوق، Chl Total، PPIX، MGPP، Pchlide، Chlide a، Chlide b به ترتیب کلروفیل کل، پروتوپورفیرین IX، منیزیم پروتوپورفیرین، پروتوکلروفیلید، کلروفیلید a و کلروفیلید b می‌باشند. محاسبات آماری بر اساس طرح فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. آنالیز داده‌ها با کمک نرم افزار SPSS و رسم نمودارها نیز با کمک نرم افزار EXCEL صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و test-T در سطح احتمال ۵ ٪ انجام گرفت.

نتایج و بحث

در مسیر بیوسنتز کلروفیل حدواسط‌های متعددی وجود دارد که چهار مورد از آن ها به ترتیب اولویت تشکیل عبارتند از پروتوپورفیرین IX، منیزیم پروتوپورفیرین IX، پروتوکلروفیلید و کلروفیلیدهای a و b که به ترتیب به کلروفیل‌های a و b تبدیل می‌شوند. بررسی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنش شوری و سیلیکون هیچ کدام به تنهائی اثری بر روی محتوای پروتوپورفیرین IX نداشته اند. همچنین حضور سیلیکون (۱ میلی مولار) در شرایط تنش شوری ۱۵۰ میلی مولار مقدار این ماده را در مقایسه با شاهد کاهش داده و در غلظت ۴ میلی مولار نیز مقدار این حدواسط را در شرایط تنش شوری ۲۵۰ میلی مولار افزایش داده است. برعکس، محتوای منیزیم پروتوپورفیرین هم تحت تاثیر شوری و هم سیلیکون قرار گرفت به طوری که هم تنش شوری ۲۵۰ میلی مولار و هم سیلیکون ۴ میلی مولار مقدار آن را کاهش دادند اگرچه سیلیکون در غلظت ۱ میلی مولار مقدار این حدواسط را بالا برد. حضور سیلیکون (غلظت‌های ۱و ۴ میلی مولار) در شرایط تنش شوری ۱۵۰ میلی مولار باعث کاهش این ماده شده اما سیلیکون ۴ میلی مولار در شرایط تنش شوری ۲۵۰ میلی مولار مقدار این حدواسط را افزایش داده است. مقدار پروتوکلروفیلید نیز در شرایط تنش شوری ۲۵۰ میلی مولار کاهش شدیدی نشان داده و سیلیکون نیز در غلظت‌های ۱ و ۲ میلی مولار مقدار آن را افزایش داده است (شکل ۱). همچنین حضور سیلیکون در تمامی غلظت‌ها در شرایط تنش شوری ۲۵۰ میلی مولار مقدار این حدواسط را به طور مشخصی افزایش داده است که نشان می‌دهد سیلیکون در شرایط تنش شوری شدید می‌تواند بر مسیر بیوسنتزی این ماده اثر گذار باشد.

مقدار کلروفیلیدهای a و b هردو در شرایط تنش شوری ۲۵۰ میلی مولار کاهش مشخصی نشان داد و سیلیکون نیز در غلظت ۱ میلی مولار مقدار هر دو ماده را افزایش و در غلظت ۴ آن را کاهش داد. همچنین غلظت ۴ میلی مولار سیلیکون در شرایط تنش شوری ۱۵۰ میلی مولار مقدار این دو ماده را کاهش و در شرایط تنش شوری ۲۵۰ میلی مولار مقدار هر دو را افزایش داد (شکل ۲). در مطالعات مربوط به اثر سیلیکون بر محتوای رنگدانه‌ای گیاهان Shen و همکاران (۲۰۱۰) در گیاه سویا اثر مثبت سیلیکون را در افزایش محتوای کلروفیلی گیاه مشاهده کردند. اما Mussa (۲۰۰۶) گزارش کرد که اعمال تیمار سیلیکون ۳ میلی مولار باعث کاهش محتوای کلروفیل‌های a و b در گیاه ذرت می‌شود. مقدار کلروفیل کل نیز در تنش شوری ۲۵۰ میلی مولار کاهش بارزی نشان داد و سیلیکون نیز در غلظت‌های ۲ و ۴ میلی مولار مقدار آن را افزایش داد. حضور سیلیکون در غلظت ۴ میلی مولار باعث کاهش مقدار کلروفیل کل در شرایط تنش شوری ۱۵۰ میلی مولار شد اما در تنش ۲۵۰ میلی مولار مقدار کلروفیل کل را افزایش داد (شکل ۱). بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده مشخص است که سیلیکون عموما بر محتوای رنگدانه‌ای گیاه ذرت اثر مشخصی دارد که این اثر می‌تواند ناشی از تاثیرگذاری آن بر مسیر بیوسنتزی کلروفیل باشد



شکل ۱) اثر غلظت‌های مختلف سیلیکون و کلرید سدیم بر محتوای کلروفیل کل (الف)، پروتوپورفیرین IX (ب)، منیزیم پروتوپورفیرین (ج) و پروتوکلروفیلید (د). حروف متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p< 0.05$می‌باشد.

شکل ۲) اثر غلظت‌های مختلف سیلیکون و کلرید سدیم بر محتوای کلروفیلید a (الف) و کلروفیلید b (ب). حروف متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p< 0.05$می‌باشد.

به طور کلی بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان گفت که سیلیکون در شرایط تنش شوری باعث افزایش مقدار کلروفیل کل گیاه شده که این افزایش در شوری شدید (۲۵۰ میلی مولار) بالاتر بوده است. همچنین حضور سیلیکون مقدار منیزیم پروتوپورفیرین، پروتوکلروفیلید و دو حدواسط بعدی آن یعنی کلروفیلیدهای a و b را در شوری متوسط کاهش و در شوری شدید افزایش داد که نشان می‌دهد احتمالا افزایش محتوای کلروفیل کل گیاه در شرایط تنش شوری شدید ناشی از اثر سیلیکون بر مسیر بیوسنتزی این حدواسط‌ها بوده است.

منابع

Epstein, E., (1999). Silicon. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology , 50: 641–664. doi.org/10.1146/annurev.arplant.50.1.641

Hewitt, E.J., (1966). Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. Tech. Commun. 22, Common wealth Bureaux of Hort. and Plantation Crops, East Malling, England. doi.org/10.2136/sssaj1966.03615995003000040002x

Ma, J.F., (1994). Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. Soil Sci. Plant Nutr. 50: 11-18. doi.org/10.1080/00380768.2004.10408447

Moussa, H.R., (2006). Influence of Exogenous Application of Silicon on Physiological Response of Salt-stressed Maize (*Zea mays* L.). International Journal of Agriculture & Biology, 8(2): 293-297.