مزایای عنصر سیلیسیوم در کشاورزی

بخش تحقیق و توسعه شرکت رسام اگری

چکیده

از آغاز قرن ۱۹ سیلیکون (Si) در غلظت های قابل توجهی در گیاهان یافت شده است. سیلیکون که به عنوان یک عنصر غیر ضروری برای رشد و نمو گیاه در نظر گرفته می شود، نقش خود را در ارائه فواید متعددی برای گیاه به ویژه در شرایط تنش ایفا می کند. بنابراین، Si را می توان به عنوان عنصر شبه ضروری چند استعداد در نظر گرفت. این عنصر فراوانترین عنصر موجود در پوسته زمین پس از اکسیژن است که عمدتا به صورت دی اکسید سیلیکون (SiO_2) می باشد که گیاهان نمی توانند از آن استفاده کنند. گیاهان Si را به شکل اسید سیلیسیک یا مونوسیلیسیک از خاک به ریشه خود می گیرند. کاربرد کودهای حاوی این عنصر اثرات مضاعفی در سیستم خاک/ گیاه دارد. بطوریکه از یک سو بهبود وضعیت تغذیه ای سیلیسیوم موجب افزایش مقاومت گیاه به بیماری ها، حمله حشرات و شرایط نامساعد آب و هوایی می شود و از سوی دیگر، حضور ترکیبات فعال سیلیسیوم در خاک منجر به بهبود وضعیت آب، اصلاح ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک و حفظ عناصر غذایی در حالت قابل استفاده برای گیاه می گردد که در نتیجه، وضعیت حاصلخیزی خاک ارتقا خواهد یافت.

معرفی :

سیلیسیوم دومین عنصر فراوان در سطح زمین (۷/۲۷ درصد) می باشد و به صورت یک عنصر مکمل در پرورش گیاهان مختلف مورد توجه قرار گرفته است (۱). میزان سیلیس در خاک ۱تا ۵۴ درصد از وزن خشک خاک می باشد. همچنین میزان سیلیس در گیاهان ۰/۱تا ۱۰ درصد وزن خشک گیاه است که با برخی از عناصر ضروری پر مصرف برابری می کند. شکل محلول سیلیس در خاک، اسید سیلیسیک $Si(OH)_4$است که با غلظت ۰/۱ تا ۰/۶ میلی مولار در خاک وجود دارد. اسید سیلیسیک در PH پایین تر از ۹ تجزیه نمی شود و بنابراین گیاهان سیلیس را به شکل غیر یونی، به طور فعال یا غیر فعال، بسته به غلظت سیلیس بیرونی و نیاز طبیعی خود دریافت می کنند(۲).

شکل های مختلف سیلیسیوم در گیاهان :

گیاهان سیلیسیوم را به شکل اسید مونوسیلیسیک و یا آنیون آن جذب می کنند (۳). انتقال این عنصر از ریشه به بخش هوایی نیز از طریق جریان تعرقی در آوند چوبی صورت می گیرد. مطالعات زیادی انجام شده که نشان می دهد عبور اسید مونوسیلیسیک محلول از غشاهای سلولی به صورت غیر فعال می باشد(۴). اما در خصوص انتقال فعال این اسید در گیاهان تحقیقات زیادی انجام نشده است. اسید مونوسیلیسیک پس از جذب توسط ریشه، به سرعت از طریق جریان تعرقی به برگ های گیاه انتقال می یابد(۵). سیلیسیوم در بافت اپیدرمی به شکل لایه نازکی از غشای سیلیسیوم / سلولز تجمع یافته و با پکتین و یون های کلسیم پیوند برقرار می کند(۶). به این ترتیب، لایه مضاعف کوتیکولی می تواند وظیفه حفاظتی خود را انجام داده و باعث افزایش استحکام مکانیکی ساختارهای گیاهی شود(۳). افزایش غلظت سیلیسیوم در شیره گیاهی منجر به پلی مر شدن اسید مونوسیلیسیک می شود(۷). بررسی ماهیت شیمیایی سیلیسیوم پلی مر شده در گیاهان نشان داده که این پلی مر در واقع ژل سیلیسیوم یا اوپال گیاهی (سیلیس بی شکل) می باشد که توسط چندین مولکول آب احاطه شده است (۸و۳). پلی مر شدن اسید مونوسیلیسیک حاصل پلیمریزاسیون چنگال پذیر همراه با آب زدایی تدریجی این اسید و سپس اسید پلی سیلیسیک می باشد(۹). گیاهان می توانند ساختارهایی غنی از سیلیسیوم با ابعاد نانومتری (مولکولی)، میکروسکوپی (فراساختاری) و ماکروسکوپی (توده ای) تولید کنند(۱۰). نود درصد از سیلیسیومی که جذب می شود تغییر شکل یافته و به انواع مختلف گیاه سنگ ها و ساختارهای سیلیسیوم / سلولز تبدیل می گردد که در گیاه به صورت سیلیس بی شکل دیده می شوند. شکلی از سیلیس که در گیاهان ساخته می شود نیز به صورت ساختارهای منحصر به فرد سلولی و درون سلولی و در ابعاد نانومتری می باشد (۱۱).

جذب و انتقال سیلیس :

جذب سیلیس توسط گیاهان آوندی بسیار پیچیده است که با جذب و انتقال انتخابی سیلیس در بافت های خاص شناسایی می شود. البته در بین گونه های مختلف و یا در داخل هر گونه گیاهی تفاوت هایی دارد. به طور خلاصه، به محض اینکه اسید سیلیسیک توسط ریشه ها جذب می شود از سلول های کوتیکول به سمت هسته مرکزی ریشه منتقل می شود. سپس سیلیس در داخل آوند چوبی رها می شود و از طریق جریان تعرقی به سمت اندام های هوایی منتقل می گردد (۱۲). در اینجا سیلیس در خلال از دست دادن آب که در تناسب با روند تعرقی است تغلیظ شده (متراکم می شود) و از طریق پلیمریزاسیون سیلیس به سیلیکای غیر کریستالی (SiO_2-nH_2O) تغییر شکل می یابد(۱۲).

در مراحل بعدی سیلیکای غیرکریستالی به طور عمده در دیواره سلولی برگ ها، ساقه ها و پوشش خارجی بذرها تجمع می یابد(۱۲). سیلیکا (دی اکسید سیلیس) همچنین می تواند در سلول های ریشه، غده ها و گل آذین های واریته هایی از گونه های گیاهی رسوب نماید (۱۳). پیشنهاد شده است سیلیکا می تواند با اجزای دیواره سلولی شامل پلی ساکاریدها، لیگنین ها یا پروتئین ها واکنش هایی داشته باشد اما طبیعت این نوع ارتباط هنوز کاملا روشن نشده است (۱۴). به طور گسترده مشخص شده است عناصر معدنی می توانند از طریق ریشه ها به واسطه فرآیندهای فعال (وابسته به انرژی) و غیر فعال (مستقل از انرژی) که به ترتیب در جهت یا خلاف جهت شیب پتانسیل الکتروشیمیایی روی می دهد، منتقل شوند. همان طور که در بالا ذکر شد، سه راه متفاوت جذب سیلیس در گونه های مختلف گیاهی مسئول مستقیم غلظت پایین، متوسط و بالای سیلیس می باشد (۱۵). گیاهان دارای مکانیزم جذب فعال (انرژی خواه) سیلیس یک کاهش معنی داری را در غلظت سیلیس در محلول جذبی نشان می دهند در حالی که در گیاهانی که در آنها سیلیس توسط یک سیستم انتقال غیرفعال (مستقل از انرژی) جذب می شود هیچ نوع تغییر معنی داری مشاهده نمی شود. در عوض، گیاهان دفع کننده سیلیس متمایل به افزایش غلظت سیلیس در محلول جذبی هستند. برنج، ذرت و جو از جمله گونه های جذب کننده سیلیس می باشند که سیستم های جذب سیلیس ویژه ای را ارائه می دهند.

بسیاری از تک لپه ای ها مثل برنج (۱۶)، گندم (۱۷)، جو (۱۸)، چچم چند ساله (lolium perene) (۱۹) و برخی گیاهان از خانواده جگن ها(Cyperaceae) مقادیر زیادی از سیلیس را در مقایسه با سایر گونه ها جذب می نمایند که این امر معرف وجود یک سیستم انتقال فعال (انرژی خواه یا وابسته به انرژی) در این دسته از گیاهان می باشد.

در عوض اغلب دولپه ای ها سیلیس کمتری را در جهت شیب غلظت جذب می کنند (۲۰). به هر حال برخی گونه های دو لپه ای مثل خیار هستند که سیلیس را به طور کارآمدتری جذب می نمایند. در حالی که سیب زمینی و لوبیا (۲۱) سیلیس را از جذب خارج کرده اند یا مانع از ورود سیلیس می شوند. فرآیندهای جذب فعال و غیر فعال سیلیس می توانند به طور همزمان در گونه های جذب کننده سیلیس مثل برنج، ذرت و گونه های حد واسط مثل آفتابگردان و خربزه وجود داشته باشند (۲۲).

سیلیس در گیاهان به ویژه در شرایط تنش نقش های مختلفی دارد از جمله (۲۳) :

۱.عملکردهای مکانیکی و متابولیسمی سیلیس در برابر هم: برخی از اثرات سودمند سیلیس بر رشد و توسعه گیاهان، همچنین بر واکنش به تنش به وسیله رسوب سیلیس بر دیواره سلولی به شکل ذرات جامد پلیمری Sio2 که با عنوان فیتولیت شناخته می شود، مرتبط است. فیتولیت ها در داخل و اطراف سلول های گیاه از محلول سیلیسی که به وسیله گیاهان با عنوان سیلیسیک اسید گرفته شده است، تشکیل شده اند. سیلیس اضافی به دلیل اینکه این عنصر از طریق آوند آبکش در حرکت نیست، انباشته شده و بنابراین در جوانه های رویشی رسوب کرده و به وسیله تعرق کنترل می شود. رسوب سیلیس در دیواره های سلولی اپیدرم سطحی برگ ها، ساقه ها و پوسته ها، مقاومت مکانیکی و استحکام بافت های گیاه را فراهم می کند.

۲.آسیب اکسیداتیو: یکی از اثرات زیان آور تنش متابولیسمی گیاهان، تولید بیش از حد گونه های واکنش پذیر با اکسیژن (ROS) است که به چندین فرآیند متابولیکی به دلیل تخریب پروتئین ها، لیپیدها، کربوهیدرات ها و DNA آسیب می رساند. تشکیل ROS و صدمات همزمان در متابولیسم گیاه(آسیب اکسیداتیو)در تمام انواع تنش روی می دهد، اما عملکرد متابولیک ممکن است در هر مورد بسته به عامل انگیزش تنش، مختل شود. اکثر مطالعات قابل ملاحظه نشان داده اند که سیلیس فعالیت آنزیم های ضد اکسیداسیون را افزایش داده و به دیگر ترکیبات در مهار ROS تحت شرایط تنش غیر زیستی کمک می کنند، از این رو آسیب اکسیداتیو ناشی از پراکسیداسیون چربی کاهش می یابد.

۳.روابط آبی گیاه: مطالعات نشان دادند که سیلیس تحت تاثیر روابط آبی در گیاهان، به ویژه در شرایط تنش قرار دارد. دیواره های سلول های اپیدرم به وسیله لایه های محکم سیلیسیوم آغشته می شوند و در برابر از دست رفتن آب به وسیله تعرق کوتیکولی و نیز در برابر آلودگی های قارچی محافظت می شوند .سیلیسیوم در دیواره های سلول آوند چوبی نیز قرار گرفته و از فروریختن آوندها در شرایط تعرق زیاد جلوگیری می کند. سیلیس روابط آبی را نیز تحت شرایط شوری بهبود می بخشد. با توجه به این، افزایش آب ذخیره شده ناشی از سیلیس درون بافت های گیاهی برای نرخ رشد بالاتر و کمک به رقیق شدن نمک در گیاهان می شود در نتیجه اثرات سمیت نمک کاهش می یابد.

۴.فتوسنتز : سیلیس به منظور بهبود فتوسنتز در گیاهان در معرض تنش با حفظ یا با بهبود محدودیت در نرخ جذب خالص از چند طریق اثر می گذارد: ۱. روزنه ها و عوامل بسته شدن روزنه (سیلیس نرخ هدایت و تعرق روزنه را بهبود می بخشد). ۲. تنش فراساختار کلروپلاست را مختل کند (با منبسط کردن غشاء تیلاکوئید و کاهش دادن تعداد گرانا) بنابراین، سیلیس ظرفیت آنتی اکسیدانی را افزایش و پراکسیداسیون لیپیدی را به طورهمزمان کاهش می دهد، از یکپارچگی، ثبات و عملکرد غشاء محافظت می کند، در نتیجه فراساختار کلروپلاست حفظ می شود. ۳. توانایی تنظیم فعالیت آنزیم هایی که به طور مستقیم در فتوسنتز نقش دارند.

۵.روند پیری گیاهان: یکی از اثرات سودمند سیلیس بر گیاهان تاخیر روند پیری از طریق دخالت سیلیس در متابولیسم و انتقال هورمون های گیاهی

رسام اگری، ترسیم آینده کشاورزی
رسام اگری
www.rasamagri.com
TEL: 03134541845

مانند سیتوکینین و یا افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان می باشد.

۶.بیان ژن: برخی از تحقیقات منتشر شده حاکی از نقش سیلیس در علامت دهی و تنظیم بیان ژن مربوط به افزایش مقاومت به تنش بود. سیلیس شدت تنش را از طریق مکانیسم های غیر بیوشیمیایی بهبود می دهد که بیان ژن را از طریق سیگنال های هورمونی تنظیم می کند.

۷.هورمون های گیاهی درونی: تاثیر عرضه سیلیس بیرونی بر سطح هورمون های گیاهی درونی و پیوند آنها به اثرات تحریک سیلیس بر گیاهان در برخی گزارش ها منتشر شده ولی هنوز هم محدود هستند و شواهد برای یک ارتباط مستقیم بین سیلیس و بیوسنتز هورمون های گیاهی در حال حاضر وجود ندارد.

۸.جذب مواد معدنی و تحرک درون گیاه: تعادل جذب مواد معدنی و تحرک درون بافت های گیاهی اغلب به عنوان یک اثر تیمار سیلیس بیرونی در گیاهان مبتلا به تنش توصیف می شود، به ویژه هنگامی که تامین مواد مغذی نا متوازن باشد و یا ریشه در معرض غلظت نسبتا بالایی از عناصر سمی قرار بگیرد. اثرات سودمند سیلیس بر جذب و تحرک برای مواد مغذی (پتاسیم، منگنز، آهن) و مواد معدنی غیر مغذی (سدیم، آلومینیم، فلزات سنگین) گزارش شده است.

تاثیر سیلیسیوم بر تنش های زیستی :

نتایج تحقیقات نشان داده که سیلیسیوم از بروز بسیاری از بیماری های گیاهی و حمله حشرات جلوگیری می کند. پژوهشگران معتقدند تاثیر سیلیسیوم در مقاومت گیاه به آفات، ناشی از تجمع این عنصر در بافت اپیدرمی و بروز سیلیسیوم در مقاومت گیاه به آفات، ناشی از تجمع این عنصر در بافت اپیدرمی و بروز واکنش های دفاعی میزبان بر اثر حمله عامل بیماری زا می باشد. اسید مونوسیلیسیک انباشته شده در بافت های مذکور به صورت پلی مر درآمده و تشکیل اسید پلی سیلیسیک می دهد. سپس با تبدیل به سیلیس بی شکل، یک غشای ضخیم سیلیسیوم/ سلولز تشکیل می گردد که می تواند با پکتین و یون های کلسیم پیوند برقرار کند(۲۴). به این ترتیب لایه مضاعف کوتیکولی موجب حفاظت و تقویت استحکام مکانیکی گیاه خواهد شد (۳). سیلیسیوم همچنین می تواند با ترکیبات آلی در دیواره سلول های اپیدرمی، کمپلکس تشکیل داده و باعث شود مقاومت آنها در برابر تجزیه شدن توسط آنزیم های آزاد شده از قارچ بلاست برنج (Magnaporthe grisea. M. E Barr) افزایش یابد (۲۵). در واقع سیلیسیوم می تواند با کمپلکس های لیگنین / کربوهیدرات واقع در دیواره سلول های اپیدرمی گیاه برنج، پیوند تشکیل دهد. نتایج تحقیقات حاکی از نقش سیلیسیوم در گیاهان به عنوان یک عنصر فعال بوده و نشان می دهد که این عنصر می تواند به عنوان علامتی برای القای واکنش های دفاعی گیاه در برابر بیماری ها عمل کند. بررسی ها نشان داده که در هنگام بروز آلودگی های قارچی، سیلیسیوم موجب تحریک فعالیت آنزیم لیکتیناز و فعال سازی سریع پراکسیدازها و پلی فنوکسیدازها می شود (۲۶).

با استخراج ترکیبات فنولی واجد پیوند گلیکوزیدی از گیاهان تغذیه شده با سیلیسیوم مشاهده شد که این ترکیبات پس از تیمار با اسید و یا هیدرولیز با بتا- گلوکوزیداز، فعالیت شدید ضد قارچی نشان می دهد.

محتوای بالای سیلیسیوم در گیاه نیشکر می تواند با افزایش سختی نیشکر از حمله کرم ساقه خوار جلوگیری کرده (۲۷) و عفونت نماتد را در گیاهان خیار کاهش می دهد (۲۸). علاوه بر این سیلیسیوم برای سرکوب پوسیدگی ریشه و کپک پودری در خیار و گندم، لکه برگی در علف برمودا (Cynodon dactylon)، زنگ در لوبیا چشم بلبلی و لکه حلقه‌ای در نیشکر مشاهده شده است (۲۹). در سایر محصولات زراعی مانند لوبیا، توت فرنگی، سویا، گوجه فرنگی و گل رز نیز نتایج امیدوار کننده‌ای در کاهش شدت بیماری با کاربرد سیلیسیوم نشان دادند. کاهش شدت بیماری به بیماری های قارچی محدود نمی شود، اما مطالعات، اثر سیلیسیوم را در کنترل پژمردگی باکتریایی (solanacearum Ralstonia) گوجه فرنگی گزارش کرده‌اند (۳۰).

تاثیر سیلیسیوم بر تنش های غیر زیستی :

وجود رسوبات سیلیسیوم در دیواره سلول آوندهای چوبی باعث جلوگیری از فشرده شدن آوندها در شرایط تعرق زیاد ناشی از تنش گرمایی یا خشکی می شود. غشای سیلیسیوم/ سلولز در بافت اپیدرم نیز وظیفه حفاظت از گیاهان در مقابل اتلاف شدید آب از طریق تعرق را به عهده دارد. این پدیده ناشی از کاهش قطر منافذ روزنه ای و در نتیجه کاهش تعرق برگ می باشد. با توجه به برهم کنش بین اسیدمونوسیلیسیک و فلزات سنگینی مانند آلومینیوم و منگنز در خاک، ساز و کار تاثیر سیلیسیوم بر تعدیل سمیت فلزات سنگین در گیاهان تا حدی مشخص می شود (۳۱). سیلیسیوم موجب تعدیل تنش ناشی از شوری در گیاهان عالی می شود(۳۲). پژوهشگران معتقدند این پدیده ناشی از تاثیر سیلیسیوم بر کاهش جذب سدیم توسط گیاهان می باشد که می تواند به دلایل زیر اتفاق بیفتد : ۱) بهبود فعالیت فتوسنتزی ۲) افزایش نسبت انتخاب گری پتاسیم به سدیم (K/Na) ۳) افزایش فعالیت آنزیمی ۴) افزایش غلظت مواد محلول در آوند چوبی. تحقیقات نشان داده که تغذیه بهینه سیلیسیوم موجب افزایش مقاومت گیاه به سرمازدگی می شود(۳۲) اما ساز و کاری که باعث این مقاومت می شود زیاد شناخته شده نیست.

سیلیسیوم و خشکی :

کاربرد سیلیسیوم در طی تنش خشکی از طریق مکانیسم های مختلف تحمل گیاه را فراهم می کند. استفاده از سیلیسیوم تحت تنش خشکی ممکن است ژن آکواپورین (PIP پروتئین ذاتی غشای پلاسما) را تنظیم کند و مهار فعالیت آکواپورین ناشی از ROS را در گیاهان کاهش دهد. تحت تنش خشکی، عرضه سیلیسیوم با افزایش تجمع قندهای محلول و یا اسیدهای آمینه در شیره آوند چوبی که نیروی محرکه اسمزی را افزایش می دهد یا با فعال کردن انتقال K^+ به شیره آوند چوبی از طریق ژن (Stelar k^+ outward Rectifer) SKOR بر تنظیم اسمزی تاثیر گذاشت. کاربرد سیلیسیوم می تواند هدایت هیدرولیکی ریشه را با اصلاح رشد ریشه و افزایش نسبت ریشه به ساقه همراه با افزایش فعالیت آکواپورین و نیروی محرکه اسمزی بهبود بخشد. هدایت هیدرولیکی ریشه بیشتر منجر به افزایش جذب و انتقال آب می شود که به حفظ سرعت فتوسنتزی بالاتر و بهبود مقاومت گیاه در برابر کمبود آب کمک می کند (۳۳). کاربرد سیلیسیوم می تواند تنش خشکی را از طریق افزایش جذب مواد مغذی معدنی توسط گیاهان کاهش دهد و ویژگی های تبادل گاز را در گیاهان تغییر دهد (۳۴). در شرایط تنش خشکی، کاربرد اگزوژن سیلیسیوم باعث بهبود جوانه زنی بذر، فرآیندهای بیوشیمیایی شده و با افزایش دفاع آنتی اکسیدانی از گیاهچه در برابر استرس اکسیداتیو محافظت می کند. در گیاه ذرت، کاربرد سیلیکات کلسیم در خاک باعث افزایش جوانه زنی بذر در شرایط تنش خشکی می شود (۳۵). یکی از اثرات عمده تنش خشکی، اختلال در جذب عناصر غذایی ضروری توسط گیاهان است (۳۶). در این راستا کاربرد سیلیسیوم در خاک باعث افزایش جذب عناصر درشت مغذی (Mg, Ca, K, P) و ریزمغذی ها (Cu, Fe, Mn) در محصول تحت تنش کم آبی می شود (۳۷). افزایش سطح پتاسیم و فسفر کل در کاه برنج گیاهان تیمار شده با سیلیسیوم در مقایسه

رسام اگری، ترسیم آینده کشاورزی
رسام اگری
www.rasamagri.com
TEL: 03134541845

با شاهد در شرایط خشکی گزارش شده است (۳۶). تنظیم ویژگی های تبادل گاز گیاهان توسط سیلیسیوم تحت تنش خشکی نیز در بسیاری از مطالعات آشکار شده است (۳۸). به طور گسترده گزارش شده است که عرضه سیلیسیوم به کاهش آسیب اکسیداتیو از طریق افزایش فعالیت آنزیم آنتی اکسیدانی (کاتالاز، آسکوربات پروکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز، پراکسیداز) تحت تنش خشکی در گیاهان گندم، آفتابگردان، گوجه فرنگی و نخود می باشد (۳۷،۳۹،۴۰).

سیلیسیوم و شوری :

شوری خاک یک تنش غیر زیست عمده در سراسر جهان به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک است. در مجموع، اراضی آسیب دیده نمک در جهان حدود ۲۰ درصد از کل زمین های زیر کشت تحت تاثیر شوری و سدیمی با افزایش سالانه ۲-۱ درصد است. اخیرا مطالعات جامع در مورد تنش شوری و رشد گیاهان نشان داده است که شوری به طور قابل توجهی رشد گیاهان را محدود می کند، با فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی تعامل دارد و همچنین بر جذب و انتقال عناصر غذایی ضروری تاثیر می گذارد و باعث آسیب اکسیداتیو در گیاهان می شود. سیلیسیوم از مکانیسم های مختلفی برای کاهش تنش شوری در گیاهان استفاده می کند. مکانیسم های کلیدی درگیر در تحمل به تنش شوری با واسطه سیلیسیوم، کاهش سمیت یونی و حفظ تعادل آب گیاه، افزایش جذب و جذب مواد معدنی، تنظیم بیوسنتز املاح سازگار و فیتوهورمون ها، کاهش استرس اکسیداتیو، اصلاح ویژگی های تبادل گاز و اصلاح بیان ژن می باشد.

کاهش جذب و تجمع Na^+ توسط گیاهان یکی از مهم ترین مکانیسم های مقاومت گیاه در برابر تنش شوری است. به طور گسترده گزارش شده است که عرضه سیلیسیوم باعث کاهش جذب Na^+ توسط گیاهان تحت تنش شوری و افزایش نسبت K^+/Na^+ می شود (۴۱). تنش نمک منجر به عدم تعادل تغذیه ای شدید در گیاهان می شود. گزارش شده است که کاربرد سیلیسیوم باعث افزایش محتوای کلسیم و منیزیم در ریشه و برگ گوجه فرنگی در شرایط تنش شوری می شود و پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم را در شبدر مصری افزایش می دهد (۴۲). عرضه سیلیسیوم همچنین باعث افزایش سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه ای، سرعت تعرق، راندمان مصرف آب و تعداد و اندازه روزنه ها، وضعیت آب برگ، هدایت هیدرولیکی ریشه در بسیاری از محصولات زراعی مانند خیار، باقلا، سورگوم، گندم، برنج، بامیه، فلفل شیرین و ذرت می شود (۴۵ و ۴۴ و ۴۳).

سیلیسیوم و فلزات سنگین :

زمین های کشاورزی در سرتا سر جهان به انواع فلزات سنگین مانند Cr، Cd، Pb، As و ... آلوده هستند و خاک های آلوده را می توان به عنوان خاک های آلوده کم، متوسط و زیاد طبقه بندی کرد. فلزات سنگین مانند آرسنیک (As) ، سرب (Pb)، کادمیوم (Cd) و کروم (Cr) سهم عمده ای از آلودگی خاک را تشکیل می دهند و حتی در غلظت های پایین نیز بسیار سمی هستند. به طور گسترده گزارش شده است که فلزات سنگین از طریق تداخل با فعالیت آنزیم های مختلف و همچنین از طریق بر هم کنش مستقیم با ماکرو مولکول هایی مانند پروتئین و رنگدانه ها و غیره بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی طبیعی و همچنین رشد ساختاری گیاهان تاثیر بدی می گذارند(۴۶).

آلودگی محیط زیست با آرسنیک (As) به دلیل اثرات مضر آن بر سلامت خاک، رشد و نمو گیاهان و در نهایت سلامت انسان، یک مشکل جدی است. کاهش سمیت به وسیله سیلیسیوم روش بهتری برای ضد عفونی کردن مکان های آلوده به آرسنیک است. محققان گزارش دادند که سیلیسیوم به طور قابل توجهی اثرات منفی آرسنیک بر فتوسنتز و مقادیر کربوهیدرات را هنگامی که گیاهان برنج با آرسنیک به چالش کشیدند معکوس کرد. آنها همچنین توافق کردند که تغذیه سیلیسیوم به طور قابل توجهی جذب و انتقال آرسنیک را در گیاهان برنج از طریق بیان ژن ها محدود می کند(۴۷). در میان فلزات سنگین ذکر شده سرب (Pb) یکی از سمی ترین آلاینده های محیط زیست است. علاوه بر این، جذب و اثرات سمی سرب به گونه های گیاهی، نوع خاک و خواص خاک بستگی دارد. محققان آزمایشی را برای بررسی اثرات تسکین دهنده سیلیسیوم بر روی سمیت سرب در پنبه انجام دادند و نشان داده شد که افزودن سیلیسیوم به طور قابل توجهی جذب سرب، نشت الکترولیت و پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و مالون دی آلدئید (MDA) را در گیاهان پنبه کاهش داد. در حالی که فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی در ریشه و برگ گیاهان پنبه در حضور سیلیسیوم افزایش یافت (۴۸). این یافته ها همچنین تایید کرد که عملکرد زیست توده، رشد، محتوای کلروفیل و پارامترهای فتوسنتزی به طور قابل توجهی با کاربرد سیلیسیوم تحت تنش سرب افزایش یافت.

کادمیوم (Cd) بسیار سمی و یکی از مهم ترین آلاینده های زیست محیطی در کشورهای توسعه یافته است. به مقدار بسیار اندک مورد نیاز است، در غیر این صورت باعث مسمومیت می شود و در طول عمر در بدن گیاه تجمع می یابد و می تواند مشکلاتی را برای سلامت گیاه ایجاد کند. گزارش شده که قرار گرفتن در معرض کادمیوم به تنهایی رشد گیاه را کاهش می دهد و باعث استرس اکسیداتیو برای ارقام بادام زمینی می شود (۴۹). عرضه سیلیسیوم به طور قابل توجهی سمیت کادمیوم را کاهش داد و همچنین تجمع کادمیوم در اندام هوایی و برگ ها را کاهش داد. اخیرا آلودگی محیط زیست با کروم (Cr) از طریق صنعتی شدن و فعالیت های انسانی به یک مشکل جدی تبدیل شده است. انتشار جهانی کروم از سایر فلزات سنگین مانند Cd و Pb بیشتر است. کروم به اشکال مختلف وجود دارد، اما سمی ترین شکل برای موجودات زنده کروم VI است زیرا می تواند به راحتی از غشاها عبور کرده و وارد سیتوپلاسم شود و بر فرآیندهای متابولیک تاثیر بگذارد. کروم اثرات مضری بر رشد گیاهان ایجاد می کند و کاهش جوانه زنی بذر، ایجاد آسیب اکسیداتیو بر جذب مواد مغذی، تعامل با فرآیندهای فتوسنتز، تاثیر بر تعادل آب و متابولیسم N را باعث می شود (۵۰). محققان مطالعه ای برای ارزیابی اثرات سیلیسیوم بر روی سمیت کروم انجام دادند و نشان داده شد که تغذیه سیلیسیوم به طور قابل توجهی اثر سمی کروم را در گیاهان گندم کاهش می دهد (۵۱).

نتیجه گیری :

نقش کلیدی سیلیسیوم در وضعیت عنصر ضروری نیست بلکه در عملکرد منحصر به فرد اصلی آن در برجسته ترین و کاهش اثرات مضر تنش های غیر زیستی و زیستی در گیاهان است. گیاهان سیلیسیوم موجود در خاک را منحصرا به شکل مونوسیلیسیک اسید و توسط ریشه جذب می نمایند. سیلیس درون بافت های گیاه مقاومت مکانیکی، ایستادگی برگ ها، تنظیم تحرک مواد غذایی و آب درون گیاهان را فراهم

رسام اگری، ترسیم آینده کشاورزی
رسام اگری
www.rasamagri.com
TEL: 03134541845

می کند. همچنین مقاومت به بیماری را افزایش می دهد و رشد گیاهان در شرایط استرس حرارت زیاد، حرارت کم، خشکی و رطوبت زیاد را بهبود می بخشد. سیلیسیوم به عنوان یک ریز مغذی با استعداد چند منظوره در نظر گرفته می شود که برای دستیابی به کشاورزی پایدار مورد نیاز است.

رفرنس ها :

Epstein, E. 1999. Silicon. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 50: 641-664. 1.

Hodson, M. J., P. J. White, A. Mead and M. R. Broadley. 2005. Phylogenetic variation 2.

in the silicon composition of plants. Ann. Bot. 96: 1027-1046Dismutase of Viciafaba L.

2(1): 47–50

3. S. Yoshida. The physiology of silicon in rice. Technical bulletin, no. 25, Food and Fertilizer Technology Center, Taipei, Taiwan, 1975.

4. M.J. Aston, M.M. Jones. A study of the transpiration surfaces of Avena sterilis L. var. Algerian leaves using monosilicic acid as a tracer for water movement. Planta 130:121-129, 1976.

5.J.F. Ma. Function of silicon in higher plants. Prog. Mol. Subcell. Biol. 33:127-147, 2003.

6. L. Waterkeyn, A. Bientait, A. peters. Callose et silice epidermiques rapports avec la transpiration culticulaire. La Cellule 73:263-287, 1982.

7. C.J. Lewin, B.E. Reimann. Silicon and plant growth. Annu. Rev. Plant physiol. 20:289-304, 1969.

8. F.C. Lanning. Plant constituents, silicon in rice .J. Agric. Food Chem. 11:435-437, 1963.

9. R.K. ILer. The Chemistry of silica. New York: Wiley, 1979.

10. S. Mann, C.C. Perry. Structural aspects of biogenic silica. In Silicon Biochemistry . Ciba Foundation Symposium 121. New York: Wiley, 1986, PP.40-53.

11. S. Mann, G.A. Ozin. Synthesis of inorganic materials with complex form. Nature 382

:313-318, 1996.

12. Ma, J. F., K. Tamai, N. Yamaji, N. Mitani, S. Konishi, M. Katsuhara, M. Ishiguro, Y. Murata, and M. Yano. 2006. A silicon transporter in rice. Nature 440: 688–691

13. Chandler-Ezell, K., D. Pearsall, and J. Zeidler. 2006. Root and tuber phytoliths and starch grains

document manioc (Manihot esculenta), arrowroot (Maranta arundinacea), and llere´n (Calathea sp.) at the

Real Alto site. Ecuador. Econ. Bot. 60:103–120

14. Currie, H. A. and C. C. Perry. 2007. Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies. Ann.

Bot-London 100:1383–1389

15. Takahashi, E., J. F. Ma, and Y. Miyake. 1990. The possibility of silicon as an essential element for

higher plants. J. Agr. Food Chem. 2: 99–122

16. Tamai, K. and J. F. Ma. 2003. Characterization of silicon uptake by rice roots. New Phytol. 158:431–

436

17. Rains, D. W., E. Epstein, R. J. Zasoski, and M. Aslam. 2006. Active silicon uptake by wheat. Plant

Soil 280:223–228

18. Nikolic, M., N. Nikolic, Y. Liang, E. A. Kirkby, and V. Römheld. 2007. Germanium-68 as an adequate

tracer for silicon transport in plants. Characterization of silicon uptake in different crop species. Plant Physiol.

143:495–503

19. Nanayakkara, U. N., W. Uddin, and L. Datnoff. 2008. Application of silicon sources increases silicon

accumulation in perennial ryegrass turf on two soil types. Plant Soil 303:83–94

20. Takahashi, E., J. F. Ma, and Y. Miyake. 1990. The possibility of silicon as an essential element for

higher plants. J. Agr. Food Chem. 2: 99–122

21. Liang, Y., J. Si, and V. Römheld. 2005. Silicon uptake and transport is an active process in Cucumis

sativus L. New Phytol. 167:797–804

22. Liang, Y., H. Hua, Y. G. Zhu, J. Zhang, C. Cheng, and V. Römheld. 2006. Importance of plant

species and external silicon concentration to active silicon uptake and transport. New Phytol. 172:63–72

23. Savvas, D., G ،Ntatsi, Biostimulant activity of silicon in horticulture. Sci. Hortic.

(2015)

24. L. Waterkeyn, A. Bientait, A. Peeters. Callose et silice epidermiques rapports avec la transpiration culticulaire. La Cellue 73:263-287, 1982.

25. R.J. Volk. Silicon content of the rice plant as a factor influencing its resistance to infection by the blast fungus piricularia oryzae. Phytopathology 48:179-184,1958.

26. M. Cherf, J.G. Menzies, D.L. Ehret, C. Bopgdanoff, R.R. Belanger. Yield of cucumber infected with Pythium aphanidermatum when grown with soluble silicin. HortScience 29: 896- 897, 1994.

27. Rao SDV (1967) Hardness of sugarcane varieties in relation to shoot borer infestation. Andhra Agric J 14:99–105

28. Silva RV, Oliveria RDL, Nascimento KJT, Rodrigues FA (2010) Biochemical responses of coffee resistance against Meloidogyne exigua mediated by silicon. Plant Pathol 59:586–593

29. Fawe A, Menzies JG, Chérif M, Bélanger RR (2001) Silicon and disease resistance in dicotyledons. Stud Plant Sci

creasing of salinity stress in greenhouse cucumber (Cucumis sativus L.) in soilless culture. J Biol Environ Sci 6(17):171–174

44. Mahdieh M, Habibollahi N, Amirjani MR, Abnosi MH, Ghorbanpour M (2015) Exogenous silicon nutrition ameliorates salt-induced stress by improving growth and efficiency of PSII in Oryza

sativa L. cultivars. J Soil Sci Plant Nutr 15(4):1050–1060

45. Chen D, Yin L, Deng X, Wang S (2014) Silicon increases salt tolerance by influencing the two-phase growth response to salinity in wheat (Triticum aestivum L.). Acta Physiologiae Plantarum36(9):2531–2535

46. Nagajyoti, P.C., Lee, K.D., Sreekanth, T.V.M., 2010. Heavy metals, occurrence and

toxicity for plants: a review. Environ. Chem. Lett. 8, 199–216.

47. Lílian, M.V.P., Sanglard, Kelly C. Detmann, Samuel C.V. Martins, Rodrigo A. Teixeira, Lucas F. Pereira, Matheus L. Sanglard, Alisdair R. Fernie, Wagner L. Araújo, Fábio M. DaMatta, 2016. The role of silicon in metabolic acclimation of rice plants challenged with arsenic. Environ Exp. Bot. 123, 22–36.

48. Bharwana, S.A., Ali, S., Farooq, M.A., Iqbal, N., Abbas, F., Ahmad, M.S.A., 2013. Alleviation of lead toxicity by silicon is related to elevated photosynthesis, antioxidant enzymes suppressed lead uptake and oxidative stress in cotton. J. Bioremed. Biodeg. 4(4), 1-11.

49. Gangrong, S., Qingsheng, C., Caifeng, L., Li, W., 2010. Silicon alleviates cadmium toxicity in peanut plants in relation to cadmium distribution and stimulation of antioxidative enzymes.

Plant Growth Regul. 61, 45-52.

50. Ali, S., Zeng, F., Cai, S., Qiu, B., Zhang, G., 2011. The interaction of salinity and chromium in the influence of barley growth and oxidative stress. Plant Soil. Environ. 57, 153–159.

51. Durgesh, K.T., Vijay, P.S., Sheo, M.P., Devendra, K.C., Nawal, K.D., Awadhesh, K.R., 2015.

Silicon-mediated alleviation of Cr(VI) toxicity in wheat seedlings as evidenced by

chlorophyll florescence, laser induced breakdown spectroscopy and anatomical changes. Ecotox. Environ. Safe. 113, 133–144

8:159–169.

Ghareeb H, Bozso Z, Ott PG, Repenning C, Stahl F, Wydra K (2011) 30.

Transcriptome of silicon-induced resistance against Ralstonia

solanacearum in the silicon non-accumulator tomato implicates

priming effect. Physiol Mol Plant Pathol 75(3):83–89

31. C.D. Foy. Soil chemical factors limiting plant root growth . Adv. Soil Sci. 19:97-149, 1992.

32. Y.liang, Z. Shen. Interaction of silicon and boron in oilseed rape plants. J. Plant Nutr. 17:415-425, 1994.

33. Luyckx M, Hausman J-F, Lutts S, Guerriero G (2017) Silicon and plants: current knowledge and technological perspectives. Front Plant Sci 8:411.

34. Rizwan M, Ali S, Ibrahim M, Farid M, Adrees M, Bharwana SA et al (2015) Mechanisms of silicon-mediated alleviation of drought and salt stress in plants: a review. Environ Sci Pollut Res22:15416–15431.

35. Zargar SM, Agnihotri A (2013) Impact of silicon on various agromorphological and physiological parameters in maize and revealing its role in enhancing water stress tolerance. Emir J Food Agric 25:138–141

36. Emam MM, Khattab HE, Helal NM, Deraz AE (2014) Effect of selenium and silicon on yield quality of rice plant grown under drought stress. Aust J Crop Sci 8(4):596

37. Gunes A, Pilbeam DJ, Inal A, Coban S (2008) Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. Commun Soil Sci Plant

Anal 39(13–14):1885–1903

38. Gao X, Zou C, Wang L, Zhang F (2006) Silicon decreases transpiration rate and conductance from stomata of maize plants. J Plant Nutr 29(9):1637–1647

39. Tale Ahmad S, Haddad R (2011) Study of silicon effects on antioxidant enzyme activities and osmotic adjustment of wheat under drought stress. Czech J Genet Plant Breed 47(1):17–27

40. Shi Y, Zhang Y, Yao H, Wu J, Sun H, Gong H (2014) Silicon improves seed germination and alleviates oxidative stress of bud seedlings in tomato under water deficit stress. Plant Physiol Biochem

78:27–36

41. Ali A, Basra SM, Ahmad R, Wahid A (2009) Optimizing silicon application to improve salinity tolerance in wheat. Soil Environ 2:136–144

42. Li H, Zhu Y, Hu Y, Han W, Gong H (2015) Beneficial effects of silicon in alleviating salinity stress of tomato seedlings grown under sand culture. Acta Physiol Plant 37(4):1–9

43. Amirossadat Z, Ghehsareh AM, Mojiri A (2012) Impact of silicon on de-

www.rasamagri.com
TEL: 03134541845
رسام اگری
رسام اگری، ترسیم آینده کشاورزی