

### O SILÍCIO É UM FORTIFICANTE E ANTIESTRESSANTE NATURAL PARA AS PLANTAS

Oscar Fontão de Lima Filho  
Pesquisador A  
Embrapa Agropecuária Oeste  
[www.cpao.embrapa.br](http://www.cpao.embrapa.br)

Há séculos o homem utiliza extratos vegetais para aumentar a saúde das plantas. Um exemplo clássico é o uso de extrato de cavalinha ou rabo de cavalo, uma planta do gênero *Equisetum* rica em silício nos seus tecidos. A agricultura biodinâmica, por exemplo, caracteriza-se por utilizar nove preparações homeopáticas com o objetivo de aumentar a qualidade do solo e estimular o crescimento das plantas. Duas delas tem como base o silício: extrato de cavalinha e pó de quartzo, para prevenir doenças fúngicas e estimular o crescimento.

O silício é absorvido pelas plantas, de modo geral, em grandes quantidades. Em muitas espécies, inclusive, os teores encontrados nos tecidos superam aqueles existentes para nitrogênio e potássio, nutrientes majoritários nas plantas. Atualmente considera-se como nutrientes, ou seja, essenciais para a vida vegetal os seguintes elementos: carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre (macronutrientes), e os micronutrientes boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio, níquel, cloro, selênio, sódio, cobalto e silício.

A essencialidade do silício foi comprovado apenas para algumas espécies, falhando-se em descrever o mecanismo de ação deste elemento, o que faz com que a maioria dos autores o considere apenas como elemento benéfico. Os conceitos de essencialidade de minerais para as plantas, estabelecidos há 65 anos, levam em conta o fato de que a deficiência do elemento torna impossível para a planta completar a fase vegetativa ou reprodutiva do seu ciclo de vida, de que a deficiência do elemento é específica, sendo impedida ou corrigida com o fornecimento deste elemento e que o elemento está diretamente relacionado com a nutrição da planta, não levando em conta os possíveis efeitos na correção de quaisquer condições químicas ou microbiológicas do solo ou outro meio de cultura. Estes critérios de essencialidade, entretanto, são rígidos, não levando em consideração os avanços na ciência. Como veremos mais adiante, a diminuição na resistência da planta a fatores estressantes, bióticos ou abióticos, ou seja, causados por desbalanços nutricionais, doenças fúngicas, pragas e condições climáticas adversas, pode ocorrer quando a concentração do ácido silícico estiver abaixo de um limite crítico na solução do solo e, conseqüentemente, na planta. Nestas condições adversas, se as mudanças bioquímicas que se manifestam em uma planta são danosas a ela, em virtude da quantidade reduzida de silício em seus tecidos, poderia-se estabelecer, por meio deste critério, a essencialidade do silício.

Sabe-se que os solos tropicais e subtropicais sujeitos à intemperização e lixiviação, com cultivos sucessivos, tendem a apresentar baixos níveis de silício trocável. Estes solos, normalmente, apresentam baixo pH, alto teor de alumínio, baixa saturação em bases e alta capacidade de fixação de fósforo, além de uma atividade microbiológica reduzida. Solos arenosos são particularmente pobres em silício disponível para as plantas, isto é, ácido silícico.

Quando se tem um elemento no solo limitando a expressão máxima do crescimento e produção, deve-se supri-lo através da adubação química e/ou orgânica. Em 1840 Justus von Liebig (1803-1873), pai da Nutrição Mineral de Plantas, já sugeria o uso do silício como fertilizante, sendo o primeiro cientista a conduzir um trabalho de pesquisa com o elemento em casa-de-vegetação. Desde 1859 são conduzidos ensaios com fertilizantes silicatados na Estação Experimental de Rothamsted, Inglaterra. Países asiáticos, como o Japão por exemplo, utilizam quantidades elevadas de silício em arrozais há décadas. Outros países estão aumentando o uso da fertilização silicatada em várias culturas. Portanto, o interesse e o uso comercial do silício na agricultura não é recente. Estudos científicos têm demonstrado aumentos significativos na taxa fotossintética, melhoria da arquitetura foliar e de outros processos no metabolismo vegetal, tendo como resultado final um

aumento e maior qualidade na produção. O silício tem um papel importante nas relações planta-ambiente, pois pode dar à cultura maiores condições para suportar adversidades climáticas, edáficas e biológicas. Estresses causados por temperaturas extremas, veranicos, metais pesados ou tóxicos, por exemplo, podem ter seus efeitos reduzidos com o uso do silício. A adubação com silício pode, também, aumentar a resistência a várias doenças fúngicas, bem como para algumas pragas. O estímulo na fotossíntese e no teor de clorofila aumenta a assimilação de nitrogênio em compostos orgânicos nas células, o suprimento de carboidratos, o fornecimento de material para a parede celular e a atividade radicular. Com isso há uma maior absorção de água e nutrientes, notadamente nitrogênio, fósforo e potássio e um maior poder de oxidação das raízes. A acumulação de silício nas células da epiderme, particularmente em gramíneas, mantém as folhas mais eretas, aumentando a penetração da luz no dossel, diminui a transpiração excessiva, evitando ou diminuindo o estresse hídrico nas folhas e aumenta a resistência ao acamamento, pois aumenta a força mecânica do colmo.

Culturas como soja, trigo, algodão, arroz e cana-de-açúcar, por exemplo, podem ser beneficiadas com o uso do silício. Deve-se salientar que o efeito do silício tende a ser mais intenso em cultivos com adubações nitrogenadas pesadas e em solos com níveis baixos de silício disponível.

A soja pode apresentar quantidades consideráveis de silício em seus tecidos quando a concentração do elemento no solo é alta. Trabalhos mostram aumentos na produtividade, altura da planta, número de vagens, matéria seca da parte aérea e das raízes. Já foram observados sintomas de deficiência de silício em soja, que se caracterizam pela malformação de folhas novas e redução da fertilidade do grão de pólen.

Trigo suplementado com silício pode apresentar maior altura, área foliar, matéria seca, massa de grãos e número de espiguetas em relação a uma planta de trigo com deficiência do elemento. Em condições de estresse hídrico, plantas alimentadas com silício mantêm maior teor e potencial hídrico e área foliar. Além disso, apresentam folhas mais grossas e densas.

Em algodoeiro a concentração de silício na fibra aumenta durante a fase de alongamento, alcançando um valor máximo na iniciação da parede secundária, sugerindo que o elemento possa ter um papel na formação e alongamento da fibra e, possivelmente, no desenvolvimento da parede secundária.

Pesquisas indicam, também, que a adubação com silício via solo pode promover crescimento mais rápido do algodão. Além disso, pode aumentar o número total de capulhos e ramos frutíferos, tamanho de capulhos e porcentagem de fibra.

O arroz e a cana-de-açúcar são culturas acumuladoras de silício, concentrando em seus tecidos teores mais elevados do que outros nutrientes, como nitrogênio e potássio. Em arroz, a suplementação com silício proporciona aumento na produção, na massa individual das sementes, no número de grãos e panículas e diminuição da esterilidade. Com o suprimento do silício a diferença no comprimento das lâminas foliares, principal responsável pela altura, tende a aumentar de acordo com o desenvolvimento da planta. A maior expansão foliar determina maior taxa de assimilação de gás carbônico por planta. Com isso, há uma maior translocação de assimilados para a produção de grãos, aumentando a produtividade. Em arroz irrigado o silício aumenta o poder de oxidação das raízes, minimizando os efeitos tóxicos de níveis elevados de ferro. A cana-de-açúcar também pode responder à adubação silicatada. Ao aumentar o comprimento e o diâmetro dos colmos, e o número de perfilhos, a aplicação de silicato aumenta a produtividade.

Estresses nutricionais podem ser reduzidos com a suplementação silicatada, pois ocorrem interações do silício com vários elementos, favorecendo a nutrição vegetal. A toxidez de ferro, cádmio, chumbo, zinco, mercúrio, manganês, sódio e alumínio, por exemplo, pode **ser minimizada ou evitada com o uso** do silício. O fato reveste-se de importância ao considerarmos que em solos ácidos a toxidez de alumínio é um dos principais fatores de estresse que limitam o crescimento das plantas.

Além da barreira física, devido à acumulação na epiderme das folhas, o silício ativa genes envolvidos na produção de compostos secundários, como fenóis, e enzimas relacionadas com os mecanismos de defesa das plantas. Deste modo, o aumento de silício nos tecidos vegetais faz com que a resistência da planta ao ataque do fungo patogênico aumente, devido à produção suplementar de toxinas que podem agir como substâncias inibidoras do fungo. Reações bioquímicas elicítadas pelo silício, em função do ataque de um fungo patogênico, foram estudadas em trigo e pepineiro. Plantas de trigo tratadas com silício e atacadas por oídio apresentam reações de defesa específicas que incluem a formação de papilas, calose, liberação de compostos fenólicos glicosilados, aumento na síntese de enzimas como peroxidases e superóxido dismutase e incremento na produção de lignina. O material fenólico acumula-se tanto ao longo da parede celular como associando-se ao fungo. No caso de cucurbitáceas, a presença de oídio aumenta os níveis de fenóis e o ataque de fungos causadores de podridão de raiz, do gênero *Pythium*, induz a uma maior síntese de peroxidases e polifenoloxidases,

enzimas relacionadas com o rompimento das próprias células do hospedeiro. Também há aumento na produção de quitinase, enzima ligada à degradação da parede celular do fungo, e de beta-glicosidase, enzima relacionada com substâncias fungitóxicas encontradas nas raízes. Exemplos de outras doenças que encontram resistência do hospedeiro com a suplementação de silício incluem bruzone e mancha parda em arroz, cancro-da-haste em soja, oídio em soja, cevada, moranga e tomateiro, rizoctoniose em arroz e sorgo, dentre outras.

A maior resistência ao ataque de insetos por plantas com nível ótimo de silício nos tecidos está sendo alvo de estudo por um número cada vez maior de pesquisadores no Brasil. Alguns resultados de pesquisa incluem o pulgão verde em trigo e sorgo, lagarta do cartucho em milho, broca do colmo em cevada, broca da cana-de-açúcar, lagarta do colmo em arroz, gafanhoto verde, etc. A planta pode responder ao estímulo invasor da praga aumentando a absorção de silício, como foi constatado em citrus e pastinaca.

Estratégias alternativas de manejo de controle de doenças e a utilização de novos insumos no manejo nutricional do solo têm despertado bastante interesse, principalmente pelo potencial de uso comercial e baixo impacto ambiental. A tecnologia baseada no uso do silício é limpa e sustentável, com enorme potencial para diminuir o uso de agroquímicos e aumentar a produtividade por meio de uma nutrição mais equilibrada e fisiologicamente mais eficiente.