



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

PAULA ESTEFANY PEQUENO DO NASCIMENTO ALVES

**POTENCIAL DO SILÍCIO À TOLERÂNCIA AOS ESTRESSES ABIÓTICOS EM
PLANTAS CULTIVADAS**

**CAMPINA GRANDE - PB
2017**

PAULA ESTEFANY PEQUENO DO NASCIMENTO ALVES

**POTENCIAL DO SILÍCIO À TOLERÂNCIA AOS ESTRESSES ABIÓTICOS EM
PLANTAS CULTIVADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de graduada em Ciências Biológicas.
Área de concentração: Ecofisiologia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo.

**CAMPINA GRANDE - PB
2017**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A474p Alves, Paula Estefany Pequeno do Nascimento.
Potencial do silício à tolerância aos estresses abióticos em plantas cultivadas [manuscrito] : / Paula Estefany Pequeno do Nascimento Alves. - 2017.
18 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2017.

"Orientação : Prof. Dr. Alberto Soares de Melo, Departamento de Biologia - CCBS."

1. Estresse vegetal. 2. Produtividade. 3. Micronutriente. 4. Silício.

21. ed. CDD 580

PAULA ESTEFANY PEQUENO DO NASCIMENTO ALVES


POTENCIAL DO SILÍCIO À TOLERÂNCIA AOS ESTRESSES ABIÓTICOS EM
PLANTAS CULTIVADAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Programa de Graduação
em Ciências Biológicas da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito
parcial à obtenção do título de graduada
em Ciências Biológicas.

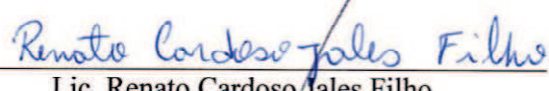
Área de concentração: Ecofisiologia
Vegetal.

Aprovada em: 12/12/2017.


BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Alberto Soares de Melo (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Lic. Renato Cardoso Jales Filho
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Yuri Lima Melo
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A Deus,
por Ele todas as coisas foram feitas,
tudo d'Ele provém e sem Ele nada subsiste.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao meu bom Deus, que me deu o dom da vida e as oportunidades das conquistas.

Aos meus pais, Maria da Conceição e José Pequeno que se dedicaram e não mediram esforços para a minha formação acadêmica e humana, pela luta, sacrifício, zelo e orações e por serem um casal exemplo de força e humildade.

Às minhas irmãs, Precilia Pequeno e Pollianny Alves pelo incentivo durante os estudos, pelos inúmeros conselhos de nunca desistir, e principalmente pelas orações diárias, vocês são fundamentais na minha vida.

A minha mãe de fé, Lucienne, e aos amigos e irmãos em Cristo, Silmara e Michael pelas palavras de ânimo e orações.

A Assembleia de Deus Santa Cruz e a Igreja Congregacional Dunamis pelos momentos de convivência, fé e oração.

A todos os amigos que conquistei durante a vida, em especial a meus amigos de graduação, Carmem, Raony, Mallú e Dulceria pela amizade e partilha. Louvo a Deus por tudo que passamos, e por crerem que um dia faremos a diferença, aos quais agradeço hoje e sempre.

A Universidade Estadual da Paraíba e a todos os professores que contribuíram de forma essencial com conhecimento e incentivo para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Prof. Dr. Alberto Soares, pela orientação, disposição e ensinamentos importantes no desenvolvimento do trabalho. E a Renato pela paciência, oportunidade de aprendizado e conselhos, sem os quais seria impossível realizar este trabalho.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	06
2	MÉTODO	08
3	REVISÃO DE LITERATURA	08
3.1	SILÍCIO NO SOLO	08
3.2	SILÍCIO NA PLANTA	10
3.3	FUNCIONALIDADE DO SILÍCIO SOBRE A OCORRÊNCIA DE ESTRESSES ABIÓTICOS	11
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	15
	REFERÊNCIAS	16

POTENCIAL DO SILÍCIO À TOLERÂNCIA AOS ESTRESSES ABIÓTICOS EM PLANTAS CULTIVADAS

Paula Estefany Pequeno do Nascimento Alves*

RESUMO

O silício (Si) é um dos elementos mais abundantes da crosta terrestre, e essencialmente considerado um elemento que confere às plantas maior resistência a estresses abióticos e bióticos. O objetivo do trabalho foi realizar um levantamento bibliográfico sobre o Si como agente atenuador de estresse abiótico e suas implicações nas respostas dos vegetais, a partir das suas formas de absorção. Para essa finalidade, foi feita uma revisão de literatura, compreendendo os anos entre 2007 e 2017, através de consultas nas bases de dados indexados pelo Google Scholar, Scielo e NCBI, utilizando os nomes científicos (e sinônimos) como palavras-chave. Todas as literaturas encontradas nas pesquisas foram obtidas e checadas em busca de informações sobre a importância da aplicação do silício. Com base nestes dados, a adubação com silício eleva a produtividade e desenvolvimento de cultivares. Sendo a utilização deste micronutriente pela agricultura, um dos fatores que remete ao benefício do ponto de vista comercial, e também, abre um leque de possibilidades como atenuador de estresses abióticos e bióticos nas plantas. Ademais, é necessário cuidado quanto aos resultados de análises com a aplicação do silício, porque não indica que ele seja adequado para todas as cultivares testadas. Então, é necessária a realização de estudos mais precisos no esclarecimento da importância do uso de silício na agricultura.

Palavras-Chave: Estresse vegetal. Produtividade. Micronutriente.

1 INTRODUÇÃO

Os micronutrientes são essenciais no metabolismo das plantas, pois funcionam como parte de compostos responsáveis por processos metabólicos e/ou fenológicos, a exemplo dos ativadores enzimáticos. A falta desses microelementos acarreta reduções na produtividade e até morte de plantas (MADEIROS et al., 2009).

Um micronutriente importante para as plantas é o silício (Si), além de benéfico participa na formação da cutícula vegetal configurando-se um elemento importante para as plantas. O Si tem sido utilizado na forma de fertilizante por vários países, no Brasil, a comercialização dele ocorre isoladamente ou em mistura com outros nutrientes (KORNDÖRFER et al., 2010).

* Aluna de Graduação em Ciências Biológicas na Universidade Estadual da Paraíba – Campus I.
Email: paula_este.fany@hotmail.com

A fertilização com Si age na atenuação dos efeitos negativos do estresse hídrico prolongado ou de outro tipo de estresse abiótico, e até mesmo biótico, que promovem grandes reduções na produtividade (MADEIROS et al., 2009; MENEGALE et al., 2015).

O Si fornece um papel importante nas interações planta-ambiente, porque pode dar à cultura melhores condições para suportar adversidades climáticas, do solo e biológicas, tendo um resultado significativo à produtividade e a melhor qualidade do produto final (SALINAS, 2013).

Nas plantas, os efeitos benéficos do Si incluem: baixo coeficiente de transpiração; maior tolerância ao estresse hídrico, à inundação, à geada, à salinidade e à toxidez por metais pesados; maior produção de biomassa através de alterações nas características morfológicas das plantas; e considerável resistência a pragas e aos fitopatógenos (HOJO, 2010).

A fertilização contendo Si tem sido considerada chave para a sustentabilidade, com a preservação dos recursos naturais e obtenção de máximas produções, na prática de uma agricultura convencional, mas também de uma agricultura orgânica e biodinâmica (SOUSA et al., 2010).

Menegale et al. (2015), destacam que o Si é eficiente em uma gama de culturas, por estar relacionado com a melhoria de aspectos morfológicos e estruturais, bem como ao longo do ciclo do desenvolvimento das plantas.

A resposta benéfica pode ser observada na aplicação de Si em culturas como arroz, cevada, milho e cana-de-açúcar (SOUSA et al., 2010). Adicionalmente, culturas como aveia-branca, feijão, pastagens, sorgo, soja e trigo, abrangendo culturas acumuladoras e não-acumuladoras desse elemento. Apesar dos esforços de trabalhos que tentam elucidar o papel do Si nas culturas vegetais, percebe-se que o Si ainda é um elemento pouco conhecido e utilizado na agricultura brasileira (MENEGALE et al., 2015).

A eficiência do Si, nos solos, pode ser observada na aplicação de grande número de materiais silicatados os quais atuam positivamente sobre a correção da acidez do solo, neutralização do Hidrogênio e Alumínio tóxicos, além da interação com outros nutrientes (MENEGALE et al., 2015).

As principais fontes de Si usadas na agricultura originam-se das escórias de siderurgia, wollastonita, metassilicato de cálcio, subprodutos da produção de fósforo elementar, silicato de cálcio, silicato de sódio, termofosfato, silicato de magnésio e silicato de potássio (HOJO, 2010).

Diante do exposto, objetivou-se realizar um levantamento bibliográfico sobre o Si como agente atenuador de estresse abiótico e suas implicações na resposta dos vegetais, a partir das suas formas de absorção.

2 MÉTODO

A metodologia utilizada no trabalho é de natureza bibliográfica, com aporte teórico na busca de artigos através de consultas de dados indexados pelo Google Scholar, Scientific Electronic Library Online (Scielo) e National Center for Biotechnology Information (NCBI), compreendendo os anos entre 2007 e 2017.

A busca dos artigos foi realizada no mês de setembro a dezembro de 2017. Para a busca foram utilizados nomes científicos (e sinônimos) como palavras-chave. Como critérios de inclusão foram utilizados artigos de idioma em inglês e português, publicados nos últimos 11 anos e relacionados à aplicação do silício nas plantas cultivadas e com disponibilidade de texto completo. Foram incluídos trabalhos de dissertações e teses.

Inicialmente foi realizada uma leitura prévia dos títulos dos artigos relacionados ao tema de potencial do silício à tolerância aos estresses abióticos em plantas cultivadas. Em seguida, foi realizada leitura dos resumos a fim de selecionar os estudos que abordassem em seus objetivos uma análise, compreensão e/ou investigação sobre o tema. Após exclusão dos resumos que não contemplavam a temática, os demais estudos foram lidos por completo e inclusos como resultado final da seleção.

Após leitura exaustiva dos estudos selecionados, foi criado três unidades temáticas como elemento centrais da revisão de literatura: 1) Silício no solo; 2) Silício na planta; 3) Funcionalidade do silício sobre a ocorrência de estresses abióticos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

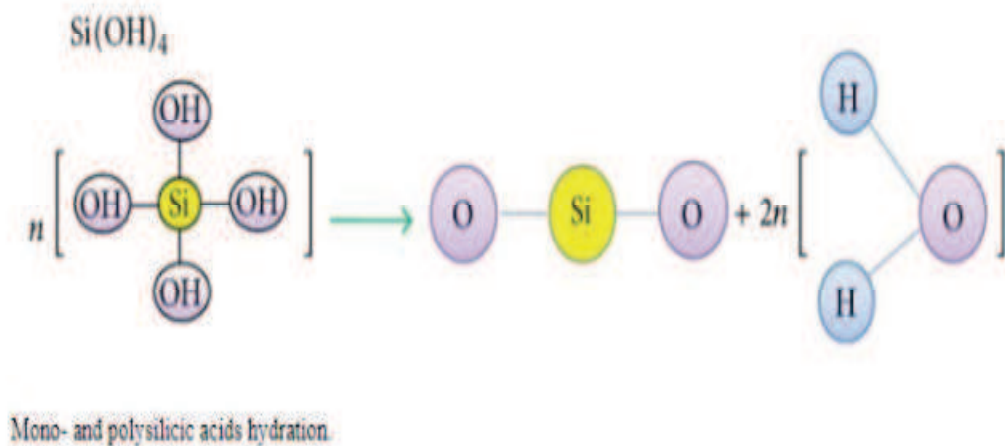
3.1 Silício no solo

O Si é um dos elementos mais abundantes da crosta terrestre e muitos estudos comprovam o quanto ele é essencial para estimular o crescimento das plantas, o rendimento de grãos e a resistência ao estresse abiótico como toxicidade do metal, estresse salino e hídrico, desequilíbrio de nutrientes, temperatura extrema e estresse biótico como doenças de plantas e pragas de insetos (NING et al.,2014).

Por ser abundante em diversos solos, o Si possibilita a nutrição e melhoria na qualidade das plantas. Porém, este elemento apresenta baixíssima solubilidade, tendo absorção reduzida pelas plantas (HOJO, 2010).

A absorção de Si pela planta dá-se através das suas raízes na forma de ácido silícico ($\text{Si}(\text{OH})_4$) através de transportadores de silício e, se acumula na epiderme de vários tecidos, principalmente como um polímero de sílica amorfa hidratada, representada na Figura 1 (MUNEER, 2014).

Figura 1 - Sílica amorfa hidratada



Fonte: SAHEBI et al., 2015

De acordo com Rios et al. (2017), o ácido silícico ($\text{Si}(\text{OH})_4$) geralmente por difusão entrará nas raízes das plantas através da via apoplástica, com a presença de aquaporinas específicas, NIP2s, para permitir a entrada nas vias sinápticas e eventualmente ser translocadas para órgãos aéreos através do xilema.

A absorção também pode ocorrer através do ácido silícico monomérico (H_4SiO_4), a forma encontrada em maior concentração no solo. A solubilidade do ácido silícico na solução do solo é fortemente dependente do pH e relacionada às suas reações de adsorção / dessorção em colóides do solo (KEEPING, 2017).

O transporte de Si ocorre de um meio externo que é mediado de células corticais para o xilema por genes transportadores de silício, como Lsi-1 e Lsi-2, ao qual contribui para a defesa química das plantas e sua arquitetura estrutural (MUNEER, 2014).

As escórias siderúrgicas podem servir como fonte de Si para utilização na agricultura, a partir do alto conteúdo de Si solúvel, facilidade de aplicação mecanizada, adequadas

relações e quantidades de Cálcio e Magnésio, custo reduzido e baixo potencial de contaminação do solo com metais pesados (SOUSA et al.,2010). As escórias são consideradas fertilizantes, constituídas de silicatos de cálcio e magnésio, fontes de baixíssima solubilidade em água e, ainda partindo da origem, podem apresentar traços de metais pesados (CRUSCIOL et al., 2013).

3.2 Silício na planta

Os mecanismos de ação do Si na planta funcionam com a formação de uma barreira física, no controle de pragas, pois o Si polimeriza-se nos espaços extracelulares, por meio do movimento ascendente via apoplasto desde as raízes até as folhas, acumulando-se nas paredes das células epidérmicas das folhas e dos vasos do xilema. Outra funcionalidade é a indução de mecanismos de defesa, com a alteração da nutrição da planta promovida pela adubação silicatada e a observação de aumento da atividade de enzimas como peroxidase e polifenoloxidase, além da presença de fitoalexinas em plantas suplementadas com Si (MENDES et al. 2011).

Para Menegale et al. (2015), através da forma ativa por proteínas de membranas sintetizadas o Si é absorvido, mediante um gene específico. Como não segue um gradiente de concentração, a absorção do Si pelas plantas pode ocorrer durante todo o ciclo, e as maiores concentrações de Si são encontradas nos tecidos de suportes do caule e das folhas, e nos grãos, em baixa concentração.

A absorção do Si traz benefícios, tais como: o baixo coeficiente de transpiração, com melhor aproveitamento da água; o maior teor de clorofila e a maior rigidez estrutural dos tecidos, com o aumento da resistência mecânica das células, deixando as folhas mais eretas e aumentando a área fotossintética e a absorção de dióxido de carbono (CO₂) (LIMA et al., 2011).

Ramos et al. (2008), em suas pesquisas, num estudo conduzido em campo, sobre a disponibilidade de Si para a cultura de arroz, em comparação com as fontes Siligran e Silicon, identificaram que a fonte-padrão wollastonita apresentou melhor resultado linear sobre a disponibilidade de Si no solo e absorção pela cultura, obtendo, dessa maneira, aumentos nos teores do nutriente na parte aérea, casca e massa seca total.

A presença do Si no sistema da planta relaciona-se com o aumento da capacidade fotossintética, proporcionando melhor arranjo das folhas, conseqüentemente tornando-as mais eretas e mais resistentes a possíveis danos (MENEGALE et al. 2015).

O fornecimento de Si pode acarretar na redução da evapotranspiração das folhas, melhorando o aproveitamento da água disponível no solo, também uma maior estabilidade produtiva por causa da maior tolerância ao estresse hídrico (CASTRO, 2009).

3.3 Funcionalidade do silício sobre a ocorrência de estresses abióticos

Silício e o estresse hídrico

A tolerância de plantas a condições de estresse, principalmente em relação ao déficit hídrico, tem sido associada ao acúmulo de enzimas na parte aérea, atuando como um regulador de mudanças fisiológicas na planta, a partir da diminuição do potencial hídrico celular, levando, conseqüentemente, ao fechamento dos estômatos e ao desenvolvimento de processos oxidativos, por meio da formação das espécies reativas de oxigênio (EROs) removidas do sistema por enzimas antioxidantes superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) (MENEGALE et al., 2012).

Conforme Santos et al. (2012), a principal causa da perda de produção sob estresse hídrico é a redução na área foliar, em virtude da redução do número e tamanho de folhas. Tal consequência repercute na produção de menores taxas fotossintéticas por unidade de área e, causa um efeito negativo no rendimento do número de grãos por área.

Alternativas são empregadas na agricultura para contornar problemas de longos períodos de estiagem, pelas perdas causadas com o déficit hídrico. O melhoramento genético, práticas culturais com o zoneamento agroclimatológico e a prática de irrigação; e com as escórias siderúrgicas com alternativas utilizadas na agricultura para contornar os estresses ambientais (SOBRAL et al., 2011; NASCIMENTO, 2013).

Um estudo revela que a aplicação de Si pode reduzir os efeitos prejudiciais da deficiência hídrica, como observado por Pilon (2011), na cultura de batata, que forneceu efeitos benéficos via aplicação foliar do Si.

Uma pesquisa, realizada em cultura de batata por Pulz et al. (2008), cultivada em solo corrigido com calcário dolomítico ou silicato de Ca e Mg sob dois níveis de umidade no solo, avaliou que a aplicação de silicato de Ca e Mg pode diminuir a acidez do solo e proporcionar maior altura de plantas, menor acamamento das hastes e maior produção de tubérculos comercializáveis, apresentando-se na Tabela 1.

Bezerra (2015) relatou os benefícios potenciais do Si no favorecimento do desenvolvimento morfológico da cana-de-açúcar, conferindo maior número de folhas totais e

comprimento de plantas na fase de máximo desenvolvimento, sob estresse hídrico, retratando-se na Tabela 1.

Silício e o estresse salino

A salinização, em sua grande maioria, dificulta o equilíbrio osmótico nas plantas, afetando os gradientes eletroquímicos e o transporte vascular de solutos. Em plantas superiores, a salinidade leva a várias modulações fisiológicas e metabólicas, como retardo da fotossíntese, toxicidade iônica, danos oxidativos e desequilíbrio de nutrientes. Além disso, a maior acumulação de Sódio (Na^+) e Cloro (Cl^-) durante condições salinas impede a absorção de nutrientes essenciais e, acelera a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) que causam danos oxidativos a proteínas, lipídios e ácidos nucleicos, afetando o metabolismo celular normal (MANIVANNAN et al., 2016).

O Si para mitigar o estresse da salinidade é depositado nas folhas, o que leva à diminuição da transpiração. No trigo, da família Gramineae, quando ocorre a adição de silicato de cálcio às plantas com estresse salino, observa-se a redução do estresse, melhorando o desempenho da cultura (ALI et al., 2012). As plantas pertencentes à família Gramineae acumulam muito mais Si em seus tecidos do que outras espécies (AMIN et al., 2016).

Xie et al. (2015), apresentando-se na Tabela 1, avaliaram o efeito da aplicação do Si nas características fotossintéticas do milho em solo salino-alcálico, incluindo taxa fotossintética (P_n), condutância estomática (g_s), taxa de transpiração (E) e concentração de CO_2 intercelular (C_i) de milho no campo, com dose ideal de $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Si, verificaram o aumento significativo da eficiência fotossintética em diferentes estádios de crescimento do milho, além de melhorar o seu rendimento.

Em contrapartida, Mahmood et al. (2016) estudaram, sob condições salinas a aplicação foliar de Si em dois níveis (1 e 2 kg ha^{-1}) e utilização de inoculações de duas rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPR), *Enterobacter cloacae* e *Bacillus drentensis* em feijão mungo. Os resultados indicaram que essa combinação reduziu substancialmente a condutância estomática, a taxa de transpiração, o teor relativo de água (RWC), o teor total de clorofila, a clorofila a, a clorofila b, o teor de carotenóides, a altura da planta, a área foliar, a biomassa seca, o rendimento das sementes e o índice de tolerância ao sal. Mas, a aplicação combinada da cepa de *B. drentensis* com $2 \text{ kg de Si ha}^{-1}$ resultou no maior aprimoramento da fisiologia, crescimento e rendimento de feijão mungo, mostrando-se na Tabela 1 a ação do Si nessa cultura.

A fim de avaliar a suplementação de Si para as plantas de tomate, (*Solanum lycopersicum* L.), Muneer et al. (2014), em estudo conduzido em meio nutritivo na presença ou ausência de NaCl e suplementados com Si durante 5 dias, observaram que os principais parâmetros fisiológicos medidos, incluindo o teor total de clorofila e carotenóides, níveis insuficientes de fotossíntese líquida, transpiração e condutância estomática também diminuíram em grande parte sob o estresse de salinidade, mas foram recuperados na presença de silício. Levando, dessa forma, a moderação do dano aos cloroplastos e seu metabolismo em ambientes salinos, indicando-se a função do Si na cultura de tomate na Tabela 1.

Silício e outros estresses abióticos

Com relação à redução da saturação de ácido e a toxicidade de Al pela presença de Si, apresentando-se na Tabela 1, estudos comprovam que regiões tropicais e subtropicais associada a altas chuvas e temperaturas, tanto o arroz quanto a cana-de-açúcar acumulam Si, o que viabiliza tal redução da toxidez, a partir de fontes de Si, como silicato de cálcio (KEEPING, 2017).

Sobral et al. (2011), avaliaram o fornecimento de Si e a disposição final da escória de aciaria de forno elétrico, macronutrientes (Ca, Mg e P), micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni) e elementos tóxicos (Cd e Pb) para a cana-de-açúcar, concluíram que a escória de aciaria aumentou significativamente os teores de Ca, Mg, P, Si, Fe, Mn e Zn no solo e reduziu a acidez potencial. Houve aumento na área foliar e na altura dos colmos, tanto quanto no teor de Zn nas folhas.

Tabela 1 - Função do Silício em cultivares sobre diferentes estresses abióticos

CULTURAS	CONDIÇÕES DE CULTIVO	FUNÇÃO DO SILÍCIO	AUTORES
Milho	Sob estresse salino- alcalino	Aumento da fotossíntese, melhora o crescimento e o rendimento	Xie et al. (2015)
Arroz e cana-de- açúcar	Solos tropicais e subtropicais - altas chuvas e temperaturas	Reduz a saturação de ácido e a toxicidade de Al	Malcolm G. Keeping (2017)
Tomate	Estresse salino	Melhora o metabolismo fotossintético e da expressão do proteoma do cloroplasto	Muneer et al. (2014)
Feijão Mungo	Sob condições salinas	Maior aprimoramento da fisiologia, crescimento e rendimento	Mahmood et al. (2016)
Cana-de-açúcar	solo ácido	Redução da acidez no solo, aumento na área foliar e na altura dos colmos	Sobral et al. (2011)
Milho e feijão-de- corda	Estresse salino	Atenua os efeitos negativos, no crescimento, promovidos pelo NaCl em plântulas de milho, mas não exerce efeitos positivos na cultura do feijão-de-corda	Lima et al. (2011)
Cana-de-açúcar	Estresse hídrico	Favoreceu o desenvolvimento morfológico (maior números de folhas e comprimento)	Breno Kennedy Lima Bezerra (2015)
Batata (<i>Solanum tuberosum</i>)	Sob estresse hídrico	Maior altura de plantas, menor acamamento das hastes e maior produção de tubérculos comercializáveis	Pulz et al. (2008)
Café conilon, mamão e Braquiária		Os corretivos de solo não afetaram o desenvolvimento do mamão e braquiária só de café que sofreu influência positiva do silício	Alex Favaro Nascimento (2013)

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adubação com silício eleva a produtividade e desenvolvimento de cultivares. Sendo a utilização deste micronutriente pela agricultura, um dos fatores que remete ao benefício do ponto de vista comercial, e também, abre um leque de possibilidades como atenuador de estresses abióticos nas plantas.

Ademais, é necessário cuidado quanto aos resultados de análises com a aplicação do silício, pois não indica que ele seja adequado para todas as culturas testadas. Assim, faz-se necessário a realização de mais estudos conduzidos em campo para esclarecer a importância do uso de silício na agricultura, como alternativa para implementação da técnica em diversas culturas promissoras à reação do benefício promovido por este elemento.

POTENTIAL OF SILICON TO TOLERANCE TO ABIOTIC STRESSES IN CULTIVATED PLANTS

Paula Estefany Pequeno do Nascimento Alves*

ABSTRACT

Silicon (Si) is one of the most abundant elements of the earth's crust, and is essentially considered an element that gives plants greater resistance to abiotic and biotic stresses. The objective of the work was to carry out a bibliographic survey about Si as an attenuating agent of abiotic stress and its implications in the responses of the plants, from their forms of absorption. For this purpose, a review of the literature, comprising the years between 2007 and 2017, was carried out through queries databases indexed by Google Scholar, Scielo and NCBI, using scientific names (and synonyms) as keywords. All the literature found in the research was obtained and checked for information on the importance of the application of silicon. Based on these data, silage fertilization raises the productivity and development of cultivars. Being the use of this micronutrient by agriculture, one of the factors that refers to the benefit from the commercial point of view, and also, opens a range of possibilities as an attenuator of abiotic and biotic stresses in plants. In addition, care must be taken in the results of analyzes with the application of silicon, because it does not indicate that it is suitable for all cultivars tested. Therefore, it is necessary to carry out more precise studies in the clarification of the importance of the use of silicon in agriculture.

Keywords: Vegetable stress. Productivity. Micronutrient

* Graduate student in Biological Sciences at the State University of Paraíba - Campus I.
Email: paula_estefany@hotmail.com

REFERÊNCIAS

- ALI, A.; BASRA, S. M.A.; HUSSAIN, S.; IQBAL, J. Increased growth and changes in wheat mineral composition through calcium silicate fertilization under normal and saline field conditions. **Chilean journal of agricultural research**. v.72, n.1, p.98-103, 2012.
- AMIN M., AHMAD R., ALI A., HUSSAIN I., MAHMOOD R., ASLAM M., ET AL. Influence of silicon fertilization on maize performance under limited water supply. **Silicon**, 2016.
- BEZERRA, B. K. L. **Adubação com silício e tolerância ao déficit hídrico em cana-de-açúcar**. 2015, 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Campus de Botucatu, Botucatu, 2015.
- CASTRO, G.S.A. **Alterações físicas e químicas do solo em função do sistema de produção e da aplicação superficial de silicato e calcário**. 2009, 152f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP - Câmpus de Botucatu, Botucatu, 2009.
- CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; CASTRO, G. S. A.; COSTA, C. H. M.; NETO, J. F. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. **Revista Ciência Agrônômica**. v.44, n.2, p.404-410, 2013.
- HOJO, R. H. **Utilização de escória de siderurgia na cultura da goiabeira**. 2010, 76 f. Tese (Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2010.
- KEEPING, M.G. Uptake of silicon by sugarcane from applied sources may not reflect plant-available soil silicon and total silicon content of sources. **Frontiers in Plant Science**, v.8, p.1-14, 2017.
- KORNDÖRFER, P. H.; SILVA, G. C.; TEIXEIRA, I. R.; SILVA, A. G.; FREITAS, R. S. Efeito da adubação silicatada sobre gramíneas forrageiras e características químicas do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n.2, p.119-125, 2010.
- LIMA, M. A.; CASTRO, V. F.; VIDAL, J. B.; FILHO, J. E. Aplicação de silício em milho e feijão-de-corda sob estresse salino. **Revista Ciência Agrônômica**. v.42, n.2, p.398-403, 2011.
- MADEIROS, L. B.; VIEIRA, A. O.; AQUINO, B. F. Micronutrientes e silício nas folhas da cana-de-açúcar: escória siderúrgica aplicado no solo. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.6, n.1, p.27-37, 2009.

- MAHMOOD, S.; DAUR, I.; AL- SOLAIMANI, S. G.; AHMAD, S.; MADKOUR, M. H.; YASIR, M.; HIRT, H.; ALI, S.; ALI, Z. Plant growth promoting rhizobacteria and silicon synergistically enhance salinity tolerance of mung bean. **Frontiers in Plant Science**. v.7, p.1-14, 2016.
- MANIVANNAN, A.; SOUNDARARAJAN, P.; MUNEER, S.; KO, C.H.; JEONG, B.R. Silicon mitigates salinity stress by regulating the physiology, antioxidant enzyme activities, and protein expression in *Capsicum annuum* 'bugwang'. **BioMed Research International**. p.1-14, 2016.
- MENDES, L. S.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J. Adubação com silício: influência sobre o solo, planta, pragas e patógenos. **Cerrado Agrociências**, Patos de Minas, p.51-63, 2011.
- MENEGALE, M. L. C. **Resposta de plantas de cobertura a doses de silício e estresse hídrico**. 2012, 104 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Campus de Botucatu, Botucatu, 2012.
- MENEGALE, M. L. C.; CASTRO, G. S. A.; MANCUSO, M. A. C. Silício: interação com o sistema solo-planta. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.4, n. especial, p.435-454, 2015.
- MUNEER, S.; PARK, Y. G.; MANIVANNAN, A.; SOUNDARARAJAN, P.; JEONG, B. R. Physiological and proteomic analysis in chloroplasts of *Solanum lycopersicum* L. under silicon efficiency and salinity stress. **International Journal of Molecular Sciences**. p. 21803-21824, 2014.
- NASCIMENTO, A. F. **Silicato de cálcio como indutor de tolerância ao déficit hídrico em plantas**. 2013, 115 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus 2013.
- NING, D.; SONG, A.; FAN, F.; LI, Z.; LIANG, Y. Effects of slag-based silicon fertilizer on rice growth and brown-spot resistance. **Plos one**, v.9, n.7, p. 1-9, 2014.
- PILON, C. **Aplicação de silício solúvel via solo e foliar na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) sob deficiência hídrica**. 2011, 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Campus de Botucatu. Botucatu, 2011.

PULZ, A. L.; CRUSCIOL, C. A. C.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. v.32, n.4, p.1651-1659, 2008.

RAMOS, L. A.; KORNDORFER, G. H.; NOLLA, A. Acúmulo de silício em plantas de arroz do ecossistema de várzea submetido à aplicação de diferentes fontes. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.3, p.751-757, 2008.

RIOS, J.J.; MARTÍNEZ-BALLESTA, M. C.; RUIZ, J.M.; BLASCO, B.; CARVAJAL, M. Silicon-mediated improvement in plant salinity tolerance: the role of aquaporins. **Frontiers in Plant Science**. v.8, p.1-10, 2017.

SAHEBI M.; HANAFI, M.M.; SITI NOR AKMAR A.; RAFII, M.Y.; AZIZI, P.; ENGOUA, F.F.; NURUL MAYZAITUL AZWA, J.; SHABANIMOFRAD M. Importance of silicon and mechanisms of biosilica formation in plants. **BioMed Research International**, p.1-16, 2015.

SALINAS, J. C. T. **Efeito da aplicação de silicato de alumínio no rendimento e qualidade de sementes de soja**. 2013, 78 f. Tese (Doutora em Ciências) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

SANTOS, D.; GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; FIOREZE, S. L.; JÚNIOR, E. K. M. Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.8, p.836-842 2012.

SOBRAL, M. F.; NASCIMENTO, C. W. A; CUNHA, K. P. V.; FERREIRA, H. A.; SILVA, A. J.; SILVA, F. B.V. Escória de siderurgia e seus efeitos nos teores de nutrientes e metais pesados em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p.867-872, 2011.

SOUSA, J. V.; RODRIGUES, C. R.; LUZ, J. M. Q.; CARVALHO, P. C.; RODRIGUES, T. M.; BRITO, C. Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, n.4, p.502-513, 2010.

SOUSA, R. T. X.; KORNDORFER, G. H.; WANGEN, D. R. B. Aproveitamento de silício proveniente de escória siderúrgica por cultivares de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.3, p.669-675, 2010.

XIE, Z.; SONG, R.; SHAO, H.; SONG, F.; XU, H.; LU, Y. Silicon improves maize photosynthesis in saline-alkaline soils. **The Scientific World Journal**, p.1-6, 2015.