



COINTER PDVAgro 2020

V CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Edição 100% virtual | 02 a 05 de dezembro

ISSN:2526-7701 | PREFIXO DOI:10.31692/2526-7701

SÍLÍCIO NO SOLO E NA PLANTA: EFEITO DE FONTES E MÉTODOS DE APLICAÇÃO

SILICIO EN EL SUELO Y EN LA PLANTA: EFECTO DE LAS FUENTES Y MÉTODO DE APLICACIÓN

SILICON IN SOIL AND PLANT: EFFECT OF SOURCES AND METHOD OF APPLICATION

Apresentação: Comunicação oral

Ana Paula Rodrigues da Silva¹; Roberto Lyra Villas Boas ²; Dirceu Maximino Fernandes³

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.VCOINTERPDVAgro.0578>

RESUMO

Nos solos o silício está presente na forma de sílica (SiO_2) e a origem desse elemento no solo ocorre através do intemperismo de argilominerais, entretanto, a concentração desse elemento no solo é reduzida de acordo com o grau de intemperismo por ele sofrido, por isso, quanto maior o grau de intemperismo, menor será a concentração de silício no solo, além disso, cultivos contínuos também reduzem a concentração do silício no solo. Do ponto de vista nutricional o silício é classificado como elemento benéfico, ou seja, a planta é capaz de se desenvolver sem a presença do silício, mas a sua aplicação contribui para um melhor desenvolvimento e conseqüentemente para uma maior produtividade. O objetivo desse presente trabalho foi analisar o efeito do silício no solo e na planta, assim como as fontes que vem sendo utilizadas e modos de aplicação, através da busca trabalhos já publicados. Foi realizada uma busca utilizando as palavras-chaves “Silicon+ Sources+agriculture application”, nessa busca foram encontrados 4.276 trabalhos publicados desde de 2000 até 2020, desses, 4.062 estavam revisados por pares. Realizou-se a seleção de trabalhos após uma leitura dos títulos e o critério utilizado foi selecionar aqueles que estavam diretamente ligados com fontes de silício e forma de aplicação na agricultura. Quanto as fontes são muitas as utilizadas (silicato de cálcio, casca de arroz, pó de rocha, silicato de potássio, farinha de rocha, xisto). E são aplicadas via solo como corretivo ou fertilizante, e via foliar. A aplicação de silício aumenta o acúmulo do mesmo nos tecidos vegetais das plantas e diversas fontes de silício, independente do teor de silício total, mostraram ser eficientes tanto aplicadas via solo ou via foliar.

Palavras-chaves: Sílicato, agricultura, adubação, fertilizantes

RESUMEN

En los suelos el silicio está presente en forma de sílice (SiO_2) y el origen de este elemento en el suelo se produce a través de la intemperie de los minerales arcillosos, sin embargo, la concentración de este elemento en el suelo se reduce según el grado de intemperie que sufre, por lo que cuanto mayor sea el

¹ Mestranda em Agronomia (agricultura), Universidade Estadual Paulista (UNESP), *Campus* de Botucatu. Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), ana.pr.silva@unesp.br

² Doutor, Universidade Estadual Paulista (UNESP), *Campus* de Botucatu. Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), roberto.lyra@unesp.br

³ Doutor, Universidade Estadual Paulista (UNESP), *Campus* de Botucatu. Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), dirceu.fernades@unesp.br

SILÍCIO NO SOLO E NA PLANTA

grado de intemperie, menor será la concentración de silicio en el suelo, además, , los cultivos continuos también reducen la concentración de silicio en el suelo. Desde el punto de vista nutricional el silicio se clasifica como un elemento beneficioso, es decir, la planta es capaz de desarrollarse sin la presencia de silicio, pero su aplicación contribuye a un mejor desarrollo y en consecuencia a una mayor productividad. El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto del silicio sobre el suelo y la planta, así como las fuentes que se han utilizado y los modos de aplicación, a través de la búsqueda de obras ya publicadas. Se realizó una búsqueda utilizando las palabras clave "Silicon+ Sources+agriculture application", en la que se encontraron 4.276 artículos publicados entre 2000 y 2020, de los cuales 4.062 fueron revisados por pares. La selección de los documentos se realizó después de una lectura de los títulos y el criterio utilizado era seleccionar aquellos que estaban directamente relacionados con las fuentes de silicio y la forma de aplicación en la agricultura. En cuanto a las fuentes se utilizan (silicato de calcio, cáscara de arroz, polvo de roca, silicato de potasio, harina de roca, esquisto). Y se aplican a través del suelo como correctivo o fertilizante, y frondoso. La aplicación de silicio aumenta la acumulación de lo mismo en los tejidos vegetales y varias fuentes de silicio, independientemente del contenido total de silicio, han demostrado ser eficientes ya sea por el suelo o la hoja.

Palabras clave: Silicato, agricultura, fertilización, fertilizantes

ABSTRACT

In soils silicon is present in the form of silica (SiO_2) and the origin of this element in the soil occurs through the weathering of clay minerals, however, the concentration of this element in the soil is reduced according to the degree of weathering suffered by it, so the higher the degree of weathering, the lower the concentration of silicon in the soil, in addition, , continuous crops also reduce the concentration of silicon in the soil. From the nutritional point of view silicon is classified as a beneficial element, that is, the plant is able to develop without the presence of silicon, but its application contributes to a better development and consequently to greater productivity. The objective of this work was to analyze the effect of silicon on soil and plant, as well as the sources that have been used and modes of application, through the search for works already published. A search was conducted using the keywords "Silicon+ Sources+agriculture application", in which 4,276 papers published from 2000 to 2020 were found, of which 4,062 were peer reviewed. The selection of papers was performed after a reading of the titles and the criterion used was to select those that were directly linked with silicon sources and form of application in agriculture. As for the sources are used (calcium silicate, rice husk, rock powder, potassium silicate, rock flour, shale). And they are applied via soil as corrective or fertilizer, and leafy. The application of silicon increases the accumulation of the same in plant tissues and several sources of silicon, regardless of the total silicon content, have been shown to be efficient either by soil or leaf.

Keywords: Silicate, agriculture, fertilization, fertilizers

INTRODUÇÃO

O silício é um elemento abundante na crosta terrestre, faz parte da constituição dos mineiras de argila 2:1 e 1:1, entretanto, não se encontra na forma disponível para as plantas (MENEGALE et al., 2015).

Em minerais de argila o silício está presente da forma de SiO_2 , mas ele só é facilmente absorvido pelas plantas na forma de ácido silícico (H_4SiO_4). Nos solos o silício na forma absorvida pelas plantas está presente em pequenas concentrações e se esgotam rapidamente devido ao cultivo contínuo (KORNDÖRFER; DATNOFF, 1995). Por isso há uma necessidade de aplicação de fertilizantes a base de silício.

Considerado um elemento benéfico para as plantas, vários estudos têm mostrado efeitos positivos nas plantas e no solo quando aplicados fontes de silício. Entretanto a adubação

silicatada ainda é um tema complexo, uma vez que são inúmeras modificações causadas no solo e na planta. O objetivo desse presente trabalho foi analisar o efeito do silício no solo e na planta, assim como as fontes que vem sendo utilizadas e modos de aplicação, através da busca trabalhos já publicados.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O silício é o segundo elemento presente em maior quantidade na crosta terrestre, ficando atrás somente do oxigênio. Constitui os argilominerais, participando do processo de formação dos solos (MENEGALE et al., 2015). Entretanto esse elemento vai se perdendo no solo conforme o grau de intemperismo por ele sofrido, os solos brasileiros possuem em sua maioria um elevado grau de intemperismo, devido a isso apresentam de 4% a 40% de silício em sua composição (MA; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, 2001).

O Óxido de Silício (SiO_2) é classificado como mineral primário e constitui a base da estrutura de grande parte dos argilominerais existentes, entretanto esse mineral é encontrado quase sempre na forma de quartzo, opala ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) e em formas que não são disponíveis para a planta, isso porque a maioria dos solos de regiões tropicais já se encontram em elevado grau de intemperismo (BARBOSA FILHO et al., 2001).

Na solução do solo o silício está presente em sua maior parte de forma não dissociada como ácido silícico (H_4SiO_4), podendo ser rapidamente absorvido pelas plantas (CATEN, 2013).

Há diversas fontes de ácido silícico presentes na solução do solo, podendo se tornar disponível na solução do solo através da decomposição de matérias vegetais, da dissociação do ácido silício polimétrico, liberação de silício (Si) dos hidróxidos e óxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al), da água de irrigação, da diluição de minerais cristalinos ou não cristalinos ou pela adição de fertilizantes silicatados (FERREIRA, 2008).

O pH dependente de reações sesquioxidas afeta diretamente na disponibilidade do silício na solução do solo, a solubilidade desse elemento ocorre nas faixas de pH de 4 a 9 (FERREIRA, 2008; CATEN, 2013). Outro fator que pode reduzir a disponibilidade de silício (Si) é a compactação dos solos, isso ocorre porque em solos compactados há um aumento do nível de ácidos polissilícicos, que conseqüentemente diminui o teor do silício disponível para a planta (H_4SiO_4) (MATYCHENKOV; PINSKLY; BOCHARNIKOVA, 1995; MARONDI, 2011).

Na solução do solo, o comportamento do silício (Si) é como o de um ácido- fraco (CATEN, 2013), e a sua concentração é de 0,1 a 0,6 mmol. L^{-1} (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Entretanto os cultivos contínuos, reduzem a disponibilidade desse elemento no solo

SILÍCIO NO SOLO E NA PLANTA

(KORNDÖRFER; DATNOFF, 1995) levando a necessidade de aplicação de fertilizantes silicatados para complementar a disponibilidade de silício plantas.

O silício não é considerado um nutriente benéfico a plantas, entretanto foi observado por diversos autores que a sua utilização como adubo em gramíneas traz diversos benefícios as plantas. Há relatos que o silício é um antiestressante natural para as plantas (LIMA FILHO, 2009) e o seu uso aumenta a produção de grãos (LIMA FILHO; TSAI, 2007).

De acordo com Epstein (1999) o Si pode ser considerado um nutriente “quase essencial”, isso porque ele observou em um dos seus trabalhos que a deficiência de nesse nutriente no solo causa na planta efeito ou anormalidades no crescimento, viabilidade e reprodução.

As plantas são classificadas em três categorias quanto a exigência de silício, há as acumuladoras, as intermediárias e as não acumuladoras (HODSON, 2005). As gramíneas se enquadram nas acumuladoras de silício (Si), essa família em geral possui a capacidade de acumular silício. Mas apesar de ter sido observado o desenvolvimento das plantas acumuladoras de Si quando aplicado doses de silício, esse nutriente ainda não é considerado um elemento essencial para as plantas (LIMA FILHO, 2009).

O caminhamento do silício para os órgãos das plantas ocorre via xilema, a favor do fluxo de transpiração (CATEN, 2013) e esse elemento pode ficar retido na parede celular, no lúmen celular e nos espaços intracelulares das raízes (SANGSTER et al., 2001). É possível encontrar concentrações altas de silício no caule nas folhas das plantas e em menores concentrações nos grãos (MENECALE, 2015).

METODOLOGIA

Para realizar essa pesquisa bibliográfica foi utilizado o portal de periódicos da CAPES como ferramenta de busca. Foi utilizada as palavras-chaves “Silicon+ Sources+agriculture application”, nessa busca foram encontrados 4.276 trabalhos publicados desde de 2000 até 2020, desses, 4.062 estavam revisados por pares. Realizou-se a seleção de trabalhos após uma leitura dos títulos e o critério utilizado foi selecionar aqueles que estavam diretamente ligados com fontes de silício e forma de aplicação na agricultura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fontes de silício

Há inúmeros matérias que podem ser utilizados fontes de silício para as plantas,

entretanto para serem utilizadas na agricultura devem possuir características como: teores de Si solúvel com reatividade, baixo custo, fácil aplicação, boa relação CaO e MgO, ausência de metais pesados e outros contaminantes e está disponível em grandes quantidades no mercado (PEREIRA; CABRAL, 2005).

As principais matérias utilizadas como fonte de silício para as plantas são: Escórias de siderúrgicas, Wollastonita, subprodutos da produção de fósforo elementar em fornos elétricos, cinzas de casca de arroz, termofosfato, silicato de sódio, silicato de potássio, silicato de sódio, metassilicato de sódio, metassilicato de cálcio, xisto e sílica gel.

As indústrias siderúrgicas geram grande quantidade de resíduos, os quais recebem o nome de escórias e são ricas em silicatos de cálcio e magnésio (CaSiO_3 e MgSiO_3) e é fonte de silício mais utilizada na agricultura.

O quadro 1 apresenta os teores de elementos presentes em algumas fontes de silício, e pode ser observado que grande parte das fontes possuem teores de CaO e MgO, o que aponta que pode ser utilizado como corretivos de acidez do solo, já outras como as cinzas da casca de arroz, silicato de potássio e xisto não apresentam teores de CaO e MgO, podendo ser utilizados apenas como fonte de adubação.

Quadro 01: Teores de elementos em fontes de silício disponíveis na literatura

Fonte de silício	Teor de silício total (%)	Outros elementos (%)	Literatura consultada
Silicato de cálcio e Magnésio	23%	39,8% CaO e 12,0% MgO	(CRUSIOL et al., 2014)
Wollastonita	16,0 %	30,0 % de CaO e 3% de MgO	(DEUS & BÜLL, 2013)
Escória de aciaria	14,2%	28,13 % de CaO e 6,10 % de MgO	(DEUS & BÜLL, 2013)
Escória de alto forno	15,0%	26,63 % de CaO e 8,00 % de MgO	(DEUS & BÜLL, 2013)
Escória de forno de panela	21,6	36,10 % de CaO e 5,76 % de MgO	(DEUS & BÜLL, 2013)
Cinzas de casca de arroz	97%	-	(FOLETTTO et. al., 2005)
Silicato de potássio	12 -12,2%	15 % de K_2O	(SOUZA, et al., 2010)
Xisto	50%	35% de outros elementos e 15% de M.O.	(DOUMER et al., 2011)
Farinha de rocha (MB-4)	39,73%	-	(SANTOS et. al., 2011)

SILÍCIO NO SOLO E NA PLANTA

Pó de Basalto	23,07 %	15,45% de FeO ₂ , 7,74 % de CaO, 3,67% de MgO, 12,17% de AlO ₃ , 1,60% de K ₂ O, 2,62% de N ₂ O, 3,67 % de TiO ₂ , 0,23% de MnO e 0,61% de P ₂ O ₅	(ALOVISI et al., 2020)
Pó de Serpentinó	7,95 %	12,66% de FeO ₂ , 0,66 % de CaO, 35,07% de MgO, 1,31% de AlO ₃ , 0,01% de K ₂ O, <0,01% de N ₂ O, 0,03% de TiO ₂ , 0,09% de MnO e 0,02% de P ₂ O ₅	(ALOVISI et al., 2020)
Silício Amorfo (Asi)	87% SiO ₂	13% de outros elementos	(RIZWAN et al., 2012)

Fonte: própria (2020)

Na nutrição mineral o silício é classificado como elemento benéfico, não é considerado nutriente essencial para a planta do ponto de vista nutricional das plantas, entretanto após vários resultados de pesquisa terem apresentado resultados positivos utilizando fontes de silício nas plantas, a legislação brasileira de produção e comercialização de Fertilizantes e Corretivos incluiu o silício como micronutriente benéfico, conforme a Lei nº. 4.954, de 14 de janeiro de 2004 o que permitiu sua comercialização de forma separada ou em mistura com outros nutrientes (BRASIL, 2004).

Efeitos de fontes e métodos de aplicação

Em estudo avaliando a eficiência da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo em latossolo vermelho-amarelo na cana-de-açúcar Prado e Fernandes (2001) notaram que a escória de siderurgia contribuiu para um aumento linear de fósforo disponível no solo e concluíram que o aumento de fósforo no solo estava diretamente relacionado ao silício presente na escória que consegue saturar os sítios de absorção do fósforo e não ao pH do solo, uma vez que não foi observado aumento linear de fósforo no tratamento com calcário.

Outro experimento observou-se a interação silício-fósforo na cultura do *Eucalyptus grandis* em dois tipos de solos (Latosolo vermelho-escuro e Cambissolo), nesse experimento os solos foram incubados com silicato de cálcio e os autores notaram que o silício atua na dessorção do fósforo no solo, sendo esse efeito mais aparente em solos pouco intemperizado e com maior concentração de caulinita (Cambissolo) e menos aparente em solos mais intemperizados com teores altos de gibbsita (Latosolo vermelho-escuro) (Carvalho et al., 2001).

Barbosa Filho et al. (2001) realizaram um estudo com objetivo de verificar o efeito da wollastonita como fonte de silício na cultura do arroz de sequeiro e notou-se que a aplicação dessa fonte contribuiu para um aumento linear do rendimento de grãos e acúmulo de silício, também houve incremento no pH, aumento dos teores de Ca, Mg e Si na solução do solo.

Gong et al. (2003) conduziram um experimento visando avaliar o efeito da aplicação de doses de silicato de sódio no desenvolvimento do trigo sob condições de seca e foi observado maior incremento na matéria seca e maior crescimento das plantas de trigo quando houve a aplicação de silício. Esses autores comentaram que o silício é uma alternativa para aumentar a produção dessa cultura no semiárido, pois o silício se comportou como um redutor da perda de água (GONG et al., 2003).

Pereira e Vitti (2004) avaliaram doses crescentes de xisto nas características do solo e nutrição do tomateiro e concluíram que não houve diferença significativa entre as doses aplicadas em variáveis de produtividade e nos atributos químicos do solo foi observada uma pequena variação nos teores de fósforo, quando aplicado doses de xisto.

Entretanto os mesmos autores explicaram que isso pode não está relacionado ao xisto em si, e sim ao teor de Si presente, uma vez que já foi observado por outros experimentos com escórias de siderurgias que o silício aumenta a disponibilidade de fósforo (PEREIRA; VITTI, 2004).

Viator et al. (2004) avaliaram o efeito da aplicação de escória rica em Ca na produção da cana-de-açúcar e verificaram que houve um aumento na produção, nesse ensaio a produtividade da cana chegou a 3.700 kg ha⁻¹ com aplicação de 4,3 mg ha⁻¹.

Pereira et al. (2007) avaliaram diferentes fontes de silício via solo na cultura do arroz com o objetivo de verificar a capacidade de fornecimento de silício dessas fontes e concluíram que a sílica em gel foi a fonte mais eficiente para fornecimento de silício e a farinha de rocha (MB-4) apresentou menor eficiência.

Barbosa et. al. (2008) verificaram o efeito de doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio no sorgo no cerrado em função de duas formas de aplicação (área total e no sulco de plantio) e observaram que independente da forma de aplicação houve incremento na produtividade, e aumento dos teores de silício nos grãos, colmos e folhas, além disso foi observado que maiores teores de silício no solo e aumento no pH do solo.

Sousa et al. (2010) avaliaram o efeito do silicato de potássio via foliar no desenvolvimento do milho e concluíram que a aplicação de silicato de potássio influencia positivamente na produtividade, massa seca de mil grãos do milho.

SILÍCIO NO SOLO E NA PLANTA

Deus e Büll (2013) avaliaram diferentes tipos de escórias na cultura do feijão e formas de aplicação no solo com o objetivo de verificar a eficiência na correção da acidez do solo e no fornecimento de silício e notaram que as escórias que trouxeram incremento no teor de silício no solo foram a escória de aciaria, escória forno de panela e silicato de cálcio e magnésio e observou-se acúmulo de silício nas plantas de feijão quando utilizado wollastonita e escória de alto forno. E comparando a aplicação de calcário com as escórias, o modo de aplicação não foi influenciado, entretanto na neutralização da acidez houve diferença.

Enquanto o calcário neutralizou a acidez até a camada de 0-20 cm do solo, a wollastonita e escória de forno de panela atingiram apenas 0-10 cm. O silicato de cálcio e magnésio, escórias de aciaria e de alto forno atingiram uma camada ainda menor, ficando retido na camada de 0-5 cm do solo (DEUS; BÜLL, 2013).

Outros autores avaliando o silicato de cálcio e magnésio como corretivo da acidez do solo na cultura do milho de segunda safra e observaram que com a utilização de do silicato de cálcio e magnésio houve um aumento linear do o teor de Ca^{+2} trocável no solo (REIS; ANDRADE; VASCONCELOS, 2019).

Castellanos et al. (2016), em experimento com o objetivo de avaliar o efeito do silício na qualidade do trigo em condições de estresse salino aplicaram doses crescentes de cinzas de casca de arroz e concluíram que a casca de arroz na dosagem de 2000 kg ha^{-1} de SiO_2 aumentou o peso da espiga e o peso de sementes por planta, além disso, foi observado que independente do estresse salino, a aplicação de casca de arroz aumentou o peso de mil sementes.

Parecido (2016) realizou um experimento visando observar o efeito do sílico aplicado via foliar no café arábica e foi observado maior número de nós no ramo plagiotrópico e também houve incremento na altura das plantas quando comparado com os tratamentos que não receberam a aplicação de sílico via foliar.

Freitas et al. (2017) conduziram experimento em solução nutritiva utilizando silicato de potássio para verificar o efeito do silício na redução da toxidade por alumínio em plantas de arroz de terras altas e observaram que o silício reduziu o efeito de toxidez por alumínio no arroz, foi notado também aumento no crescimento das plantas de arroz mesmo na presença de alumínio no solo e os autores chegaram à conclusão que o silício se comporta como um atenuador de toxidez nas plantas de arroz de terra altas, em condições de experimento.

Um estudo foi realizado em solo arenoso, aplicando via foliar, doses de silicato de potássio com o objetivo de verificar o seu efeito na produtividade e absorção de nutrientes na cultura da ervilha e o autor concluiu que independente da dose de silicato de potássio houve um aumento linear na produtividade, peso de 100 grãos, biomassa e acúmulo de nutrientes em

comparação com a testemunha, sendo maior incremento quando utilizou-se a dose 500 mg L⁻¹ (MERWAD, 2018).

Guazina et al. (2019) conduziram um ensaio com o objetivo de verificar a produtividade da soja em função da aplicação de silício via foliar de silicato de alumínio, nesse ensaio foi realizada a aplicação de sílico em diferentes fases de desenvolvimento da soja e foi notado que houve aumento da produtividade dos grãos quando foi aplicado o silicato de alumínio com três e quatro aplicações de sílico via foliar.

Foi realizado um experimento por Sarto et al. (2019) com diferentes tipos de solo (Latossolo Vermelho eutrófico, Latossolo Vermelho distroférrico e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico) e doses crescentes de silicato de Cálcio e Magnésio com o objetivo de verificar absorção de nutrientes pela cultura do trigo, e chegou-se à conclusão de que o silicato de cálcio e magnésio aplicado via solo traz muitos benefícios.

Observou-se um aumento significativamente os teores de silício no caule e folhas da planta de trigo e no solo foi observado diminuição dos teores de Zn²⁺ e Mn²⁺ e estrófico aumento da absorção de Ca²⁺ e Mg²⁺ pelas plantas independentemente do tipo de solo⁺ três tipos de solo e no Latossolo Vermelho distroférrico houve redução de K⁺, além disso foi observado que houve redução na absorção de Mn²⁺ pelas plantas de trigo (SARTO et al., 2019).

Prado et al. (2019) avaliaram o efeito da adubação foliar silicatada associada a adubação nitrogenada de cobertura com o objetivo de verificar efeitos de rendimento e desenvolvimento na cultura do arroz, nesse trabalho foram aplicadas doses de 0, 20, 40 e 80 kg ha⁻¹ de N e doses de 0 e 0,8 L ha⁻¹ de SiO₂ na forma de silicato de potássio e esses autores observaram que não houve interação entre as doses de nitrogênio e de silício aplicadas, mas foi observado isoladamente efeitos positivos da aplicação de silício na produtividade dos grãos, número de grãos por panícula e comprimento de panícula em ambas as doses.

Alovisi et al. (2020) realizaram um trabalho avaliando doses crescentes de pó de basalto e pó de serpentinito na cultura do milho com o objetivo de verificar aumento da produtividade. Foram aplicadas doses de 0, 2, 4, 8, 16 mg ha⁻¹ com ou sem a associação de um bioativo. Esses autores verificaram que a aplicação do pó de basalto reduziu os teores de silício na folha e houve aumento no teor de silício no solo quando aplicado o pó de serpentinito, não foi observado diferença nos parâmetros de produtividade avaliado.

Gonzaga et al. (2020) em um dos seus trabalhos avaliaram o efeito de doses crescentes de silicato de cálcio aplicadas no substrato visando verificar incrementos na produção de mudas e esses autores concluíram que houve incremento no número de folhas, massa seca e fresca da parte aérea e raiz.

SILÍCIO NO SOLO E NA PLANTA

Couto et al. (2020) avaliaram a aplicação de silício via foliar no crescimento, biomassa e qualidade fisiológica do arroz. Nesse ensaio foi feita a aplicação de doses crescentes de silicato de sódio e potássio os autores observaram que a qualidade fisiológica das plantas de arroz não é afetada pela aplicação de silício e foi observado que com a aplicação da dose superior a $1,68 \text{ g L}^{-1}$ há uma redução no aproveitamento do silício pela planta.

Oliveira et al. (2020) realizaram um experimento com objetivo de comparar o calcário com a escória de aciaria na correção para o plantio de grama bermuda, ambos materiais corrigiram a acidez do solo, um dos diferenciais é que a escória fornece silício para o solo e plantas. Esses autores concluíram que os dois corretivos foram eficientes na correção do solo.

Ainda esses autores verificaram maior desenvolvimento do sistema radicular, máxima taxa de cobertura maior quantidade de raízes, estolões e rizomas na grama bermuda quando utilizada a escória de aciaria, além disso, houve um maior teor de P, Ca e Si no solo com a utilização da escória (OLIVEIRA, et. al, 2020).

Leite et. al. (2020) conduziram um experimento utilizando silicato de cálcio e magnésio com objetivo de verificar aumentos na produtividade do capim Mombaça. Nesse experimento foi utilizado doses de 1.000 e 2.000 kg ha^{-1} de silicato de cálcio e magnésio e esses autores notaram que não houve ganhos de produtividade com a aplicação dessas doses e enfatizaram que trabalhos a longo prazo precisam ser realizados.

CONCLUSÕES

O silício é um elemento que traz inúmeros benefícios para o sistema solo-planta uma vez que consegue aumentar a produtividade, pH, a disponibilidade de nutrientes como P, K, Ca e Mg no solo e ainda tem a capacidade de diminuir o estresse em plantas submetidas a salinidade.

A maioria dos trabalhos apresentados nessa revisão mostram que a aplicação de silício aumenta o acúmulo do mesmo nos tecidos vegetais das plantas e diversas fontes de silício, independente do teor de silício total, mostraram ser eficientes tanto aplicadas via solo ou via foliar.

É importante ressaltar que algumas fontes além de fornecer silício para o solo possui a capacidade de corrigir a acidez, entretanto é preciso escolher a fonte com cautela e observar os teores de elementos contaminantes e seguir os padrões estabelecidos pela legislação.

Pode-se concluir que a aplicação de fontes de silício é uma alternativa para aumentar a produção e disponibilidade de nutrientes do solo. São inúmeros os benefícios do silício na solução do solo, ainda é necessário mais estudo da interação do silício com os nutrientes e em

relação ao comportamento dos microrganismos do solo quando adicionado esse elemento.

REFERÊNCIAS

ALOVISI, A. A. et al. Silicatagem no solo e na produtividade da cultura do milho. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 9, n. esp., p. 933-950, mai. 2020.

BARBOSA, C. N. Formas de aplicação de silicato de cálcio e magnésio na cultura do sorgo em neossolo quartzarênico de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 38, n. 4, p. 290-296, 2008.

BARBOSA FILHO, Morel Pereira et al. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, p. 325-330, 2001.

BRASIL. **Decreto Federal nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2004.

CARVALHO, Rui et al. Interações silício-fósforo em solos cultivados com eucalipto em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 557-565, 2001.

CATEN, A. (2013). **Efeito de silicato e tensões de água no solo no crescimento de maracujazeiro amarelo**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 105 f.

CASTELLANOS, I. S. C. et al. Aplicação ao solo de cinza de casca de arroz como fonte de silício: efeito na qualidade de sementes de trigo produzidas sob stresse salino. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, p. 95-104, 2016.

COUTO, C. A. et al. Crescimento, biomassa e qualidade fisiológica do arroz em função da aplicação foliar de silício. **Brazilian Journal of Development Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 4, p.18997-19014, 2020.

CRUSSIOL A. C. et al. Effects of surface application of calcium-magnesium silicate and gypsum on soil fertility and sugarcane yield. **R. Bras. Ci. Solo**, 38:1843-1854, 2014.

DEUS, F. C. A.; BÜLL, T. L. Eficiência de escórias de siderurgia na cultura do feijoeiro em sistema de semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.10, p.1783-1789, 2013.

DOUMER, M.E. et al. Atividade microbiana e enzimática em solo após a aplicação de xisto retortado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1538-1546, 2011.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual review of plant biology**, v. 50, n. 1, p. 641-664, 1999.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. 3 ed. Londrina, Planta, 403p. 2006.

FERREIRA, S.M. (2008). **O efeito do silício na cultura do algodoeiro (Gosypium hirsutum L.): aspectos bioquímicos, qualidade da fibra e produtividade**. Tese (Doutorado) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 67p.

SILÍCIO NO SOLO E NA PLANTA

FREITAS, B. L. et al. Effects of silicon on aluminum toxicity in upland rice plants. **Plant Soil**, v. 420, p.263–275, 2017.

FOLETTTO, E. L. et al. Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz. **Quim. Nova**, v. 28, n. 6, p.1055-1060, 2005.

GONG, H. et al. Effects of Silicon on Growth of Wheat Under Drought. **Journal of Plant Nutrition**, v.26, p. 1055-1063, 2003.

GONZAGA, T. O. D. et al. Produção de mudas de alface (*lactuca sativa*) submetidas a diferentes doses de Silício. **Sci. Elec. Arch.** v. 13, p. 1-7, 2020.

GUAZINA, R. A., et al. Aplicação foliar de silício na produtividade e sanidade de cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, p. 187-193, 2019.

HODSON, M. J. et al. Phylogenetic variation in the silicon composition of plants. **Annals of botany**, v. 96, n. 6, p. 1027-1046, 2005.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças de cana-de-açúcar e do arroz. **Info. Agronômicas**, n. 70, p 1-3,1995.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças de cana-de-açúcar e do arroz. **Info. Agronômicas**, n. 70, p 1-3,1995.

LEITE, R. C. et al. Calcium and magnesium silicate in the production of Mombasa grass. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 07, 2020.

LIMA FILHO, O. F.; TSAI, S. M. Crescimento e produção do trigo e aveia branca suplementados com silício. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 34 p, 2007.

LIMA FILHO, O. F. **História e uso do silicato de sódio na agricultura**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2009.

MANEGALE, C. L. M. et al. Silício: interação com o sistema solo-planta. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.4, n. especial, p.435-454, 2015.

MARODIN, C. J. (2011) **Produtividade, qualidade físico-química e conservação pós-colheita de frutos de tomateiro em função de fontes e doses de silício**. Dissertação (mestrado), Guarapuava, Universidade Estadual do Centro-Oeste, 64p.

MA, J.F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. IN: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. editors. Silicon in agriculture, The Netherlands: **Elsevier Science**, p.17–39, 2001.

MATYCHENKOV, V.V.; PINSKLY, D.L.; BOCHARNIKOVA, Y.A. Influence of mechanical compaction of soils on the state and form of available silicon. **Eurasian Soil Science**, v. 27, n. 12, p.58-67, 1995.

MERWAD, A. M. R. A. Response of yield and nutrients uptake of pea plants to silicate under sandy soil conditions. **Communications in soil science and plant analysis**, vol. 49, p.1553–

1562, 2018.

OLIVEIRA, M, R. et al. Correção do solo para plantio de grama bermuda utilizando escória de aciaria ou calcário. **Ornam. Hortic.**, vol.26, n.3, pp.475-485. Epub Sep 18, 2020.

PRADO, L.F.S. et al. Adubação silicatada foliar associada ao nitrogênio em cobertura na cultura do arroz de terras altas. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, V. 30, P. 384-390, 2019.

PARECIDO, R. J. (2016). **Doses de nitrogênio via solo e aplicação de silício via foliar na cultura do café arábica**. Dissertação (mestrado), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de ciências agrônômicas, Botucatu, 54p.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.1199-1204, 2001.

PEREIRA, H. S.; CABRAL, N. B. **Slag as silicon source: application criterion**. In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 3., 2005, Uberlândia. [Proceedings...]. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2005. p. 92-100.

PEREIRA, H. S. et al. Avaliação de fontes e de extratores de silício no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 239-247, 2007.

PEREIRA, H.S.; VITTI, G.C. Efeito do uso do xisto em características químicas do solo e nutrição do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.22, p.317-322, 2004.

REIS, C. M.; ANDRADE, B. B.; VASCONCELOS, R. G. Silicato de cálcio e magnésio no milho segunda safra: fitossanidade, fertilidade do solo e produtividade. **Revista do COMEIA**, v. 1, n. 1, 2019.

RIZWAN, M. et al. Effect of silicon on reducing cadmium toxicity in durum wheat (*Triticum turgidum* L. cv. Claudio W.) grown in a soil with aged contamination. **Journal of hazardous materials**, v. 209, p. 326-334, 2012.

SANGSTER, A. G.; HODSON, M. J.; TUBB, H. J. Silicon deposition in higher plants. In: *Studies in Plant Science*. Elsevier, p. 85-113, 2001.

SARTO, M. V. M. et al. Silicato de cálcio e magnésio na absorção de silício e nutrientes no trigo. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 40, n. 1, p. 67-80, 2019.

SANTOS, R. S. K. et al. **Capacidade de fornecimento de P e K do adubo da independência e seus componentes em cultivos sucessivos em pote**. *Revista brasileira de geografia física*, v. 5, p. 1082-1096, 2011.

SOUSA, V. J. et al. Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 502-513, 2010.

SOUZA, V. J. et al. Application of the potassium silicate in corn: photosynthesis, growth and yield. **Universidade Biosci. J.**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 502-513, 2010.

SILÍCIO NO SOLO E NA PLANTA

VIATOR, H.; RICHARD, J; WILLIAMS, G. **The response of LCP 85–384 to silicate slag application.**
LSU AgCenter Sugar Research Station Annual, 2004.

