



## ABSORÇÃO DE SILÍCIO PELO SORGO EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ADUBADO COM SÍLICA

Reinaldo Silva de Oliveira<sup>1</sup>, Débora Maria Ferreira Canuto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Professor Mestre, Departamento de Agronomia, Instituto Federal do Triângulo Mineiro *Campus* Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil (reinaldo@iftm.edu.br)

<sup>2</sup> Doutoranda, Departamento de Entomologia, Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Recebido em: 08/04/2016 – Aprovado em: 30/05/2016 – Publicado em: 20/06/2016  
DOI: 10.18677/Enciclopedia\_Biosfera\_2016\_004

### RESUMO

A pesquisa com adubação silicatada geralmente é realizada com fontes de silício (Si) que apresentam outros nutrientes em sua composição e que alteram o pH do solo, dificultando o estudo do efeito isolado deste nutriente em plantas. A sílica é uma fonte que apresenta apenas o Si. Os objetivos do presente trabalho foram avaliar a absorção desse elemento pelas plantas de sorgo em função da adubação silicatada e verificar a influência no pH do solo. Os experimentos foram conduzidos em Neossolo Quartzarênico Órtico típico, em delineamento de blocos casualizados com quatro níveis de Si (0, 300, 600 e 1000 kg ha<sup>-1</sup>) e cinco repetições. Aos 30 dias após a emergência do sorgo foram avaliadas a quantidade de Si no solo e na parte aérea do sorgo, além do pH do solo. A adubação com sílica não alterou o pH do solo. A quantidade de Si no solo e na planta aumentou linearmente com as doses aplicadas. Portanto, a sílica pode ser usada na avaliação dos efeitos exclusivos do Si em plantas de sorgo porque as plantas respondem a essa fonte, a qual não altera o pH solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** adubação silicatada, nutrição de plantas, *Sorghum bicolor*

### SILICON UPTAKE BY SORGHUM IN A TYPIC QUARTZARENIC NEOSOL FERTILIZED WITH SILICA

#### ABSTRACT

Research with silicon fertilization is usually carried out with sources of silicon (Si) having other nutrients in its composition which changes the pH of the soil, making it difficult to study the effect of isolated plant nutrient. Silica is a source that presents only the Si. The objectives of this study were to evaluate the absorption of this element by sorghum plants depending on silicon fertilization and the influence on soil pH. The experiments were conducted in Quartzipsamment soil in a randomized block design with four levels of Si (0, 300, 600 and 1000 kg ha<sup>-1</sup>) and five repetitions. At 30 days after emergence of sorghum were evaluated the amount of Si in soil and shoots of sorghum, in addition to soil pH. Fertilization with silica did not change the soil pH. The amount of Si in soil and plant increased linearly with the applied levels. Therefore, silica can be used in the assessment of unique effects of Si on sorghum plants because plants respond to this source, which does not alter the soil pH.

**KEYWORDS:** plant nutrition, silicon fertilization, *Sorghum bicolor*

#### INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma planta acumuladora de silício (Si), sendo responsiva à adubação silicatada (RESENDE et al., 2009). De acordo com EPSTEIN (1999), o Si é o segundo elemento químico mais abundante no solo e compreende 31% da crosta terrestre. Escórias de siderurgia, silicato de cálcio e silicato de magnésio têm sido fontes amplamente estudadas para avaliar os benefícios da utilização do Si na agricultura (KORNDÖRFER et al., 2004; SOUSA; SANTOS, 2010; LOPES et al., 2010; ROCHA et al., 2011, MAUAD et al., 2013; MENDONÇA et al., 2013). No entanto, pesquisas com essas fontes necessitam de avaliações criteriosas para isolar o efeito do Si dos efeitos de pH e de outros nutrientes sobre a variável que se deseja avaliar. O uso de sílica (ou sílica gel) não é muito comum, mas pode ser uma fonte interessante de Si, uma vez que não tem outros nutrientes em sua composição além do ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ) (GOCKE et al., 2013). No entanto, estudos são necessários para avaliar o potencial da sílica como fonte disponibilizadora de Si às plantas.

O Si é absorvido pelas plantas na forma de  $H_4SiO_4$  acompanhando a absorção de água (fluxo de massa). Esse nutriente normalmente se acumula nas áreas de maior transpiração, como tricomas e espinhos na forma de ácido silícico polimerizado (sílica amorfa). O aumento da disponibilidade de Si no solo geralmente resulta no aumento do teor foliar de Si e na maior produtividade de diversas gramíneas (KORNDÖRFER, et al., 2004).

Em condições de estresses bióticos ou abióticos, o Si apresenta uma importante função na proteção de plantas (MA, 2004). Quando adubadas com Si, são mais resistentes às pragas (KORNDÖRFER et al., 2011; DIAS et al., 2014), às doenças (RESENDE et al., 2009; CRUZ et al., 2012), ao estresse hídrico (LIANG et al., 2007; NOLLA et al., 2012) e são mais tolerantes aos metais tóxicos no solo (RIZWAN et al., 2012; FAROOQ et al., 2013). Adicionalmente, o Si também tem sido relatado como um indutor da produção de voláteis de plantas mais atrativos aos inimigos naturais contribuindo, assim, para uma maior eficiência do controle biológico de pragas (KVEDARAS et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2012).

Nas regiões do Cerrado, os produtores possuem diversas opções de sorgo para cultivo, entre elas a BRS 310. Essa cultivar é caracterizada por apresentar alto potencial de rendimento de grãos, adaptabilidade a ambientes desfavoráveis e, baixo nível de compostos fenólicos, teor de proteína superior a 10% no grão e apresentar boa competição em relação aos híbridos lançados comercialmente (SANTOS et al., 2004).

Posto isto, os objetivos deste experimento foram verificar se a sílica modifica o pH do Neossolo Quartzarênico Órtico típico e avaliar a absorção de Si pelas plantas de sorgo adubadas com esse nutriente.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), localizada no município de Uberlândia, MG, 18°53'06" de latitude Sul, 48°15'36" de longitude Oeste e altitude de 890 metros. O clima, segundo classificação de Köppen, enquadra-se no tipo Aw, com estações bem definidas, inverno frio e seco e verão quente e chuvoso.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com 4 doses de Si (0, 300, 600 e 1000 kg ha<sup>-1</sup>) e 5 repetições. O solo utilizado foi um Neossolo

Quartzarênico Órtico típico (81% de areia, 5% de silte e 14% de argila), cujas características químicas estão são descritas na Tabela 1. A escolha deste solo foi baseada na sua baixa percentagem de argila e no seu baixo teor de Si, o que confere uma maior resposta das plantas à aplicação deste nutriente.

**TABELA 1.** Caracterização química do Neossolo Quartzarênico Órtico típico utilizado no experimento.

pH H <sub>2</sub> O	pH CaCl <sub>2</sub>	P Meh.	Si	S- SO <sub>4</sub>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	T	V	m
-----01:02,5---		-----mg/dm <sup>3</sup> -----			-----cmolc/dm <sup>3</sup> -----				-----%-----				
5	4,1	2,3	1,2	13	0,06	0,4	0,3	0,4	2,2	0,76	2,96	26	34

[SB = Soma de Bases | T = CTC pH 7,0 |  
 |V = Sat. Base | m = Sat. Alumínio | P = [HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol L<sup>-1</sup>] |  
 S-SO<sub>4</sub>= [Fosfato Monobásico Cálcio 0,01 mol L<sup>-1</sup>] | Ca,Mg,Al = [KCL 1 mol L<sup>-1</sup>] |  
 M.O. = Método colorimétrico | H+Al = [Solução Tampão SMP a pH 7,5] |

Os corretivos de acidez - carbonato de cálcio (970 kg ha<sup>-1</sup>) e carbonato de magnésio (380 kg ha<sup>-1</sup>) - foram incorporados ao solo seco e peneirado. Posteriormente o solo foi mantido umedecido em sacos plásticos (capacidade para 30 kg de solo) para incubação durante 30 dias.

A adubação foi realizada por meio da aplicação de 445 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples (80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 400 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amônio (80 kg ha<sup>-1</sup> de N), 85 kg ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Potássio (50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) e 100 kg ha<sup>-1</sup> de um formulado de micronutrientes (FTE BR 12) que contém 9% de Zn, 1,8% de B, 2% de Mn, 0,8% de Cu, 0,1 % de Mo, 3% de Fe.

Após a aplicação dos fertilizantes, o solo foi colocado em recipientes plásticos de 200 ml e a cultivar de sorgo BRS 310 foi semeada. Após a emergência das plântulas, foi realizado o desbaste, deixando apenas uma planta por recipiente. Cinco dias após a emergência foram incorporados ao solo diferentes doses de Si na forma de sílica gel (5,7% de Si disponível e 14,1% de Si total). Esta fonte foi escolhida com o objetivo de isolar o efeito do Si no desenvolvimento das plantas, visto que os silicatos, fornecem também Ca, Mg e elevam o pH do solo. A umidade dos recipientes foi mantida próxima à capacidade de campo durante todo o período do experimento.

As plantas de sorgo foram coletadas 25 dias após a aplicação das doses de Si. Logo após a coleta foi mensurada a altura das plantas. Para a realização das análises foliares, a parte aérea das plantas (folha + colmo) foi lavada em água destilada, para evitar contaminação com partículas de solo, secadas em estufa à 65° durante 24 horas e posteriormente moídas em moinho tipo Wiley.

Com a finalidade de verificar o potencial de absorção de Si pelo sorgo, determinou-se o teor deste nutriente na parte aérea das plantas de acordo metodologia proposta por KORNDÖRFER et al. (2004). O teor de Si do solo foi determinado a fim de verificar se o Si aplicado na forma de sílica não foi lixiviado após as constantes irrigações. Esta determinação foi realizada conforme método proposto por KORNDÖRFER et al. (2004). O pH do solo (pH em água e em CaCl<sub>2</sub>) foi determinado de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1997) para avaliar se houve aumento deste parâmetro com o aumento dos teores de Si no solo.

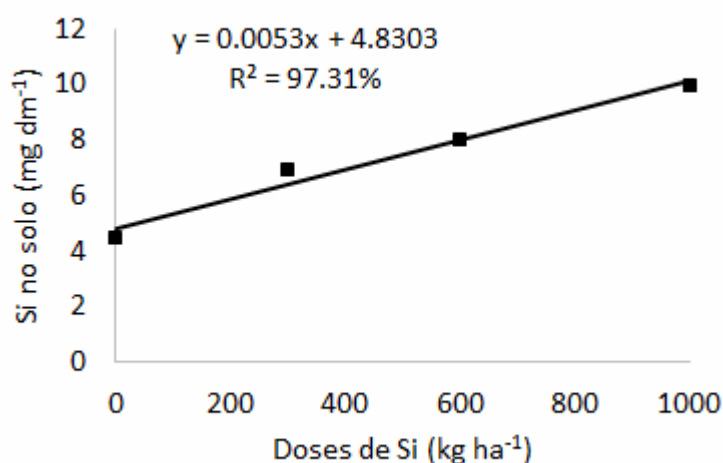
A análise estatística das variáveis altura de plantas, teor de Si na parte aérea, pH e teor de Si do solo incluiu a análise de variância (Teste F a 5% de significância) e de regressão polinomial através do programa SISVAR 5.3® (FERREIRA, 2010)

após os dados terem sido submetidos às análises de normalidade (Shapiro-Wilk a 5% de significância) e homogeneidade (Teste de Levene a 5% de significância) no programa SPSS 16.0® (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA, IL, EUA).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

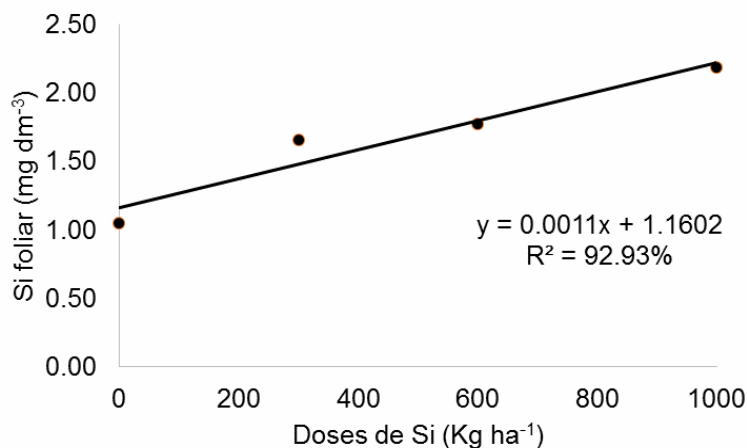
Antes do período de incubação com carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, o solo apresentou pH em água igual a 5.0 e pH em cloreto de cálcio igual a 4.1. O pH do solo foi avaliado ao término do experimento, ou seja, 65 dias após a incubação do solo com carbonato de cálcio e carbonato de magnésio. Nesse período, o pH em água e o pH em cloreto de cálcio aumentaram para 6.84 e 6.13, respectivamente. Esse incremento no pH foi devido à calagem (Tabela 1).

Si aplicado via solo na forma de sílica não provocou alterações no pH em água ( $p=0.978$ ) e em cloreto de cálcio ( $p=0.750$ ). A quantidade de Si no solo aumentou linearmente com a aplicação de Si na forma de sílica (Figura 1).



**FIGURA 1.** Quantidade de Si no solo, em mg kg<sup>-1</sup>, 25 dias após aplicação de diferentes doses de Si na forma de sílica (ou 30 DAE).

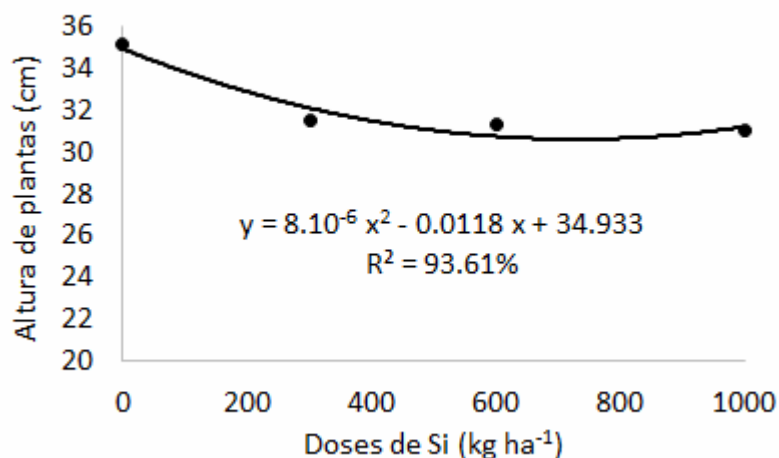
As plantas de sorgo responderam semelhantemente à aplicação de Si sendo observada uma maior absorção do nutriente na dose de 1000 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 2).



**FIGURA 2.** Quantidade de Si foliar 25 dias após aplicação de diferentes doses de Si na forma de sílica (ou 30 DAE).

A sílica é constituída de ácido monossilícico, o que poderia reduzir o pH do solo e prejudicar a absorção de nutrientes e o desenvolvimento das plantas. No entanto, no presente experimento, tal fato não foi verificado. Este resultado é justificado, uma vez que diferentemente dos silicatos, a reação da sílica com a água não consome prótons ( $H^+$ ). A dissolução e deposição de sílica em água podem ser representadas pela seguinte reação:  $(SiO_2)_x + 2H_2O \leftrightarrow (SiO_2)_{x-1} + Si(OH)_4$  (BIRCHALL, 1995). O ácido monossilícico formado a partir desta reação também não altera o pH do solo, uma vez que se comporta como um ácido muito fraco e somente uma pequena parte se dissocia em pH normal do solo (MCKEAGUE & CLINE, 1963). Portanto, pesquisas que visem estudar o efeito exclusivo do Si em determinadas características da planta, como tolerância à estresses abióticos e bióticos, podem ser conduzidas utilizando-se a sílica, sem o inconveniente de uma possível alteração no valor do pH do solo. De acordo com GOCKE et al. (2013), mesmo a sílica sendo utilizada como fonte de Si em condições de pH igual a 4,5 ou 7,0, a taxa de absorção de Si pelo trigo não foi afetada pelo pH. O Si aplicado via solo na forma de sílica não promoveu alterações no pH em água e em cloreto de cálcio.

Quanto à altura de plantas, houve diferença significativa em relação às doses de Si avaliadas ( $p=0.019$ ). O aumento da quantidade de Si adicionada ao solo reduziu a altura de plantas a qual atingiu o menor valor (30.58 cm) na dose de 737.5 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 3).



**FIGURA 3.** Altura de plantas de sorgo aos 25 dias após aplicação de diferentes doses de Si na forma de sílica (ou 30 DAE).

CESSA et al. (2011) não observaram efeito significativo de doses de Si na altura de plantas, na matéria seca da parte aérea e no diâmetro do colmo do sorgo. A ausência de resposta à adubação com Si também foi verificada para a matéria seca da parte aérea do arroz (TOKURA et al., 2007).

Embora o Si tenha influenciado na redução da altura de plantas de sorgo no presente trabalho, a sua absorção não foi prejudicada. O Si é benéfico às plantas por garantir a proteção contra múltiplos fatores bióticos e abióticos (MA, 2004). Entre os efeitos benéficos do Si estão a maior resistência ao estresse hídrico (LIANG et al., 2007), às doenças (RESENDE et al., 2009; ARSENAULT-LABRECQUE et al., 2012; RESENDE et al., 2013), às pragas (KORNDÖRFER et al., 2011; KEEPING et al., 2013; DIAS et al., 2014) e maior tolerância aos metais pesados que prejudicam o desenvolvimento das plantas (WU et al., 2013; KIM et al., 2014; PONTIGO et al., 2015).

## CONCLUSÕES

A absorção do Si pelas plantas de sorgo aumentou proporcionalmente de acordo com a dose adicionada ao solo na forma de sílica. Essa absorção contribuiu para o aumento da tolerância ao estresse hídrico, ao acamamento, ao ataque de pragas e patógenos.

A adubação com sílica não alterou o pH do solo e as plantas de sorgo responderam a essa fonte de Si. Portanto, a sílica é adequada para estudos de avaliação do efeito exclusivo desse nutriente em plantas.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES pelas bolsas concedidas. Ao Laboratório de Fertilizantes da Universidade Federal de Uberlândia pelas análises químicas do solo e das plantas de sorgo. À EPAMIG pelo fornecimento das sementes de sorgo.

## REFERÊNCIAS

- ARSENAULT-LABRECQUE, G.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Effect of silicone absorption on soybean resistance to *Phakopsora pachyrhizi* in different cultivars. **Plant Disease**, v. 96, p. 37-42. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-05-11-0376>>. doi: 10.1094/PDIS-05-11-0376
- BIRCHALL, J.D. The essentiality of silicon in biology. **Chemical Society Reviews**, v.24, p.351-357, 1995. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1039/CS9952400351>>. doi: 10.1039/CS9952400351
- CESSA, R. M. A.; NOVELINO, J. O.; VITORINO, A. C. T.; MAUAD, M. Absorção de P e crescimento do sorgo em função da aplicação de Si e P em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico. **Revista de Ciências Agrárias**, p. 135-142. 2011.
- CRUZ, M. F. A.; SILVA, L. F.; RODRIGUES, F. A.; ARAÚJO, J. M; BARROS, E. G. Silício no processo infeccioso de *Phakopsora pachyrhizi* em folíolos de plantas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n.1, p. 142-145. 2012. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000100020>> doi: 10.1590/S0100-204X2012000100020
- DIAS, P. A. S.; SAMPAIO, M. V.; RODRIGUES, M. P.; KORNDÖRFER, A. P.; OLIVEIRA, R. S.; FERREIRA, S. E.; KORNDÖRFER, G. H. Induction of resistance by silicon in wheat plants to alate and apterous morphs of *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, v. 43, p. 949-956. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1603/EN13234>>. doi: 10.1603/EN13234
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. Brasília, 1997. 212p.
- EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, p.641-664, 1999. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.arplant.50.1.641>>. doi: 10.1146/annurev.arplant.50.1.641
- FERREIRA, D.F. **SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3**. Lavras-MG: UFLA, 2010.
- FAROOQ, M. A.; ALI, S.; HAMEED, A.; ISHAQUE, W.; MAHMOOD, K.; IQBAL, Z. Alleviation of cadmium toxicity by silicon, is related to elevated photosynthesis, antioxidant enzymes; suppressed cadmium uptake and oxidative stress in cotton. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 96, 242-249. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.07.006>>. doi: 10.1016/j.ecoenv.2013.07.006
- GOCKE, M.; LIANG, W.; SOMMER, M.; KUZYAKOV, Y. Silicon uptake by wheat: effects of Si pools and pH. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 176, p. 551-560. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jpln.201200098>>. doi: 10.1002/jpln.201200098

KEEPING, M. G.; MEYER, J. H.; SEWPERSAD, C. Soil silicon amendments increase resistance of sugarcane to stalk borer *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) under field conditions. **Plant Soil**, v. 363, p. 297-318. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11104-012-1325-1>>. doi: 10.1007/s11104-012-1325-1

KIM, Y.H.; KHAN, A. L.; KIM, D. H.; LEE, S. Y. Silicon mitigates heavy metal stress by regulating P-type heavy metal ATPases, *Oryza sativa* low silicon genes, and endogenous phytohormones. **BMC Plant Biology**, v.14, p. 1-13. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/1471-2229-14-13>>. doi: 10.1186/1471-2229-14-13

KORNDÖRFER, A. P.; GRISOTO, E.; VENDRAMIM, J. D. Induction of insect plant resistance to the spittlebug *Mahanarva fimbriolata* Stal (Hemiptera: Cercopidae) in sugarcane by silicon application. **Neotropical Entomology**, v. 40, n. 3, 387-392. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2011000300013>>. doi: 10.1590/S1519-566X2011000300013

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de Si: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, 2004. 34p.

KVEDARAS, O. L.; AN, M.; CHOI, I. S.; GURR, G. M. Silicon enhances natural enemy attraction and biological control through induced plant defences. **Bulletin of Entomological Research**, p. 1-5. 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1017/S0007485309990265>>. doi: 10.1017/S0007485309990265

LIANG, Y. C.; SUN, W. C.; ZHU, Y. G.; CHRISTIE, P. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review. **Environmental Pollution**, v. 147, p. 422-428. 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2006.06.008>>. doi: 10.1016/j.envpol.2006.06.008

LOPES, J.; EVANGELISTA, A. R.; FORTES, C. A.; PINTO, J. C.; FURTINI NETO, A. E.; SOUZA, R. M. Calagem, silicatagem e doses de P no crescimento e nutrição mineral de estílosantes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, p. 150-158. 2010. MA, J. F. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 50, p.11-18. 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00380768.2004.10408447>>. doi: 10.1080/00380768.2004.10408447

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C. A. C.; GRASSI FILHO, H.; MACHADO, R. S. Deposição de sílica e teor de nitrogênio e silício em arroz. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1653-1662. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n4p1653>>. doi: 10.5433/1679-0359.2013v34n4p1653

McKEAGUE, J.A.; CLINE, M.G. Silica in soil solution. II. The adsorption of mono silicic acid by soil and by other substances. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 43, p. 83-96, 1963. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4141/cjss63-011>>. doi: 10.4141/cjss63-011

MENDONÇA, A. O.; TAVARES, L.C.; BRUNES, A. P.; MONZÓN, D. L. R.; VILLELA, F. A. Acúmulo de silício e compostos fenólicos na parte aérea de plantas de trigo após a adubação silicatada. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 1154-1162. 2013.

NOLLA, A.; DE FARIA, R. J., KORNDORFER, G. H.; BENETOLI, S. T. R. Effect of silicone on drought tolerance of upland rice. **Journal of Food Agriculture and Environment**, v. 10, p. 269-272. 2012.

OLIVEIRA, R. S.; SOUZA, M. F.; MAGELO, M. L. M.; ALVES FILHO, A.; PAULA, C. O. Si na proteção de plantas contra herbívoros: uma abordagem sobre as interações tritróficas no sistema trigo, pulgões e parasitóides. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, p. 876-898. 2012.

PONTIGO, S.; RIBERA, A.; GIANFREDA, L.; MORA, M. L.; NIKOLIC, M.; CARTES, P. Silicon in vascular plants: uptake, transport and its influence on mineral stress under acidic conditions. **Planta**, v. 242, p. 23-37. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00425-015-2333-1>>. doi: 10.1007/s00425-015-2333-1

RESENDE, R. S.; RODRIGUES, F. A.; COSTA, R. V.; SILVA, D. D. Silicon and fungicide effects on antracnose in moderately resistant and susceptible sorghum lines. **Journal of Phytopathology**, v. 161, p. 11-17. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/jph.12020>>. doi: 10.1111/jph.12020

RESENDE, R. S.; RODRIGUES, F. A.; SOARES, J. M.; CASELA, C. R. Influence of silicon on some components of resistance to anthracnose in susceptible and resistant sorghum lines. **European Journal of Plant Pathology**, v. 124, p.533-541. 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10658-009-9430-6>>. doi: 10.1007/s10658-009-9430-6

RIZWAN, M.; MEUNIER, J-D.; MICHE, H.; KELLER C. Effect of silicon on reducing cadmium toxicity in durum wheat (*Triticum turgidum* L. cv. Claudio W.) grow in a soil with aged contamination. **Journal of Hazardous Materials**, v. 209, pg. 326-334. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.01.033>>. doi: 10.1016/j.jhazmat.2012.01.033

ROCHA, L. C. M.; PRADO, R. M.; ALMEIDA, T. B. F. Efeito residual da escória de siderurgia como fontes de silício para cultura do sorgo. **Uruguiana**, v. 18, p. 101-115. 2011.

SANTOS, F. G.; RODRIGUES, J. A. S.; SCHAFFERT, R. E.; CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S.; PITA, G. V. E. **Híbrido de sorgo granífero BRS 310**. Comunicado Técnico 101 da EMBRAPA, 4 p. 2004.

SOUSA, R. T. X; SANTOS, A. P. Influência da adubação silicatada no aproveitamento de silício e teor foliar de nutrientes na *Brachiaria brizantha*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, p. 1-15. 2010.

TOKURA, A. M.; NETO, A. E. F.; CURI, N., CARNEIRO, L. F.; ALOVISI, A. A. Silício e P em diferentes solos cultivados com arroz de sequeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, p. 9-16. 2007.

WU, J. W.; SHI, Y.; ZHU, Y. X.; WANG, Y. C.; GONG, H. J. Mechanisms of enhanced heavy metal tolerance in plant by silicon: a review. **Pedosphere**, v. 23, p. 815-825. 2013. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0160\(13\)60073-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0160(13)60073-9)>. doi: 10.1016/S1002-0160(13)60073-9