

AVALIAÇÃO DE FONTES DE SILÍCIO PARA O ARROZ

Korndörfer, G.H. Universidade Federal de Uberlândia, Caixa Postal 593, 38.400-902 - Uberlândia/MG
Gascho, G.J. University of Georgia, P.O. Box 748, 31793-0748 - Tifton/GA, USA

Existem vários materiais ricos em Si total e passíveis de serem aplicados no solo. Porém, uma grande parte dos mesmos são de baixa solubilidade no solo. Assim sendo, é preciso identificar e avaliar o potencial agrônomico das fontes desse elemento. O estado de Minas Gerais produz grande quantidade de resíduos (escórias) derivados da indústria siderúrgica, os quais podem apresentar altos teores de Si na sua composição.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência agrônômica de fontes de Si com alto potencial para uso na adubação do arroz. Para isso, pressupõem-se que uma fonte de Si para ser recomendada precisa apresentar, além de elevado desempenho agrônomico, uma alta solubilidade, alta concentração de Si, facilidade de manuseio, e de aplicação e, principalmente, custo relativamente baixo.

Seis fontes de Si foram avaliadas quanto a capacidade de fornecer Si para plantas. As fontes foram selecionadas com base na disponibilidade potencial de comercialização no mercado brasileiro. O teor de Si das mesmas estão na Tabela 1.

Tabela 1 - Teores de Si total e solúvel em ácido cítrico das fontes estudadas

FONTES	Si	Si - Solúvel
	TOTAL	Ác. Cítrico
	----- % -----	
Silicato de cálcio	21,1	14,8
Silicato de cálcio - Wollastonita	23,0	Traços
Escória de Siderurgia - Minas liga	39,2	Traços
Silicato de Magnésio	27,7	Traços
Termofosfato	10,8	10,4

Experimento I - Incubação: Nesta etapa as fontes de Si foram adicionadas ao solo, em quantidades variadas e depois de um determinado período de tempo de incubação. O Si "disponível" (Si que reagiu no solo) foi quantificado. Utilizou-se materiais de solo da camada de 0-20cm de profundidade de: latossolo vermelho-escuro (LE); latossolo vermelho-amarelo (LV); latossolo roxo (LR); e areia quartzosa (AQ). As análises químicas e físicas dos solos encontram-se no trabalho de KORNDÖRFER, et al (1999a).

Usou-se o método de incubação descrito por MEDINA-GONZALES et al. (1988), nesta etapa. As fontes de Si foram misturadas com uma massa de 500 g de terra fina seca ao ar. A mistura terra + fertilizante foi colocada dentro de um saco plástico. Depois de misturado foi adicionada água destilada até atingir a capacidade de campo. As amostras depois de preparadas foram mantidas em ambiente escuro a uma temperatura de 26 °C (+/- 2 °C) durante um período de incubação de 8 semanas. Os sacos plásticos foram pesados semanalmente afim de controlar o teor de umidade próxima da capacidade de campo. Alterações superiores à 5% no peso do saco plástico indica a necessidade de adição de água. Depois das 8 semanas de incubação, amostras homogêneas de terra foram retiradas, secas ao ar analisadas para Si "disponível" (0,5 M ácido acético - KORNDÖRFER et al, 1999b) e pH em água.

Os tratamentos de incubação foram: testemunha (0 mg kg⁻¹ Si); wollastonita (250, 500, 1000, 2000 mg kg⁻¹ Si); silicato de cálcio - tennessee (1000 mg kg⁻¹ Si); escória de siderurgia - minas liga (1000 mg kg⁻¹ Si); silicato de magnésio (1000 mg kg⁻¹ Si); termofosfato (1000 mg kg⁻¹ Si).

Experimento II - Casa de vegetação (arroz inundado): Utilizando a mesma amostra de areia quartzosa do experimento de incubação, foi instalado um experimento em vasos em casa de vegetação visando quantificar o Si absorvido pelas plantas folhas de arroz em substrato

submetido diferentes fertilizantes silicatados. Foram 17 tratamentos (4 repetições), constituídos de 6 fontes de Si e de doses de Si variando segundo a fonte: testemunha (0 mg kg⁻¹ Si); wollastonita (125, 250, 500, 750, 1000, 1300, 2000 mg kg⁻¹Si); silicato de cálcio - tennessee (500, 1000 mg kg⁻¹ Si); escória de siderurgia - minas liga (500, 1000 mg kg⁻¹ Si); silicato de magnésio (500, 1000 mg kg⁻¹ Si); termofosfato (500, 1000 mg kg⁻¹ Si).

Os nutrientes associados às fontes de Si foram integralmente balanceados de tal forma que todos os vasos receberam quantidades iguais de nutrientes. Vasos plásticos contendo 3,5 kg de solo foram utilizados. Neles, sementes de arroz (cultivar, Metica-EMBRAPA) foram plantados. Depois de formada a terceira folha, os vasos foram inundados com uma lâmina de água de aproximadamente 1 cm, quando então foi feito o desbaste para 6 plantas/vaso. Para avaliação da matéria seca com aproximadamente 8 semanas de idade.

Avaliação do Si absorvido e/ou acumulado: A quantidade absorvida de Si pelas plantas foi estimada através da análise de folhas. Estas foram secas em estufa à 65 °C, até peso constante e moídas para passar em peneira de 20 mesh. Os teores de Si foram determinados segundo o método de ELLIOTT & SNYDER (1991).

Experimento de incubação: Na dose de 1000 mg kg⁻¹ de Si não houve diferença entre as terras quanto a quantidade de Si extraída, com exceção do solo AQ, onde os valores foram mais elevados (Tabela 2). Aparentemente, o Si foi mais fortemente retido ou "fixado" nos solos LR, LE e LV quando comparados com o AQ. A incubação do solo com 1000 mg Si kg⁻¹ de termofosfato yoorin resultou em valores de Si-extraível bem superiores às demais fontes estudadas (Tabela 2). As média dos 4 solos indicaram que o silicato de cálcio e a wollastonita solubilizaram o equivalente a 47% e 34%, respectivamente ao que foi solubilizado pelo termofosfato yoorin.

Experimento casa-de-vegetação: O Si extraído do solo no experimento com vasos seguiu a mesma tendência antes observada no de incubação: quanto maior a dose de Si, maior foi a quantidade de Si-extraída do solo (Tabela 4). Com a dose de 500 mg Si kg⁻¹ os teores de Si encontrados no solo foram superiores aos do experimento de incubação. Menores teores de Si no solo podem estar relacionados com a maior absorção do Si pelas plantas no experimento de casa-de-vegetação.

Tabela 2 - Resultados dos teores de Si encontrados em 4 diferentes tipos de solo depois da aplicação 1000 mg kg⁻¹ de Si proveniente de 5 diferentes fontes de Si

FONTES	SOLO				MÉDIA
	AQ	LE	LR	LV	
	mg kg ⁻¹				
Silicato de cálcio	266 b ¹	163 b	107 b	115 b	163 B
Wollastonita	157 c	116 b	117 b	78 b	117 B
Escória - Minas liga	3 d	1 c	0 c	1 c	1 C
Silicato de magnésio	4 d	3 c	4 c	6 c	4 C
Termofosfato Yoorin	586 a	272 a	284 a	253 a	349 A
MÉDIA	203 A	105 B	103 B	91 B	

¹ Letras minúsculas iguais na coluna indicam que não há diferença significativa entre as médias pelo teste LSD (0,05). ¹ Solos ou fontes seguidos de mesma letra (maiúscula) indicam que não diferença significativa entre as médias pelo teste LSD (0,05).

Tanto os parâmetros de solo como os da planta foram significativamente afetados pelas fontes e doses de Si utilizadas (Tabela 4). Durante os estágios iniciais de desenvolvimento até 3 semanas depois da inundação, diferenças no hábito de crescimento (plantas mais eretas), altura de planta, produção de matéria verde e coloração das folhas do arroz, dos vasos contendo silicato de cálcio, wollastonita, e termofosfato yoorin foram mais

favoráveis se comparado com os demais. Porém, após esta fase de crescimento, as mesmas plantas, num período curto de tempo, começaram ficar amareladas e apresentar sintoma típico de deficiência de Fe. Daí, sete aplicações de Fe via foliar foram realizadas, visando reduzir a deficiência. O solo estudado (AQ) possui baixo teor de Fe livre. Por outro lado a pulverização com Fe^{++} e a inundação não foi suficiente para aumentar os teores desse íon na planta até níveis satisfatórios. Isto evidencia a interação do Fe^{++} com as fontes solúveis de Si.

Tabela 3 - Efeitos de doses e fontes de Si sobre as plantas de arroz irrigado cultivadas em casa-de-vegetação

FONTES	Dose	PLANTA				
		Índice P. eretas	Altura	Peso Seco	Teor Si folhas	Si Acumulado
Testemunha	0	1*	cm	g	g kg ⁻¹	g
Silicato de cálcio	500	4 a	22	11.0	11	0.12
Silicato de cálcio	1000	5 a	27 b	6.4 c	14 c	0.09 bc
Wollastonita	500	2 b	34 a	6.9 c	15 c	0.11 bc
Wollastonita	1000	4 a	21 c	6.0 c	22 b	0.13 bc
Escória - Minas liga	500	2 b	31 a	9.5 b	37 a	0.35 a
Escória - Minas liga	1000	2 b	20 c	9.9 b	15 c	0.15 b
Silicato de magnésio	500	2 b	22 c	9.0 b	12 cd	0.11 bc
Silicato de magnésio	1000	2 b	21 c	9.9 b	07 d	0.08 c
Termofosfato Yoorin	500	2 b	22 c	12.1 a	09 d	0.10 bc
Termofosfato Yoorin	500	5 a	24 bc	6.6 c	20 b	0.13 bc
Termofosfato Yoorin	1000	5 a	23 c	3.8 d	23 b	0.09 bc

*Todos os valores foram obtidos pela média de 4 repetições; letras iguais na mesma coluna indicam que as médias não diferem significativamente entre si pelo teste LSD (0,05).

Com a aplicação das doses elevadas de silicato de cálcio, wollastonita e termofosfato yoorin houve indução da deficiência de Fe. Como resultado dessa deficiência, as fontes de Si mais efetivas (solúveis) foram as que resultaram nas mais altas concentrações de Si na planta, mas também foram as que produziram os menores pesos de matéria seca e menores quantidades de Si absorvido (devido ao menor peso da matéria seca) por ocasião da colheita (Tabela 4).

Todas as fontes de Si solúveis aumentaram o pH do solo. O termofosfato yoorin foi o que mais afetou o pH, a deficiência de Fe e redução no peso da matéria seca. O teor de Ca no solo aumentou notadamente onde as fontes de Si apresentavam Ca na sua composição (escória de silicato de cálcio, wollastonita, e termofosfato). Segundo esses dados, o termofosfato foi a fonte de Si mais efetiva sendo também de maior facilidade para compra e aplicação no mercado Brasileiro.

Tabela 4 - Efeito de doses e fontes de Si sobre as características químicas do solo cultivado com plantas de arroz irrigado em casa-de-vegetação

FONTES	Dose	SOLO			
		pH (água)	Si ---mg kg ⁻¹ ---	P	Ca mmol.dm ⁻³
Testemunha	0	4.6*	5	20	1.8
Silicato de cálcio	500	5.4 d	53 c	46 c	4.4 b
Silicato de cálcio	1000	6.0 c	106 b	47 c	5.4 a
Wollastonita	500	5.7 d	58 c	34	4.4 b
Wollastonita	1000	6.5 b	106 b	41 cd	5.9 a
Escória - Minas liga	500	5.8 c	8 d	37 d	2.1 c
Escória - Minas liga	1000	5.2 de	7 d	35 d	1.9 c
Silicato de magnésio	500	4.8 e	9 d	37 d	1.9 c
Silicato de magnésio	1000	5.1 e	11 d	45 cd	2.0 c
Termofosfato Yoorin	500	6.2 bc	107 b	345 b	4.5 b
Termofosfato Yoorin	1000	6.7 a	266 a	466 a	4.0 b

* Todos os valores foram obtidos pela média de 4 repetições; letras iguais na mesma coluna indicam que as médias não diferem significativamente entre si pelo teste LSD (0,05).

ELLIOTT, C.L. & G.H. SNYDER. 1991. Autoclave-induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. *J. Agric. Food Chem.* 39:1118-1119.

KORNDÖRFER, G.H.; N.M. COELHO; G.H. SNYDER; & C.T. MIZUTANI. 1999b. Avaliação de métodos de extração de silício para solos cultivados com arroz de sequeiro. *Rev. Bras. Ciê. Solo.* Viçosa/MG. v.23, n.1, p.101-106.

KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L.; & CORRÊA, G.F. 1999a. Influence of Silicon on Grain Discoloration and Upland Rice Growth in Four Savanna Soils of Brazil. *J. Plant Nutri.* New York. n.22, v.1, p.93-102.

KORNDÖRFER, G.H. & DATNOFF, LE. 1995. Adubação com silício: Uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. *Informações Agronômicas*, n.70, p.1-3.

MEDINA-GONZALES, O.A.; R.L. FOX; & R.P. BOSSHART. 1988. Solubility and availability to sugarcane (*Saccharum* spp.) of two silicate materials. *Fert. Res.* 16:3-13.