

EFICIÊNCIA DE FONTES DE SILÍCIO PARA A CULTURA DO ARROZ

Douglas da Silva Santos¹, Valter Antônio da Silva², Gaspar Henrique Korndörfer³,
Juliana Cristina da Silva¹

¹ Pós-graduandos em Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia
(dougysant@ig.com.br)

² Engenheiro agrônomo

³ Professor, Doutor, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de
Uberlândia, UFU, Uberlândia, MG.

RESUMO

A adubação com minerais ricos em silício (Si) resulta em vários benefícios às plantas, sendo que os principais estão relacionados à ação fertilizante e corretiva das fontes silicatadas. Portanto, é necessário analisar as fontes mais promissoras e eficientes. Visando identificar fontes eficientes quanto ao fornecimento de Si para a cultura do arroz, foi instalado um experimento em vasos, utilizando-se um Neossolo Quartzarênico órtico típico, em um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. As fontes de Si utilizadas foram Fertilisilício Máster e Fertilisilício Máster Aditivado nas doses de 200 e 400 kg ha⁻¹ de Si. A curva de resposta foi estabelecida pela aplicação de uma fonte padrão (Wollastonita), nas doses de 200, 400, 600 e 800 kg ha⁻¹ de Si. Para equilibrar os valores de pH, Ca e Mg, todos os tratamentos foram balanceados com CaCO₃ e MgCO₃. Após 180 dias da semeadura da cultivar Fany, avaliou-se a produção de matéria seca da parte aérea, produção de grãos, Si acumulado na planta e teores de Si no solo. Os teores de Si no solo aumentaram com a aplicação de doses crescentes de Wollastonita. O arroz respondeu positivamente às doses de Wollastonita aplicadas, quanto maior a dose, maior a absorção e acúmulo de Si. O arroz respondeu positivamente à aplicação das fontes Fertilisilício Máster e Fertilisilício Máster Aditivado, ambas incrementaram a produção de massa seca e de grãos se equiparando à Wollastonita e superando o tratamento testemunha.

PALAVRAS-CHAVE: Silicatos, *Oryza sativa*, adubação.

EFICIÊNCIA DE FONTES DE SILÍCIO PARA A CULTURA DO ARROZ

ABSTRACT

The fertilization with minerals rich in Silicon (Si) results in a number of benefits to plants, being that the main action are related to fertilizer and corrective silicated sources. Therefore, it is necessary to consider the most promising sources and efficient. In order to identify efficient sources regarding the provision of Si for rice cultivation, was installed an experiment in pots, using a typical Entisol Quaetzitsamment soil, a delineation in blocks with four repetitions. The fonts used

were Fertilizante Máster and Fertilizante Máster additive Compounded in doses of 200 and 400 kg ha⁻¹. The response curve was established by applying a default font (Wollastonita) in doses of 200, 400, 600 and 800 kg ha⁻¹. After 180 days from sowing of cultivating Fany, assessed the dry matter production of aboveground, grain production, Si accumulated in plant and levels of Si in the soil. The levels in soil increased with increasing doses of Wollastonita. The Rice plants responded positively to doses of Wollastonita applied, the higher the dose, the greater the absorption and accumulation of itself. the rice plant responded positively to the implementation of the sources Fertilizante Máster and Fertilizante Máster additive Compounded, both increased dry pasta production and grain if equating to Wollastonita and surpassing the treatment witness.

KEYWORDS: Silicate, *Oryza sativa*, fertilization

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um cereal cultivado e consumido em todos os continentes, destaca-se pela produção e área cultivada, desempenha papel estratégico tanto no aspecto de valor econômico quanto social e faz parte da dieta alimentar de grande parte da população mundial (WANDER et al., 2010). Estima-se que no Brasil a área cultivada seja de 2769,4 mil hectares e que a produção média nessa área seja de 4.101 Kg ha⁻¹ (CONAB, 2010).

O aumento da produção de grãos em arroz, devido ao fornecimento de silício, tem sido observado em vários trabalhos. Faria (2000) observou aumento de produtividade em arroz, independente do solo verificou aumento linear da produção de grãos quando aplicadas doses de Si de 0 a 600 kg ha⁻¹ sugerindo que doses superiores a maior dose utilizada proporcionaria produção de grãos ainda maior. A capacidade de aumentar o rendimento desta cultura se dá entre outros fatores na planta, através da diminuição da toxidez de Fe e Mn e do aumento da disponibilidade de P (JONES; HANDRECK, 1967; MA; TAKAHASHI, 1990).

Essa cultura acumula silício nas células epidérmicas, na parede celular e nos exudatos de transpiração dos órgãos sob forma de sílica coloidal; segundo Malavolta (1997) o silício é responsável por 1,16 a 1,49 % da matéria seca quando avaliados folha e colmo da planta, resultando numa extração de silício estimado na quantidade de 150 a 200 kg ha⁻¹.

Epstein (2001) citou ações benéficas do silício (Si) nas plantas, tais como: resistência ao ataque de organismos patogênicos; resistência à herbivoria de insetos fitófagos; melhor estruturação da arquitetura das plantas; redução da fitotoxidez causada por metais pesados às plantas; proteção contra efeitos de temperaturas extremas; promoção da formação de nódulos simbióticos em leguminosas; maior tolerância das plantas em ambiente salino; redução dos efeitos de estresse hídrico; efeitos em atividades enzimáticas e, em geral, composição mineral das plantas.

Dentre as fontes de silício, podemos citar os silicatos de cálcio e magnésio, que são constituídos, basicamente, de CaSiO₃ e MgSiO₃. Os silicatos devem ser comercializados na forma de pó e quanto mais finamente moídos maior sua reatividade e eficiência agrônômica (KORNDÖRFER et al., 2004). Entre os efeitos benéficos dos silicatos está a correção da acidez do solo, o fornecimento de cálcio e magnésio, além da disponibilização de silício para os vegetais.

As fontes de silício geralmente são advindas de escórias siderúrgicas, que são as fontes mais baratas e abundantes em silicatos. A solubilidade destas escórias é bastante variável, aquelas provenientes de alto forno apresentam maiores teores de silício, porém, pequena quantidade de silício solúvel. As escórias de aciaria apresentam menores teores de silício, no entanto, maior teor de silício solúvel (KORNDÖRFER et al., 2004).

Uma fonte de silício deve ser avaliada agronomicamente a partir da capacidade de disponibilizar silício que será absorvido resultando no aumento da produção da cultura.

Com o objetivo de determinar o valor agrônômico de fontes de silício avaliou-se os produtos Fertilisilício Máster (FM) e Fertilisilício Máster Aditivado (FMA) quantificando a capacidade de plantas de arroz em absorver e acumular o Si proveniente dessas fontes.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia. Utilizou-se um NEOSSOLO Quartzarênico órtico típico, cujos atributos químicos e físicos se encontram na Tabela 1 e na Tabela 2, respectivamente.

Tabela 1. Análise química da amostra de NEOSSOLO Quartzarênico órtico típico (RQo).

Solos	pH	P	Si	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	t	T	SB	m	M.O.
		-----mg dm ⁻³ -----	-----cmol _c dm ⁻³ -----				-----%-----				g kg ⁻¹	
RQo	4,4	5,6	3,3	1,00	0,20	0,10	0,39	1,40	5,20	7	71	15

Observações: P = (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N); Si = (CaCl₂); Al, Ca, Mg = (KCl 1 N); M.O. = (Walkley-Black - EMBRAPA, 1997); SB = Soma de bases / t = CTC efetiva / T = CTC a pH 7,0 / V = Sat. por Bases / m = Sat. por Al.

Tabela 2. Análise física da amostra de terra do NEOSSOLO Quartzarênico órtico típico (RQo).

Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
----- g. kg ⁻¹ -----			
626	218	1	155

Observações: Análise textural pelo Método da Pipeta (EMBRAPA, 1997).

Utilizou-se doses crescentes doses de Wollastonita (W), que é considerada fonte-padrão em estudos com Si (4,6 % Si solúvel), e fonte de silício denominada como Fertilisilício Máster (FM) (2,16 % Si solúvel) e Fertilisilício Máster Aditivado (FA) (3,6 % Si solúvel) produzidas pela empresa Íneos Silica.

Os tratamentos foram Wollastonita (200, 400, 600 e 800 kg ha⁻¹ de Si) e os produtos FM e FMA (200 e 400 kg.ha⁻¹ de Si) e mais um tratamento adicional (testemunha) como consta na Tabela 3, arranjando-se em um esquema fatorial 3 x 2 + 1, em delineamento de blocos casualizados (DBC) com 4 repetições.

Tabela 3. Tratamentos utilizados nos experimentos com arroz e respectivas quantidades de Si, Ca e Mg adicionados por vaso de 8 kg.

Fonte/Material	Dose Si	Si Total Fonte/Material	Dose Fonte/Material	Dose Fonte/Material
	Kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	g/8 kg solo
Testemunha	0	---	0	0
Wollastonita (padrão Si)	200	21	952,38	3,81
Wollastonita (padrão Si)	400	21	1904,76	7,62
Wollastonita (padrão Si)	600	21	2857,14	11,43
Wollastonita (padrão Si)	800	21	3809,52	15,24
Fertilísio Máster	200	17,8	1119,82	4,48
Fertilísio Máster	400	17,8	2239,64	8,96
Fertilísio Máster aditivado	200	15,8	1265,82	5,06
Fertilísio Máster aditivado	400	15,8	2531,65	10,13

Os materiais foram pesados e misturados aos solos através de betoneira, juntamente com o CaCO₃ e o MgCl₂ utilizados para o balanceamento dos teores de Ca e Mg. A adubação básica de Uréia (N) e Super Simples (P₂O₅) ambos na dosagem de 200 kg ha⁻¹; 300 kg ha⁻¹ de Cloreto de Potássio (KCl) e 0,1 g kg⁻¹ de um coquetel de micronutrientes contendo (9% Zn; 1,8% B; 2% Mn; 0,8% Cu; 0,1% Mo; 3% Fe). O fornecimento de N e K foi realizado metade na semeadura e outra parte após 20 dias, em cobertura.

Para a condução do experimento, os tratamentos foram aplicados em vasos contendo 8 kg de solo seco, onde permaneceu durante 15 dias incubado até a semeadura do arroz, durante esse período a umidade do solo foi mantida próxima a 80 % da capacidade de campo. Foram semeadas 20 sementes de arroz por vaso (cultivar Fanny). Depois de formada a terceira folha, os vasos foram inundados com

uma lâmina de água de aproximadamente 2-3 cm sendo que anteriormente foi realizado o desbaste para 6 plantas por vaso.

Aos 60 dias após emergência das plantas foram coletadas amostras de folhas para realizar análise do teor de Si foliar. E após 180 dias da semeadura, avaliou-se a biomassa quanto à produção de matéria seca e produção de grãos por vaso. Na parte aérea das plantas foram analisados os teores de Si. A acumulação do Si pelas plantas foi quantificada através da produção de matéria seca e teor de Si na parte aérea. A parte aérea (talo + folha) foi seca em estufa a 65°C por 72 horas e depois moída. A análise dos teores de Si na parte aérea seguiu os procedimentos descritos em (KORNDÖRFER et al., 2004). Os solos dos vasos, após o corte da matéria fresca, foram amostrados e analisados quanto aos teores de Si solúvel (KORNDÖRFER et al., 2004), pH em CaCl₂, Ca²⁺ e Mg²⁺ (EMBRAPA, 1997).

As variáveis estudadas foram analisadas pelo teste de F a 5% de probabilidade, teste de média (Scott Knott a 5%), contrastes para comparação entre as fontes de silício e análise de regressão da fonte-padrão com o auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que a aplicação de Wollastonita aumentou a disponibilidade de Si no solo (Figura 1.A), o qual foi absorvido pelo sistema radicular do arroz, e se acumulou no tecido foliar (Figura 1.B). À medida que se aumentou a dose de Wollastonita, de 200 para 800 kg ha⁻¹ de Si, aumentaram-se os teores de Si na folha do arroz (Figura 1 B), concordando com dados obtidos por Pereira et al., (2004) e Braga (2004).

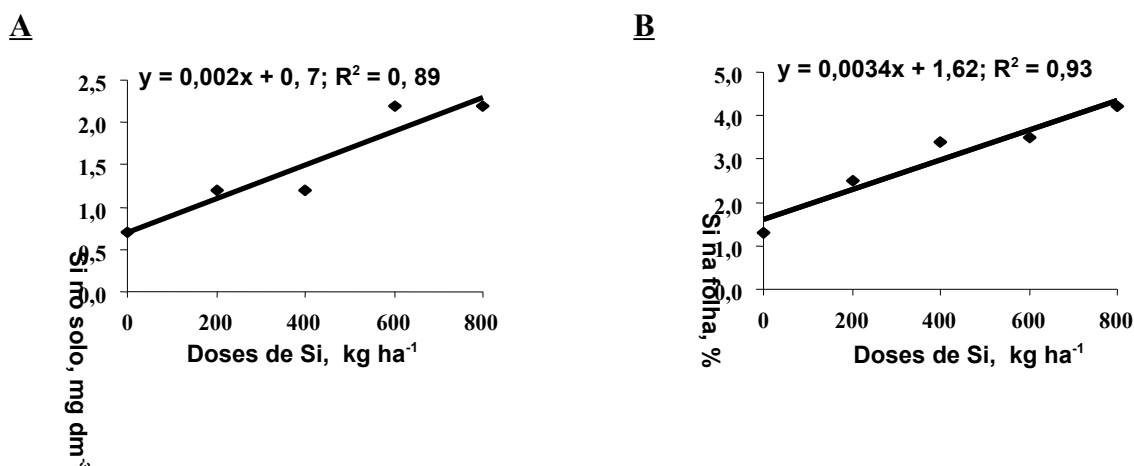


Figura 1. Teores de Si no solo (A) e Si na folha do arroz (B) coletada aos 60 dias, em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita.

Houve um aumento nos teores de massa seca da parte aérea e massa de grãos de arroz quando se aumenta a dose de wollastonita de 200 para 800 kg ha⁻¹ (Figura 2A e 2B). Segundo Malavolta et al. (1997) e Epstein (2006) o arroz foi

classificado como uma planta acumuladora de Si e a absorção desse micronutriente proporciona aumento da produção de matéria seca e produção na cultura do arroz.

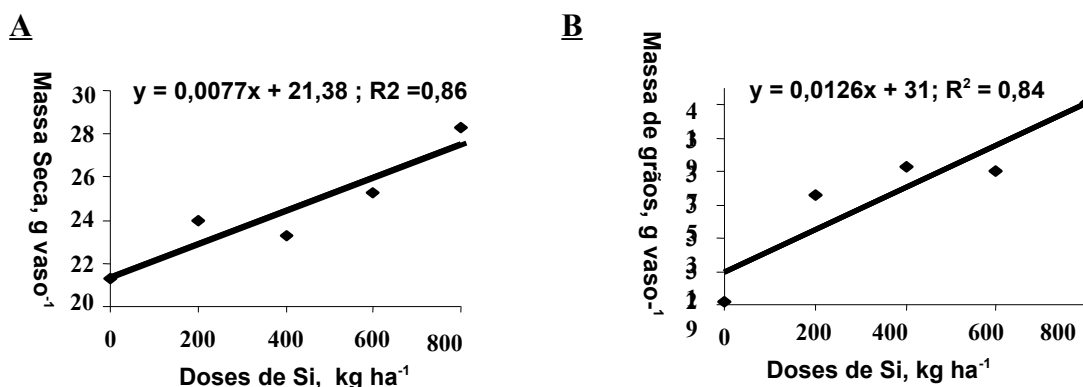


Figura 2. Produção Massa Seca (A) e Massa de Grãos (B) das plantas de arroz, em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita.

Em relação as variáveis apresentadas na Tabela 4 pode-se observar diferença significativa entre fontes e doses de silício utilizadas, somente nos teores de Si na folha e acumulado.

Os produtos testados não diferiram em relação à Wollastonita quanto à produção de matéria seca (MSPA) e de grãos de arroz (MG) (Tabela 4). Essa constatação indica serem fontes capazes de incrementarem MSPA e MG no arroz. Resultados semelhantes foram obtidos por Pereira et al., (2004) que trabalhando com diferentes fontes de Si também obtiveram aumentos significativos na produção de grãos do arroz.

Tabela 4. Resultado de Fertilísio Máster (FM), Fertilísio Máster Aditivado (FA) e Wollastonita sobre incremento de massa seca e grãos e, absorção e acúmulo de Si pelo arroz.

Dose (kg ha ⁻¹)	Fontes de Silício			Média
	FM	FA	Wollastonita	
Massa Seca Parte Aérea – MSPA (g vaso ⁻¹)				
200	25,5 ¹	22,2	24,0	23,90
400	23,7	24,2	23,3	23,73
Média	24,6	23,2	23,65	
CV(%) 10,38	F _{FORTE(F)} 0,688 ^{ns}	F _{DOSE(D)} 0,024 ^{ns}	F _{F*D} 1,259 ^{ns}	F _{BLOCO} 1,49 ^{ns}
Massa Grãos – MG (g vaso ⁻¹)				
200	31,5	30,2	35,6	32,43
400	34,0	36,2	37,3	35,83
Média	32,75	33,20	36,45	
CV(%) 13,50	F _{FORTE(F)} 1,55 ^{ns}	F _{DOSE(D)} 3,251 ^{ns}	F _{F*D} 0,475 ^{ns}	F _{BLOCO} 2,91 ^{ns}

Teor Si folha – TSi (g kg⁻¹)

200	16	20	25	20,3 b
400	21	25	34	26,7 a
Média	18,5 C	22,5 B	29,5 A	
CV(%) 13,46	F _{FORTE(F)} 10,7*	F _{DOSE(D)} 30,6*	F _{F*D} 0,35 ^{ns}	F _{BLOCO} 0,26 ^{ns}
Teor Si parte aérea (talo + folha) – TPASi (g kg ⁻¹)				
200	14	16	20	16,6 b
400	21	21	28	23,3 a
Média	17,5 B	18,5 B	24 A	
CV(%) 15,20	F _{FORTE(F)} 25,8*	F _{DOSE(D)} 27,415*	F _{F*D} 1,226 ^{ns}	F _{BLOCO} 0,20 ^{ns}
Si Acumulado – ASi (g vaso ⁻¹)				
200	0,36	0,35	0,48	0,40 b
400	0,51	0,51	0,66	0,56 a
Média	0,44 B	0,43 B	0,57 A	
CV(%) 21,24	F _{FORTE(F)} 5,16*	F _{DOSE(D)} 14,574*	F _{F*D} 0,045 ^{ns}	F _{BLOCO} 0,54 ^{ns}

1Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si (Scott Knott 5%). * e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo a 5 % pelo teste F.

O Si avaliado na folha (TSi) aos 60 dias e Si na parte aérea (TPASi) ao final do experimento mostram a superioridade da fonte Wollastonita em relação ao FA, sendo este superior ao FM. O Mesmo efeito foi notado para o Si acumulado (ASi) na parte aérea das plantas de arroz. Além disso, observa que o aumento das doses das fontes proporcionou aumento nos TSi, TPASi e ASi (Tabela 4). Souza (2007) obteve resultado semelhante detectando alteração significativa, pelo teste de F, para os teores foliares e acúmulo de Si na parte aérea do arroz com emprego de Wollastonita e outras fontes de silício.

Os maiores teores de silício na folha e parte aérea obtidos com aplicação de Wollastonita apontam para maior produção de massa seca e grãos neste tratamento, uma vez que há aumento na produção de gramíneas com aumento da disponibilidade de Si no solo e acúmulo nas folhas, segundo Elawad e Green, (1979) e Korndörfer et al., (1999). Mas a igualdade estatística sobre valores de massa seca e de grãos nos tratamentos, pode ter sido pelo fato do experimento ter sido conduzido em casa de vegetação, onde as condições eram controladas, não havendo interferência de pragas, doenças e condições climáticas.

A Wollastonita não diferiu das fontes testadas em relação ao teor de Si disponível no solo (Tabela 5). Isso pode ser explicado pela absorção deste Si, sendo detectado na análise foliar, promovendo diferença estatística no teor na parte aérea. A absorção do silício disponível no solo, proporcionando aumento no teor de Si foliar, é de acordo com Korndörfer et al., (1999) ao trabalhar com arroz relatou que esta espécie apresenta acúmulo de Si em elevada abundância, sendo considerada forte acumuladora e responsiva ao silício aplicado ao solo.

Tabela 5. Efeito de Fertilisilício Máster (FM), Fertilisilício Máster Aditivado (FA) e Wollastonita sobre os teores de Si, Ca e Mg trocáveis e pH do solo.

Dose (kg ha ⁻¹)	Fontes de Silício			Média
	FM	FA	Wollastonita	
	Si solo (mg kg ⁻¹)			
200	1,04	0,85	1,16	1,02

400	1,31		1,02		1,17		1,17
Média	1,18		0,94		1,17		
CV(%) 20,44	$F_{\text{FONTE(F)}} 2,88^{\text{ns}}$		$F_{\text{DOSE(D)}} 2,74^{\text{ns}}$		$F_{\text{F*D}} 0,68^{\text{ns}}$		$F_{\text{BLOCO}} 2,16^{\text{ns}}$
Ca solo (cmol _c dm ⁻³)							
200	2,43		2,55		2,60		2,53
400	2,93		2,43		2,68		2,68
Média	2,68		2,49		2,64		
CV(%) 16,17	$F_{\text{FONTE(F)}} 0,45^{\text{ns}}$		$F_{\text{DOSE(D)}} 0,764^{\text{ns}}$		$F_{\text{F*D}} 1,153^{\text{ns}}$		$F_{\text{BLOCO}} 0,623^{\text{ns}}$
Mg solo (cmol _c dm ⁻³)							
200	0,13		0,23		0,20		0,19
400	0,13		0,25		0,13		0,17
Média	0,13		0,24		0,17		
CV(%) 31,30	$F_{\text{FONTE(F)}} 3,2^{\text{ns}}$		$F_{\text{DOSE(D)}} 0,556^{\text{ns}}$		$F_{\text{F*D}} 1,806^{\text{ns}}$		$F_{\text{BLOCO}} 1,667^{\text{ns}}$
pH							
200	6,65		6,80		6,65		6,70
400	6,78		6,85		6,74		6,79
Média	6,71		6,82		6,69		
CV(%) 1,70	$F_{\text{FONTE(F)}} 3,54^{\text{ns}}$		$F_{\text{DOSE(D)}} 2,31^{\text{ns}}$		$F_{\text{F*D}} 0,095^{\text{ns}}$		$F_{\text{BLOCO}} 2,563^{\text{ns}}$

1Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si (Scott Knott 5%). * e ^{ns}, respectivamente, significativo e não significativo a 5 % pelo teste F.

Ocorreram poucas diferenças entre os valores de pH, Ca e Mg dos solos entre as fontes e suas doses testadas (Tabela 5). Tal resultado já era esperado, já que houve o balanceamento das bases antes da semeadura. Esse resultado é muito importante porque assegura que as diferenças observadas no comportamento agrônomo das plantas se devem exclusivamente a diferença nos teores e Si disponível, não havendo interferência do pH, Ca e Mg.

Avaliando a aplicação do teste de contraste entre médias dos tratamentos, nas combinações da Tabela 6, verifica-se a superioridade das fontes de silício em relação à testemunha (tratamento sem aplicação de silício). Nesta comparação entre médias percebe-se a superioridade na produção de massa de grãos, teor de silício foliar e silício acumulado no tratamento padrão sobre o FM e FA, sendo estes superiores a testemunha. O aumento da produção de grãos e teores de silício foliar quando aplicado fontes de silício ao solo está de acordo com Lima Filho et al., (1999) que observou que culturas acumuladoras de Si se beneficiam da aplicação deste elemento através de fontes silicatadas, principalmente em solos altamente dessilicatados, ou seja, com baixos teores de silício disponível.

Tabela 6. Contrastes para obtenção da diferença entre médias das variáveis: massa de grãos (MG), teor de silício foliar (TSi) e silício acumulado (ASi), nas combinações relacionadas.

Contrates	MG	TSi	ASi
Wollastonita vs. Testemunha	2,08**	1,78**	0,50**
FM vs. Testemunha	0,52*	0,53*	0,17*
FA vs. Testemunha	0,95**	0,60*	0,16*
FM vs. Wollastonita	-1,12**	-0,64**	-0,13*
FA vs. Wollastonita	-0,70**	-0,57**	-0,14*

** e * Significativo a 1 e 5% e não significativo, respectivamente.

CONCLUSÕES

As fontes Fertilífcio Máster e Fertilífcio Máster Aditivado:

- Incrementaram os teores de Si no solo;
- Aumentaram o fornecimento de Si para as plantas;
- Aumentaram a produção de grãos e de matéria seca do arroz

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAGA, A. M. C. **Eficiência de fontes e doses de fertilizantes contendo silício na adubação do arroz inundado e do sorgo**. 2004. 123f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Safra 2009/10, sétimo levantamento, abril/2010. 2010. 45p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb>>. Acesso em: 11 nov. 2010.

ELAWAD, S.H.; GREEN Jr., V.E. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. **Revista IL Riso**, [S.l.], v. 28, p.235 – 253, 1979.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília: Embrapa-CNPQ, 1997. 212p.

EPSTEIN, E. Silicon in plants: Facts vs. concepts. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (ed.). **Silicon in Agriculture**. New York: Elsevier Science, 2001. p.1-15.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e Perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 403p.

FARIA, R. **Efeito da acumulação de silício e a tolerância das plantas de arroz do sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 2000. 125f. Dissertação (Mestrado em Solos). Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2000.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 349-386.

JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A. Silica in soils, plants, and animals. **Advances in Agronomy**. San Diego, n.19, p.107-149. 1967.

KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H.S.; NOLLA, A. **Análise de silício no solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: UFU, 2004. 50 p. (Boletim técnico, v.2).

KORNDÖRFER, G.H.; Effect of Silicon on yield. In: **Silicon in Agriculture Conference**. Forth Lauderdale, Sept 26-30, 1999. p.5.

LIMA FILHO, O. F.; LIMA, M. T. G.; TSAI, S. M. **O silício na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. 7.p. (Encarte técnico. Informações Agronômicas, nº 87).

MA, J.F.; TAKAHASHI, E. New aspects of silicon nutrition in rice plants. In **XIV International Congress of Soil Science**. Kyoto, Japan, v.4, p.158-163,1990.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

PEREIRA, H.S.; KONDÖRFER, G.H.; VIDAL, A.A.; CAMARGO, M.S. Fontes de silício para a cultura do arroz. **Scientia Agricola**, Piracicaba v.16, n. 5, p. 522-528, 2004.

SOUZA, R. T. X. **Reatividade de escórias e wollastonita avaliadas através de métodos biológicos**. 2007. 29f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

WANDER, A. E.; SILVA, O. F.; FERREIRA, C. M. A. **Arroz: Importância econômica e social**. 2010. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fe7457q102wx5eo07qw4xeynhsp7i.html>>. Acesso em: 11 nov. 2010.