

DESEMPENHO DO ARROZ IRRIGADO, CULTIVADO EM PLANOSSOLO HÁPLICO DO LITORAL SUL DO RS, EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COMPLEMENTAR COM ENXOFRE

Algenor da S. Gomes⁽¹⁾, Walkyria Bueno Scivittaro⁽¹⁾, Luís Henrique G. Ferreira⁽²⁾, Raphael S. Dutra Pereira⁽³⁾, Antoniony S. Winkler⁽⁴⁾, Cleber Chiarelo⁽⁵⁾, Daniel C. O. Ribeiro⁽⁶⁾
⁽¹⁾Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Cx. P. 403, CEP 96001-970, Pelotas, RS. E-mail: algenor@cpact.embrapa.br. ⁽²⁾Pesquisador visitante - Convênio Petrobrás/Embrapa/Fapeg. ⁽³⁾Eng. Agr. - Convênio Petrobrás/Embrapa/Fapeg. ⁽⁴⁾Estagiário da Embrapa Clima Temperado, UFPel/FEA. ⁽⁵⁾Estagiário da Embrapa Clima Temperado, UFPel/FAEM. ⁽⁶⁾Estagiário da Embrapa Clima Temperado, Escola Técnica Lauro Ribeiro.

Há alguns anos as recomendações técnicas de pesquisa para a cultura do arroz irrigado, para o Sul do Brasil (RS e SC), vêm privilegiando a indicação de fertilizantes com altas concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em sua composição, como a uréia, o superfosfato triplo e o cloreto de potássio, levando à exclusão, em sua composição, de outros nutrientes como o enxofre (S). Ademais, vêm sendo introduzidas nas lavouras de arroz irrigado do Sul do Brasil cultivares com potenciais produtivos cada vez mais elevados, aumentando a extração de nutrientes pela cultura. Tais ações, em conjunto, podem estar concorrendo para agravar a relação demanda:suprimento de enxofre para o arroz irrigado, notadamente em solos com textura arenosa a franco arenosa e com baixos teores de matéria orgânica.

O enxofre, assim como os demais macronutrientes primários e secundários é requerido em quantidades elevadas por culturas anuais, como arroz e o feijão, e perenes, como o café e os citros. As necessidades de enxofre são menores que as de N, K e Ca, sendo, porém da mesma ordem de grandeza que as de P e Mg. Como ocorre com qualquer nutriente, a produtividade e a qualidade do produto podem ser limitadas pela deficiência de S no solo, mesmo que os demais nutrientes estejam em abundância – Lei do Mínimo (PRATES et al., 2006).

A importância do S na nutrição do arroz está associada à síntese dos aminoácidos cistina, cisteína e metionina e, conseqüentemente, à síntese de proteínas. Estas representam, aproximadamente, 90% do S orgânico na planta. Ademais, o nutriente é componente da molécula de acetil-CoA, influenciando o metabolismo energético das gorduras e carboidratos. Também é componente da ferredoxina, molécula transferidora de elétrons envolvida na fotossíntese, atua na fixação de N₂ atmosférico e na redução de compostos oxidados, como o nitrato (DJKSHOORN & van WIJK, 1967, citados por LEFROY et al., 2007; VITTI & NOVAES, 1986 e PRATES et al., 2006).

Assim como o S, o N também é um dos principais componentes da molécula dos aminoácidos. Desta forma, salienta Santos (1997), a existência de um equilíbrio entre as quantidades desses nutrientes, tanto no solo como na planta se refletirá no crescimento e no estado nutricional do vegetal. Segundo Prates et al. (2006), a relação de equilíbrio entre o N e o S nas folhas das plantas, geralmente varia entre 10:1 a 15:1, sendo indicadora de uma nutrição adequada. Assim, de acordo com Djkshoorn & van Wijk, (1967), citados por Lefroy et al. (2007), o requerimento de S pelo arroz varia de acordo com o suprimento de nitrogênio. Quando o enxofre é limitante, adições de nitrogênio não alteram a produtividade ou o conteúdo de proteína na planta de arroz.

A presença de enxofre na forma de sulfeto (H₂S) na solução do solo, dependendo da concentração, pode causar toxidez às plantas de arroz irrigado. Todavia, a redução do sulfato (SO₄²⁻) a sulfeto em solos alagados sucede a redução do Fe³⁺ a Fe²⁺. Além do que, em solos com altos teores de ferro, a maior parte do sulfeto formado pode ser precipitada como FeS, reduzindo os teores de H₂S na solução do solo. Assim, solos que produzem altos teores de Fe²⁺ durante o alagamento não apresentam problemas de toxidez por H₂S na solução do solo (SANES et al., 2005). Pelas mesmas razões, a adição de S ao solo na

forma de sulfato reduz os teores de ferro em solução (GAO et al., 2004, citados por SANES et al., 2005), o que poderia também minimizar os efeitos da toxidez por ferro ao arroz irrigado.

Em função do exposto foi realizado este trabalho objetivando avaliar a resposta do arroz irrigado à aplicação de adubação complementar com enxofre, em um solo de várzea, bem como determinar as concentrações de N e S e a relação destes nutrientes na folha-bandeira do arroz irrigado.

O experimento foi conduzido na safra 2006/07, na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, localizada em Capão do Leão, RS. O solo utilizado foi um Planossolo Háplico (Unidade de mapeamento Pelotas), com os seguintes atributos físico-químicos: $\text{pH}_{(\text{água})}$ - 5,6; $\text{pH}_{(\text{SMP})}$ - 6,3; M.O. - $12,0 \text{ g dm}^{-3}$; P - $7,5 \text{ mg dm}^{-3}$; K - 25 mg dm^{-3} ; Ca - $2,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg - $1,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al - $0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; S - $21,2 \text{ mg dm}^{-3}$ [Extrator - Ca (H_2PO_4)₂, 500 mg dm^{-3}]; argila - 150 g dm^{-3} . Os tratamentos corresponderam a seis doses de S: T1 - 0 (testemunha - sem S); T2 - $5,0 \text{ kg ha}^{-1}$; T3 - 10 kg ha^{-1} ; T4 - 20 kg ha^{-1} ; T5 - 40 kg ha^{-1} e T6 - 80 kg ha^{-1} . Estes foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, tendo cada unidade experimental uma área de 10 m^2 (2 m x 5 m).

O S, na forma elementar, foi aplicado a lanço e incorporado juntamente com a adubação de pré-plantio (35 kg ha^{-1} de P_2O_5 , como superfosfato triplo, e 70 kg ha^{-1} de K_2O , como cloreto de potássio), sete dias antes da semeadura. Em cobertura, foram aplicados $90 \text{ kg de N ha}^{-1}$, como uréia, em duas épocas: metade no início do perfilhamento, imediatamente antes da submersão do solo, e a outra metade na diferenciação da panícula. Utilizou-se a cultivar BRS Querência, a qual foi semeada em 23/11/2006, em sistema de cultivo mínimo, utilizando-se o espaçamento entre linhas de 17 cm e 120 kg ha^{-1} de sementes, visando à obtenção de uma população inicial de 200 a 300 plantas m^{-2} . As demais práticas culturais utilizadas seguiram as recomendações para a cultura descritas em Sosbai (2005).

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados pelas variáveis: rendimento de grãos de arroz e seus componentes e teor de N e de S e sua relação na folha-bandeira do arroz, nos estádios de desenvolvimento das plantas de R6 a R7 (grãos leitoso a pastoso). O teor de enxofre na planta foi determinado por turbidimetria do sulfato de bário (MALAVOLTA et al., 1997). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão polinomial.

A partir da análise dos valores obtidos para rendimento de grãos e seus componentes, descritos na Tabela 1, observa-se que não houve efeito da dose de enxofre sobre as variáveis consideradas. A ausência de resposta do arroz irrigado à aplicação de S deve estar associada ao teor médio deste nutriente existente no solo quando da implantação do experimento que era de $21,2 \text{ mg dm}^{-3}$. Este valor é bem maior que o valor crítico de 10 mg dm^{-3} considerado para as culturas mais exigentes no nutriente (COMISSÃO, 2004) e que os teores críticos de $9,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e 12 mg dm^{-3} determinados para o arroz irrigado, respectivamente, no Rio Grande do Sul (CARMONA et al., 2005) e na Colômbia (MEDINA, 2003).

De outro modo, considerando-se, por exemplo, os valores médios absolutos de rendimento de grãos de arroz apresentados na Tabela 1, observa-se que a aplicação de 80 kg ha^{-1} de S proporcionou resultado semelhante ao da testemunha, com omissão de S, e que, quando foram aplicados 20 e 40 kg ha^{-1} de S, obteve-se, respectivamente, acréscimos de dois e quatro sacos de arroz por hectare, relativamente à testemunha. Estes resultados diferem daqueles obtidos por Carmona et al. (2005), segundo os quais, a aplicação de mais de 10 kg ha^{-1} de S, em solos com teores deste nutriente variando entre 9,4 a 19 mg dm^{-3} , proporcionou resposta negativa em rendimento de grãos para a cultura. Esta diferença pode estar associada à precipitação do S como FeS , visto que o solo, em que foi realizado o presente trabalho normalmente apresenta teores elevados de Fe^{+2} em solução, quando inundado (SANES et al., 2005). Esta condição reduziria a concentração de H_2S e do Fe^{+2}

na solução do solo e, conseqüentemente, suas possíveis ações tóxicas às plantas de arroz irrigado.

Tabela 1. Rendimento de grãos de arroz irrigado e seus componentes, em função de doses de enxofre aplicadas no solo. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. 2007.

Dose de S	Panicula área ⁻¹	Espiguetas panicula ⁻¹	Peso de mil Grãos	Esterilidade	Rendimento
kg ha ⁻¹	n.º m ²	n.º	g	%	t ha ⁻¹
0	420	154	23,8	18,7	8,3
5	483	161	24,1	20,2	8,1
10	505	159	24,3	18,9	8,2
20	474	151	24,2	17,3	8,4
40	448	157	24,3	18,1	8,5
80	458	169	24,2	17,9	8,3
Média	465	160	24	18,5	8,3
F regr. linear	0,76 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,83 ^{ns}
F regr. quadr.	0,60 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,64 ^{ns}

Também os teores de N e S na folha-bandeita do arroz não variaram com a dose de enxofre aplicada (Tabela 2). Para o N, os teores médios, foram superiores ao nível crítico estabelecido para a cultura, que é menor que 2,0%, ou, ainda, próximos ao limite inferior da faixa de suficiência (2,2 a 3,0%), considerando-se a folha-bandeira (IRRI, 2003). Do mesmo modo, os teores de S observados foram próximos àqueles descritos na literatura internacional, que variam, segundo resultados obtidos por Yoshida & Chaudhry (1979), em solução nutritiva, de 0,03% a 0,19% na folha-bandeira do arroz, na fase de maturação. Por outro lado, os resultados obtidos por Sanes et al. (2005), de 0,93% a 0,98%, em experimento conduzido em casa de vegetação, no Rio Grande do Sul, foram superiores aos obtidos neste trabalho. Vale ressaltar, porém, que estes autores realizaram a avaliação das plantas, aos 30 dias após a emergência.

Os valores de N e S na planta, determinados neste trabalho, proporcionaram variações na relação N:S de 18,3:1 a 24,7:1, não sendo influenciados pela dose de S (Tabela 2). Estas relações podem ser consideradas semelhantes àquelas obtidas por Yoshida & Chaudhry (1979), cujo valor médio observado foi de 18,3:1, com variações de 3 a 5:1, nas maiores doses de S utilizadas em solução nutritiva (10 e 100 ppm) e na menor dose de N (20 ppm). Já as maiores relações observadas pelos autores variaram entre 31:1 e 33:1 na menor dose de S (0,1 ppm), quando foram utilizadas, respectivamente, a menor e a maior dose de N (20 e 80 ppm). Neste trabalho o S foi determinado pelo método do Azul de Metileno (MB), após oxidação com NaOBr.

Tabela 2. Teores de N e S e suas relações na folha-bandeira do arroz irrigado, em função de doses de enxofre aplicadas no solo. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. 2007.

Nutriente	Dose de S (kg ha ⁻¹)						Média
	0	5	10	20	40	80	
N	2,43	2,22	2,17	2,22	2,01	2,05	2,18
S	0,11	0,09	0,09	0,09	0,11	0,09	0,10
Rel. N:S	22,1:1	24,7:1	24,1:1	24,7:1	18,3:1	22,8:1	21,8:1
Regressão aj. para N: $\hat{Y} =$ Média = 2,18%; F = 2,9 ^{ns} ; CV% = 13,6							
Regressão aj. para S: $\hat{Y} =$ Média = 0,10%; F = 0,01 ^{ns} ; CV% = 20,9							

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, nas condições de solo e clima em que o mesmo foi conduzido, pode-se concluir que:

- a) a adubação complementar com enxofre não contribui para aumentar o rendimento de grãos de arroz e nem interfere no desempenho de seus componentes;
- b) não há efeito fitotóxicos do enxofre sobre as plantas de arroz irrigado, mesmo quando utilizado 80 kg ha⁻¹ de S elementar;
- c) os teores de S na folha-bandeira do arroz se mostraram semelhantes aos normalmente mencionadas na literatura internacional, o que contribuiu para que as relações N:S observadas também sejam próximas às reportadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARMONA, F. de C.; PULVER, E.; CARMONA, L. de C.; DOTTO, G.M.; ANGHINONI, I. Necessidade de enxofre para o arroz irrigado em solos da depressão Central do RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005. **Anais**. Santa Maria: Editora Orium, 2005, p. 440-442.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E DE FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: Núcleo Regional Sul/SBCS, 2004. 400 p.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE – IRRI. **Nitrogen deficiency**, 2003. 9 p. Disponível em: [http://www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope48/chapter11.html](http://www.knowledgebank.irri.org/riceDoctor_MX/Fact_Sheets/Deficiencies>Toxicities/Nitrogen_Deficiency.htm. Acessado em 16 de jun. de 2007.</p><p>LEFROY, R.; MAMARIL, C.P.; BLAIR, G.J.; GONZALES, P.J. Sulphur cycling in rice wetlands. In: HOWHARTH, R.W.; STEWART, J.W.B.; IVANOV, M.V. (Ed.). Sulphur cycling on the continents - wetlands, terrestrial ecosystems and associated water bodies. Scope 48. 1992. p. 23. Disponível em: <a href=). Acessado em 17 de abr. 2007.
- MALAVALTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MEDINA, A.C. Mejore los rendimientos y la calidad del arroz aplicando azufre. *Revista arroz*, v. 51, p. 56-58, 2003.
- PRATES, H.S.; LAVRES Jr., J. MORAES, M.F. de. **O enxofre como nutriente e agente de defesa contra pragas e doenças**. Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, São Paulo, SP (Informativo Agrônomo n. 115 – setembro de 2006).
- SANES, F.S.M.; SOUSA, R.O.; SCHMIDT, F.; WOLTER, R.C.D. Crescimento do arroz e nutrição por ferro e enxofre em função de adubação com sulfato. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005. **Anais**. Santa Maria: Editora Orium, 2005, p. 389-391.
- SANTOS, A.R. dos. **Diagnose nutricional e resposta do capim braquiária submetido a doses de nitrogênio e enxofre**. 1997. 115f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria: SOSBAI, 2005. 159 p.
- VITTI, G.C.; NOVAES, N.J. Adubação com enxofre. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1., Nova Dessa, 1985. **Anais**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 191-231.
- YOSHIDA, S.; CHAUDHRY, M.R. Sulfur nutrition of rice. **Soil Science Plant Nutrition**, v.25, n.1, p. 121-134, 1979.