

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E DE RENDIMENTO EM ARROZ IRRIGADO CULTIVADO SOB DIFERENTES FONTES DE ENXOFRE

Gilberto Troyjack Junior¹; Bruna Evelyn Paschoal Silva²; Cleiton Brandão³; Stefânia Nunes Pires⁴; Roberta Jeske Kunde⁵; Caroline Hernke Thiel⁶; Victória Novo Schmitz⁷; Gabriele Espinel⁸; Filipe Carlos Selau⁹, Sidnei Deuner¹⁰

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., nutrição, clorofila, produtividade.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma espécie anual pertencente à família Poaceae, sendo um dos alimentos de maior importância para a nutrição humana, considerado como base alimentar de aproximadamente três bilhões de pessoas e, representa 29% do total de grãos utilizados na alimentação. Além disso, a nível mundial, tem o segundo maior volume de produção em grãos, ocupando uma área de aproximadamente 161 milhões de hectares e produção de 756 milhões de toneladas de grãos (SOSBAI, 2016).

O Brasil é o nono maior produtor mundial de arroz, correspondendo a uma produção média de 11 milhões de toneladas do grão, sob os sistemas de cultivo irrigado e sequeiro (SOSBAI, 2016). O Rio Grande do Sul (RS) se destaca como o maior produtor nacional, responsável por aproximadamente 78% de toda produção de arroz no país (CONAB, 2019), sendo uma das principais atividades econômicas do estado (ALMEIDA et al., 2011). Embora o RS apresente posição de destaque no cenário nacional, um aumento na produtividade é sempre desejável. A disponibilidade de nutrientes para as plantas afeta diretamente o rendimento da cultura, neste sentido, solos afastados de regiões industriais, com baixos teores de matéria orgânica, argila e intensivamente cultivados com arroz irrigado, são potencialmente susceptíveis à deficiência de enxofre, onde o valor crítico para a cultura é inferior a 10 mg L⁻¹ (SOSBAI, 2016). O enxofre é um macronutriente essencial para as plantas, constituinte dos aminoácidos metionina, cistina e cisteína. Além disso, desempenha funções estruturais e enzimáticas, atuando indiretamente na formação da clorofila e no metabolismo do nitrogênio (SFREDO; LANTMANN, 2007).

Com base na importância deste nutriente para a cultura do arroz, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de diferentes fontes de enxofre no índice de clorofila, balanço de nitrogênio e componentes de rendimento do cultivar IRGA 424RI.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Botânica, Instituto de Biologia da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), no município do Capão do Leão - RS. Sementes de arroz do cultivar IRGA 424RI, foram semeadas em vasos com capacidade para seis litros preenchidos com solo, mantendo-se, após a emergência, três plantas por vaso. O solo utilizado foi um Neossolo quartzarênico, caracterizado pelo baixo teor de matéria

¹ Biólogo, Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal - Departamento de Botânica, Instituto de Biologia - UFPEL, Campus Capão do Leão - RS. CEP: 96010-900, Brasil, juniortroyjack96@gmail.com

² Bióloga, Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal - UFPEL, brunabiologia89@hotmail.com

³ Engenheiro Agrônomo, Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal - UFPEL, brandaocleiton@yahoo.com.br

⁴ Engenheira Agrônoma, Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal - UFPEL, stefanianunespires@gmail.com

⁵ Graduanda em Agronomia, UFPEL, roberta_kunde@hotmail.com

⁶ Engenheira Agrônoma, Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal - UFPEL, carol_thiel24@hotmail.com

⁷ Graduanda em Agronomia, UFPEL, victorianschmitz@gmail.com

⁸ Engenheira Agrônoma, Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal - UFPEL, gabriele.esp@gmail.com

⁹ Engenheiro Agrônomo, Professor no Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água - FAEM - UFPEL, filipeselauCarlos@hotmail.com

¹⁰ Engenheiro Agrônomo, Professor no Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal - UFPEL, sdeuner@yahoo.com.br

orgânica (M.O.) e enxofre (S), conforme análise prévia quanto aos atributos químicos: pH em água: 4,4; índice SMP: 6,7; M.O.: 0,58 %; P: 17,1 mg L⁻¹; K: 31 mg L⁻¹; S: 6,75 mg L⁻¹; Ca²⁺: 0,074 cmol_c L⁻¹; Mg²⁺: 0,16 cmol_c L⁻¹; Al³⁺: 0,38 cmol_c L⁻¹ e, H+Al: 1,88 cmol_c L⁻¹. A adubação de base foi realizada antes da semeadura, conforme as recomendações técnicas para a cultura (SOSBAI, 2016).

Os tratamentos estabelecidos foram: T₁- Controle (calagem, P e K na base e N em cobertura); T₂- Gesso agrícola (gesso, P e K na base e N na cobertura); T₃- YaraVera® (calagem, P e K na base e YaraVera® na cobertura); T₄- Ureia + Enxofre (calagem, P e K na base e formulado ureia + enxofre na cobertura); T₅- Enxofre elementar (calagem, P, K e S elementar na base e N em cobertura); e T₆- Sem calagem (P e K na base e N em cobertura). As doses de enxofre adicionadas aos tratamentos correspondem a 30 Kg ha⁻¹.

Para a calagem foi utilizado o calcário dolomítico tipo “filler” e como fonte de fósforo, potássio e nitrogênio, o superfosfato triplo, o cloreto de potássio e a ureia, respectivamente. No tratamento T₃, para suprir a demanda de nitrogênio e acrescentar enxofre, foi utilizado o produto YaraVera® (40% de N e 5,6% de S) e para o T₄, utilizou-se o formulado ureia + enxofre (40% de N e 5% de S). As adubações de cobertura foram realizadas em três épocas, antecedendo uma semana das análises fisiológicas descritas abaixo.

Aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (DAS), foi mensurado o índice de clorofila (Chl) e índice de balanço de nitrogênio (NBI), na quarta folha completamente expandida de oito plantas por tratamento, com auxílio do clorofilômetro (modelo Dualex FORCE-A, Orsay, France). Os componentes de rendimento de grãos, peso de mil grãos (PMG), grãos por vaso, grãos por panícula, esterilidade e grãos cheios foram determinados conforme SOSBAI (2016), onde cada vaso com três plantas foi considerado uma repetição.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com oito repetições por tratamento. Os dados obtidos foram analisados quanto à homocedasticidade e à normalidade, e atendendo aos pressupostos, procedeu-se a análise da variância (ANOVA). Constatando-se significância estatística, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o software Rbio (BHERING, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de clorofila (Chl) das plantas de arroz, cv. IRGA 424RI, não diferiu significativamente entre os tratamentos aos 30 dias após a semeadura (DAS), porém, o índice de balanço de nitrogênio (NBI) foi superior ao controle (sem enxofre) no tratamento T₄. Já aos 60 DAS os maiores índices de clorofila foram observados nos tratamentos T₂ e T₃, enquanto que para o NBI o maior valor foi obtido no tratamento T₂. Aos 90 DAS os melhores índices foram obtidos no tratamento T₂, com aplicação do gesso agrícola (Tabela 1).

Tabela 1. Índice de clorofila (Chl) e balanço de nitrogênio (NBI), aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (DAS) em arroz irrigado cultivado com diferentes fontes de enxofre.

Tratamentos	30 dias		60 dias		90 dias	
	Chl	NBI	Chl	NBI	Chl	NBI
T ₁ - Controle	25,5 ^{ns}	16,0 b	20,7 ab	12,8 ab	33,7 bc	22,4 b
T ₂ - Gesso agrícola	28,0 ^{ns}	18,7 ab	23,2 a	14,3 a	39,2 a	26,2 a
T ₃ - YaraVera®	27,6 ^{ns}	18,5 ab	23,1 a	14,0 ab	32,3 cd	20,0 c
T ₄ - Ureia + Enxofre	28,5 ^{ns}	19,5 a	20,4 b	12,5 b	33,8 b	22,2 b
T ₅ - Enxofre elementar	27,4 ^{ns}	18,0 ab	21,1 ab	13,1 ab	32,4 bcd	20,6 bc
T ₆ - Sem calagem	27,8 ^{ns}	18,2 ab	21,6 ab	13,5 ab	31,3 d	18,9 c
Média	27,5	18,1	21,7	13,4	33,8	21,7
CV %	8,2	9,9	8,1	8,1	2,9	5,8

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05). ns= não significativo. CV: coeficiente de

A análise não destrutiva do índice de clorofila e de balanço de nitrogênio possibilita estimar o estado nutricional das plantas. As clorofilas possuem uma correlação positiva com o nitrogênio e o enxofre. Estes nutrientes apresentam importância no crescimento e desenvolvimento das plantas, principalmente por participarem da constituição protéica. Com o uso de formulados de adubos concentrados com baixo teor de enxofre e uso intensivo dos solos, visando altas produtividades e, portanto, com maior extração de enxofre do solo, as respostas à adubação com esse nutriente tendem a aumentar (FIORINI et al., 2017). Assim, o suprimento adequado de enxofre às plantas pode aumentar a utilização do nitrogênio na síntese protéica (Rubisco) aumentando, por conseguinte, o índice fotossintético das folhas e a produção.

Quanto à avaliação dos componentes de rendimento de grãos, as variáveis grãos cheios, grãos por vaso, grãos por panícula e peso de mil grãos, não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2). Entretanto, houve diferença significativa na esterilidade de espiguetas, onde, a maior porcentagem foi observada no tratamento T₅, pela aplicação do enxofre elementar na base (semeadura) e a menor esterilidade foi observada no tratamento T₄, aplicação do formulado ureia + enxofre em cobertura.

Tabela 2. Componentes de rendimento do cultivar IRGA 424 RI cultivado com diferentes fontes de enxofre.

Tratamentos	Grãos cheios	Esterilidade (%)	Grãos vaso ⁻¹	Grãos panícula ⁻¹	PMG (g)
T ₁ - Controle	1.657 ^{ns}	16 ab	1.994 ^{ns}	69 ^{ns}	22,5 ^{ns}
T ₂ - Gesso agrícola	1.827 ^{ns}	15 ab	2.160 ^{ns}	73 ^{ns}	23,4 ^{ns}
T ₃ - YaraVera®	1.739 ^{ns}	15 ab	2.056 ^{ns}	71 ^{ns}	23,5 ^{ns}
T ₄ - Ureia + Enxofre	1.874 ^{ns}	14 b	2.190 ^{ns}	75 ^{ns}	23,0 ^{ns}
T ₅ - Enxofre elementar	1.720 ^{ns}	18 a	2.112 ^{ns}	69 ^{ns}	23,2 ^{ns}
T ₆ - Sem calagem	1.820 ^{ns}	16 ab	2.190 ^{ns}	72 ^{ns}	22,3 ^{ns}
CV (%)	16,01	24,08	16,98	10,89	3,32

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ns= não significativo. CV: coeficiente de variação. PMG: peso de mil grãos.

O enxofre e o nitrogênio dentro das plantas estão extremamente relacionados, pois são constituintes das proteínas. Na deficiência de enxofre ocorrerá um acúmulo de nitrogênio não aproveitado (nitrogênio não protéico) e na deficiência de nitrogênio uma parte do enxofre absorvido pela planta não será utilizado para formação de alguns aminoácidos, resultando em uma redução na formação de proteínas, promovendo perdas de produtividade (MARSCHNER, 2012). O aumento da esterilidade de espiguetas observado no tratamento com enxofre elementar (T₅) pode estar associado à condição de cultivo do arroz, onde, no estágio V₃ foi aplicada a lâmina de água e, a aeração do solo possui grande influência na oxidação do enxofre elementar, principalmente pela grande maioria dos microrganismos envolvidos no processo de oxidação ser aeróbicos obrigatórios, assim, o processo de alagamento do solo pode ter causado menor disponibilidade de enxofre no ambiente de cultivo, entretanto são necessário mais estudos para sustentar o mecanismo fisiológico proposto.

CONCLUSÃO

As diferentes fontes de enxofre e sua suplementação alteram o índice de clorofila e balanço de nitrogênio em plantas de arroz irrigado cv. IRGA 424RI. Há também efeito sobre a esterilidade de espiguetas pelo uso do enxofre elementar.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte

financeiro ao desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLAH, F. B.; GOFFART, J. P. **Potential indicators based on leaf flavonoids content for the evaluation of potato crop nitrogen status.** in: 11th ICPA Indianapolis Mi USA: pp. 1-18 (Mx) 2012.
- ALMEIDA, A. S.; CARVALHO, I.; DEUNER, C.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F. A. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, p. 501-510, 2011.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Perspectivas para a agropecuária, safra 2018/2019. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 10 fev. 2019.
- FIORINI, I.V.A.; PINHO, R.G.V.; PEREIRA, H.D.; PIRES, L.P.M.; FIORINI, F.V.A.; RESENDE, E.L. Acúmulo de matéria seca, clorofila e enxofre foliar em milho adubado com diferentes fontes de enxofre. **Journal of bioenergy and food science**. v. 4, n. 1, p. 1-11, 2017.
- GIORDANO, M.; PEZZONI, V.; HELL, R. Strategies for the allocation of the resources under sulfur limitation in the green alga *Dunaliella salina*. **Plant Physiology**, v. 124, p. 857-864, 2000.
- MARSCHNER, P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3. ed. Amsterdam, Netherlands: Elsevier/Academic Press, 2012. 688 p.
- PROSSER, I. A.; PURVES, J. V.; SAKER, L. R.; CLARKSON, D. T. Rapid disruption of nitrogen metabolism and nitrate transport in spinach plants deprived of sulphate. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, p. 113-121, 2001.
- RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E. Avaliação dos teores de clorofila no crescimento de mudas de Jequitibá-Rosa (*Cariniana legalis*). 2004. EMBRAPA Florestas. **Comunicado Técnico 128**, 4p.
- SFREDO, G. J.; LANTMANN, A. F. Enxofre nutriente necessário para maiores rendimentos da soja. 2007. **Circular técnica 53**, 6 p.
- SOSBAI. Sociedade sul-brasileira de arroz irrigado. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Bento Gonçalves-RS, 2016. 200 p. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/lista/552/outras-publicacoes>>. Acesso em: 19 mai. 2019.
- THOMAS, S. G.; BILSBORROW, P. E.; HOCKING, T. J.; BENNETT, J. Effect of sulphur deficiency on the growth and metabolism of sugar beet (*Beta vulgaris* cv Druid). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 2057-2062, 2000.
- WOOD, C. W.; REEVES, D. W.; HIMELRICK, D. G. Relationships between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status, and crop yield: a review. **Proceedings Agronomy Society**. n. 23, p. 1-9, 1993.