

# EFICIÊNCIA DE USO DE FÓSFORO POR GENÓTIPOS DE ARROZ IRRIGADO

Nand Kumar Fageria<sup>1</sup>; Alberto Baêta dos Santos<sup>2</sup>; Luis Fernando Stone<sup>3</sup>

Palavras-chave: matéria seca da parte aérea, número de panículas, produtividade, solo de várzea,

## INTRODUÇÃO

O arroz é considerado o produto de maior importância econômica em muitos países em desenvolvimento. Cultivado e consumido em todos os continentes, o arroz se destaca pela produção e área de cultivo, desempenhando papel estratégico, tanto em nível econômico quanto social para os povos das nações mais populosas da Ásia, África e América Latina. No Brasil, o arroz é consumido por todas as camadas sociais da população, juntamente com o feijão. O arroz irrigado contribui com 78% da produção brasileira (FAGERIA et al., 2011). No Brasil, existem cerca de 35 milhões de hectares de várzeas. O arroz é a principal cultura nesses solos na estação chuvosa. Na região tropical, na época seca, podem ser plantadas outras culturas, como soja, feijão e milho, empregando-se subirrigação. A fertilidade dos solos de várzea é reduzida significativamente com cultivos intensivos (FAGERIA, 2009). A maioria dos solos de várzeas é ácida e possuem alto teor de Fe e Al que são responsáveis pela fixação de P (FAGERIA, 2009). O alagamento do solo pode resultar num aumento da disponibilidade do P, em virtude da redução do Fe e do aumento da solubilidade dos compostos com P. No estudo de Hernández & Meurer (2000), os teores de P disponível extraídos por Bray-1 aumentaram com o alagamento e, após a secagem dos solos, diminuíram para valores similares aos iniciais. Em vários estudos (FAGERIA & SANTOS, 2002; FAGERIA, 2009; ROTILI et al., 2010; FAGERIA et al., 2011), foram obtidas diferenças significativas entre genótipos de arroz irrigado no uso de P. Com isso, o uso de calagem e adubação fosfatada juntamente com o uso de genótipos mais eficientes no uso de P compreende uma estratégia importante para aumentar a produtividade e reduzir o custo da produção. O objetivo deste estudo foi de avaliar a eficiência de uso de P por genótipos de arroz irrigado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Embrapa Arroz e Feijão em vasos plásticos com capacidade de 6 kg de solo classificado como Gleissolo Háptico Ta distrófico de várzea, com as seguintes características químicas e granulométricas: pH em água 4,0; P 3,1 mg kg<sup>-1</sup>; K 48 mg kg<sup>-1</sup>; Ca 0,5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Mg 0,2 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Al 1,5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Cu 0,5 mg kg<sup>-1</sup>; Zn 1,0 mg kg<sup>-1</sup>; Fe 63 mg kg<sup>-1</sup>; Mn 8 mg kg<sup>-1</sup>; M.O. 17 g kg<sup>-1</sup>, argila 210 g kg<sup>-1</sup>; silte 93 g kg<sup>-1</sup> e areia 695 g kg<sup>-1</sup>. Foram avaliados os genótipos CNAi 8859, CNAi 8860, CNAi 8870, CNAi 8879, CNAi 8880, CNAi 8886 e CNAi 8885 do programa de melhoramento da Embrapa. As doses de P usadas foram 0 mg kg<sup>-1</sup> (baixo) e 200 mg kg<sup>-1</sup> (alto). Cada vaso recebeu 10 g de calcário dolomítico quatro semanas antes do plantio. Por ocasião da semeadura, foram aplicados 200 mg N kg<sup>-1</sup> via uréia, 20 mg K kg<sup>-1</sup> via cloreto de potássio e 20 mg Zn kg<sup>-1</sup> via sulfato de zinco em cada vaso e, aos 45 dias após, 200 mg N kg<sup>-1</sup> em cobertura. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições. Foram mantidas quatro plantas por vaso após emergência e, 15 dias após, o vaso foi inundado. As plantas foram colhidas na maturação fisiológica. Na época da colheita, foram

<sup>1</sup> Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Fertilidade de Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Arroz e Feijão, Rodovia GO 462, Km 12 - Zona Rural, CEP 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO, fageria@cnpaf.embrapa.br.

<sup>2</sup> Engenheiro agrônomo, Doutor em Fitotecnia, Embrapa Arroz e Feijão, baeta@cnpaf.embrapa.br.

<sup>3</sup> Engenheiro agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, stone@cnpaf.embrapa.br.

determinados altura da planta, número de panículas, esterilidade de espiguetas, massa da matéria seca da parte aérea e de grãos. A parte aérea e os grãos foram analisados separadamente para P. A eficiência de uso de P foi calculada com uso das seguintes equações (FAGERIA, 2009):

Eficiência agrônômica (EA) ( $\text{mg mg}^{-1}$ ) =  $(\text{Produtividade de grãos com P} - \text{Produtividade de grãos sem P}) / \text{Quantidade de P aplicado}$ .

Eficiência fisiológica (EF) ( $\text{mg mg}^{-1}$ ) =  $(\text{Produtividade de grãos e da parte aérea com P} - \text{Produtividade de grãos e da parte aérea sem P}) / (\text{Acumulação de P na planta com P} - \text{Acumulação de P na planta sem P})$ .

Eficiência agrofisiológica (EAF) ( $\text{mg mg}^{-1}$ ) =  $(\text{Produtividade de grãos com P} - \text{Produtividade de grãos sem P}) / (\text{Acumulação de P na planta com P} - \text{Acumulação de P na planta sem P})$ .

Eficiência de recuperação (ER) (%) =  $(\text{Acumulação de P na parte aérea e nos grãos com P} - \text{Acumulação de P na parte aérea e grãos sem P}) / \text{Quantidade de P aplicado}$ .

Eficiência de utilização (EU) ( $\text{mg mg}^{-1}$ ) = EF X ER.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Estabeleceram-se equações de regressão entre a produção de grãos e seus componentes e estimaram-se correlações de Pearson entre a produção de grãos e as eficiências de uso de P.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito das doses de P sobre a altura das plantas e os genótipos apresentaram os maiores valores na presença de P. A massa da matéria seca da parte aérea foi influenciada pelas doses de P (P), genótipos (G) e interação P x G (Tabela 1). Isso significa que existe resposta diferente da massa da matéria seca da parte aérea dos genótipos sob diferentes doses de P. Nenhum genótipo produziu grãos na dose 0  $\text{mg kg}^{-1}$  de P, o que significa que 3,1  $\text{mg P kg}^{-1}$  solo (valor original de P no solo) é um teor muito baixo para a cultura do arroz irrigado. A produção de grãos dos genótipos variou de 37,3 a 113,2 g por vaso, com valor médio de 81,3 g por vaso. Fageria et al. (2011) relataram diferença significativa na produção de grãos de genótipos de arroz irrigado com doses de P. O número de panículas e o comprimento das panículas foram influenciados pelos genótipos (Tabela 2). A esterilidade de espiguetas e a massa de 1000 grãos não diferiram entre os genótipos. O número de panículas, o comprimento das panículas e a massa de 1000 grãos foram significativamente e positivamente associados com a produção de grãos (Tabela 3). Ao passo que a esterilidade de espiguetas foi negativamente relacionada com a produção de grãos. Fageria et al. (2011) relataram que o número de panículas por unidade de área, o comprimento da panícula e a massa de 1000 grãos são importantes componentes da produção de grãos do arroz irrigado. Os mesmos autores também relataram que a esterilidade de grãos sempre se relaciona negativamente com a produtividade de grãos no arroz irrigado.

A eficiência de uso de P variou de genótipo para genótipo, bem como com os tipos de eficiência (Tabela 4). Em média, os três genótipos mais eficientes no uso de P (eficiência agrônômica, eficiência fisiológica, eficiência agrofisiológica e eficiência de utilização) foram CNAi 8879, CNAi 8880 e CNAi 8886. Rotili et al. (2010), avaliando cultivares de arroz irrigado, verificaram que apenas a BRS Alvorada foi eficiente no uso de P e responsiva à sua aplicação. A eficiência de recuperação de P variou de 12,8% a 19,5%, dependendo do genótipo, com valor médio de 16,3%. A baixa recuperação de P está relacionada com o alto

teor de Fe e Al no solo que fixa ou imobiliza o P, tornando-o indisponível para as plantas (FAGERIA, 2009). As eficiências agrônômica ( $r = 0,99^{**}$ ), fisiológica ( $r = 0,93^{**}$ ), agrofisiológica ( $r = 0,97^{**}$ ) e de utilização ( $r = 0,75^*$ ) estiveram correlacionadas positivamente e significativamente com a produção de grãos, enquanto que a de recuperação ( $r = -0,94^{**}$ ) apresentou correlação negativa. Isto significa que com o aumento de eficiência de uso de P é possível aumentar a produtividade de grãos de arroz irrigado.

## CONCLUSÃO

A produtividade de grãos e seus componentes dos genótipos de arroz irrigado variam significativamente na alta dose de P (200 mg P kg<sup>-1</sup> de solo). Entre os componentes, o número de panículas e o comprimento de panículas são os que mais influenciam a produtividade de grãos e podem ser manipulados com a adição de doses adequadas de P. As eficiências agrônômica, fisiológica, agrofisiológica e de utilização de P são positivamente associadas com a produtividade de grãos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FAGERIA, N. K. The use of nutrients in crop plants. Boca Raton: CRC Press, 2009. 430p.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. Growth and mineral nutrition of field crops. 3.ed. Boca Raton: CRC Press, 2011. 560p.
- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. dos. Lowland rice genotypes evaluation for phosphorus use efficiency. Journal of Plant Nutrition, v. 25, p. 2793-2802, 2002.
- HERNÁNDEZ, J.; MEURER, E. J. Disponibilidade de fósforo em seis solos do Uruguai afetada pela variação temporal das condições de oxirredução. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, p. 19-26, 2000.
- ROTLI, E. A.; FIDELIS, R. R.; SANTOS, M. M. dos; CASTRO NETO, M. D. de; KICHEL, E.; CANCELLIER, E. L. Eficiência no uso de fósforo de variedades de arroz cultivadas em solos de várzea irrigada. Revista Ceres, v. 57, p. 415-420, 2010.

Tabela 1. Influência de genótipos e de doses de fósforo na altura da planta, na massa da matéria seca da parte aérea e na produção de grãos de arroz irrigado.

Genótipos	Altura da planta (cm)	Massa da matéria seca da parte aérea (g vaso <sup>-1</sup> )		Produtividade de grãos (g vaso <sup>-1</sup> )
	Média de duas doses de P	0 mg P kg <sup>-1</sup>	200 mg P kg <sup>-1</sup>	200 mg P kg <sup>-1</sup>
CNAi 8859	81,0	19,5a	175,3a	37,3d
CNAi 8860	79,0	15,7ab	155,8b	64,8c
CNAi 8870	79,5	5,0bc	165,6ab	60,8cd
CNAi 8879	74,7	2,9c	123,3c	104,1ab
CNAi 8880	73,2	2,8c	122,2c	105,6ab
CNAi 8886	72,7	2,9c	113,5c	113,2a
CNAi 8885	76,5	3,2c	154,0b	83,2bc
Média	76,7	7,4	144,2	81,3
Teste-F				
Doses de P (P)	**		**	
Genótipos (G)	NS		**	*
P x G	NS		**	
CV(%)	9,5		11,1	17,9

\*, \*\*, NS Significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Número de panículas, comprimento da panícula, esterilidade de espiguetas e massa de 1000 grãos de genótipos de arroz irrigado na dose de 200 mg P kg<sup>-1</sup> solo.

Genótipos	Panículas (n° vaso <sup>-1</sup> )	Comprimento da panícula (cm)	Esterilidade de espiguetas (%)	Massa de 1000 sementes (g)
CNAi 8859	33,7b	20,8b	29,7a	24,4a
CNAi 8860	47,3a	24,4a	33,1a	21,2a
CNAi 8870	42,7ab	23,6ab	46,3a	23,7a
CNAi 8879	45,0a	25,0a	25,1a	24,2a
CNAi 8880	49,0a	25,7a	25,5a	22,3a
CNAi 8886	50,0a	25,8a	21,7a	24,2a
CNAi 8885	51,7a	23,9ab	35,6a	21,8a
Média	45,6	24,2	31,0	23,1
Teste-F				
Genótipos	**	**	NS	NS
CV (%)	8,5	5,3	31,8	9,5

\*, \*\*, NS Significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Relação entre produção de grãos (Y) e seus componentes (X) nos genótipos de arroz irrigado em alta dose de P. Os valores são médias de sete genótipos.

Variáveis da planta	Equações de regressão	R <sup>2</sup>
Número de panículas vs produção de grãos	$Y = -463,17 + 22,01X - 0,22X^2$	0,64**
Comprimento da panícula vs produção de grãos	$Y = -953,98 + 74,90X - 1,32X^2$	0,73**
Esterilidade de espiguetas vs produção de grãos	$Y = 133,13 - 1,67X$	0,39**
Massa de 1000 grãos vs produção de grãos	$Y = -1233,59 + 104,57X - 2,05X^2$	0,32*

\*, \*\* Significativo a 5% e 1% de probabilidade.

Tabela 4. Eficiência de uso de P por genótipos de arroz irrigado.

Genótipos	EA (mg mg <sup>-1</sup> )	EF (mg mg <sup>-1</sup> )	EAF (mg mg <sup>-1</sup> )	ER (%)	EU (mg mg <sup>-1</sup> )
CNAi 8859	31,1d	905,3c	173,3c	19,5a	160,9c
CNAi 8860	53,9c	917,3c	291,7bc	18,6a	170,8bc
CNAi 8870	50,7cd	976,3c	276,3bc	19,1a	184,6ab
CNAi 8879	86,8ab	1488,7a	701,3a	12,8b	187,1ab
CNAi 8880	88,0ab	1474,0a	699,7a	12,9b	187,5ab
CNAi 8886	94,3a	1382,0ab	700,3a	13,5b	186,5ab
CNAi 8885	69,4bc	1124,0bc	401,3b	17,4ab	195,0a
Média	67,7	1181,0	463,4	16,3	181,8
Teste-F					
Genótipos	**	**	**	*	*
CV (%)	17,9	14,1	23,2	16,7	5,5

\*, \*\* Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EA = eficiência agrônômica; EF = Eficiência fisiológica; EAF = Eficiência agrofisiológica; ER = Eficiência de recuperação e EU = Eficiência de utilização..