

Eficiência de uso de fósforo por cultivares de arroz⁽¹⁾

Nericlenes C. Marcante⁽²⁾; Takashi Muraoka⁽³⁾; Marcos Antonio Camacho⁽⁴⁾; Alinne da Silva⁽⁵⁾; Mayara Diehl Rodrigues⁽⁶⁾; João de Deus Gomes dos Santos Junior⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); ⁽²⁾ Doutorando em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ/USP, Piracicaba, SP, marcante@usp.br; ⁽³⁾ Professor Titular do Centro de Energia Nuclear na Agricultura CENA/USP; ⁽⁴⁾ Professor Adjunto da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS; ⁽⁵⁾ Pós Doutoranda do Centro de Energia Nuclear na Agricultura CENA/USP; ⁽⁶⁾ Aluna de graduação em engenharia agrônoma da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ/USP; ⁽⁷⁾ Pesquisador Doutor, Embrapa Cerrado, Planaltina-DF, Brasil

RESUMO: A baixa disponibilidade de fósforo (P) no solo é a principal restrição ao ótimo desenvolvimento das plantas em regiões tropicais. O arroz é uma cultura que desempenha papel estratégico no âmbito econômico e social do Brasil. O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de uso de fósforo por cultivares de arroz de terras altas cultivado em solo de Cerrado. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em fatorial de dois níveis de P x 16 cultivares de arroz, e quatro repetições. Os tratamentos com P foram 20 mg kg⁻¹ de P para nível baixo e 200 mg kg⁻¹ de P para o nível alto. Foram feitas comparações entre as médias (T-student) para os resultados obtidos de produções de matéria seca da parte aérea (MSPA), concentração e acúmulo de P. Diferenças significativas foram observadas quanto ao uso de P entre os cultivares. Os cultivares BRS Tropical, BRS Taim e Formoso foram classificados como eficientes e responsivos, enquanto que os cultivares BRS Querência, BRS Tropical, BRS Pepita, BRS Ourominas, BRS Sinuelo CL e BRS Atalanta foram classificados como eficientes e não responsivos.

Termos de indexação: *Oryza sativa* L.; produção de matéria seca da parte aérea, eficiência nutricional.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma cultura que desempenha papel estratégico no âmbito econômico e social do Brasil. O cultivo dessa cultura é sem dúvida, uma das atividades econômica que mais sustentam pessoas ao redor do mundo.

A baixa disponibilidade de P no solo é a principal restrição ao ótimo desenvolvimento das plantas em regiões tropicais. Vários estudos tem demonstrado que existe uma grande variação genética entre as plantas, mesmo dentro da espécie, quanto à eficiência na absorção de P, sendo o uso de cultivares mais eficientes quanto à absorção e utilização de P uma alternativa para o cultivo principalmente em regiões onde as concentrações de P no solo são consideradas baixas, devido à

gênese do solo e/ou insuficiente aplicação de fertilizantes (Raghotama & Karthikeyan, 2005).

A eficiência de uso de P pode ser definida como a capacidade de determinado cultivar em adquirir P para incorporá-lo e utilizá-lo na produção de biomassa da parte aérea e raízes (Baligar et al., 2001).

A variação genética no desenvolvimento vegetal em solos com limitações edáficas, conjuntamente com características nutricionais, vêm sendo proposto como uma das estratégias para melhorar a eficiência de utilização de P, buscando obter maior produtividade em solos pobres em P (Baligar et al., 2001).

No século 20 o melhoramento genético aliado à melhoria do manejo de insumos agrícolas, foi responsável por aumentar a produtividade das principais culturas comerciais (Fageria & Moreira, 2011). O crescimento de plantas em solos que apresentam baixos teores de P já é conhecido há vários anos, e apesar de pouco difundido entre os melhoristas de plantas, pode ser utilizado para aumento da produção de alimentos, principalmente em regiões onde a agricultura é pouco tecnificada (Lynch, 2007).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência de utilização de fósforo por cultivares de arroz de terras altas cultivado em solo (Latossolo Vermelho) de Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e Solo

O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura CENA/USP, localizado em Piracicaba – SP. A amostra de solo (Latossolo Vermelho) foi coletada em Planaltina-DF na Embrapa Cerrado na camada superficial de 0-20 cm, foi seco ao ar livre e peneirado em peneira com malha de 2 mm. As características químicas do solo foram: pH em água 5,1, P = 5 mg dm⁻³, MO = 24 mg dm⁻³, K = 0,8 mmol_c dm⁻³, Ca = 4 mmol_c dm⁻³, Mg = 2 mmol_c dm⁻³, H+AL = 64 mmol_c dm⁻³, S = 8 mg dm⁻³, Cu = 0,2 mg dm⁻³, Fe = 54 mg dm⁻³, Zn = 0,3 mg dm⁻³, Mn = 0,4 mg

dm^{-3} e $B = 0,6 \text{ mg dm}^{-3}$.

Para elevar a saturação por bases a 50% para o cultivo do arroz, cada vaso com 3 kg de terra, recebeu 3,13 g de calcário (PRNT 95%). O solo ficou incubado por 30 dias e a umidade foi mantida em aproximadamente 70% da capacidade máxima de retenção de água.

Tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em fatorial de dois níveis de P (20 e 200 mg kg^{-1}) x 16 cultivares de arroz, e quatro repetições.

Os tratamentos com P foram aplicados na semeadura, utilizando como fonte o superfosfato triplo, na dose de 20 mg kg^{-1} de P para nível baixo e 200 mg kg^{-1} de P para o nível alto. Para todos os vasos, no momento da semeadura foi aplicado N e K nas doses de 100 mg kg^{-1} de N como sulfato de amônio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) e 100 mg kg^{-1} de K como sulfato de potássio (K_2SO_4). Aos 15 dias após emergência (DAE) foram aplicados 100 mg kg^{-1} de N como sulfato de amônio e 100 mg kg^{-1} de sulfato de potássio em cobertura. A adubação com micronutrientes foi realizada através da aplicação de solução nutritiva em todos os vasos nas doses 0,3 mg kg^{-1} de B; 1,0 mg kg^{-1} de Cu; 1,3 mg kg^{-1} de Zn.

Foram utilizados 16 cultivares de arroz de terras altas, sendo eles BRS Querência, BRS Serra Dourada, BRS Tropical, BRS Fronteira, BRS Pampa, BRS Monarca, BRS Pepita, BRS Taim, BRS Jaçana, BRS Ourominas, BRS Sinuelo CL, BRS Atalanta, BRS Sertaneja, BRS Aroma, Formoso e Primavera. Todos os cultivares foram cultivados nos dois níveis de P, baixo (20 mg kg^{-1}) e alto (200 mg kg^{-1}).

Foram semeadas 7 sementes de cada cultivar por vaso e, aos 5 DAE realizou-se o desbaste, mantendo-se três plantas por vaso.

Colheita e Análises

A parte aérea das plantas foi colhida ao 40 DAE e, as amostras vegetais foram lavadas em solução ácida com HCl 0,01 mol L^{-1} e, posteriormente em água destilada, secas a 60° C em estufa com circulação de ar forçada por 72 horas, pesadas para determinação matéria seca da parte aérea (MSPA), moídas em moinho tipo Willey.

Foi realizada a digestão nitro-perclórica e a determinação do P foi feita por meio do método colorimétrico do metavanadato (Malavolta et al., 1997).

Análise estatística e classificação do cultivares

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o pacote estatístico SAS® (SAS Institute, 2001). Foram feitas comparações entre as médias (T-student) para os resultados obtidos de produções de MSPA, concentração de P e P acumulado.

A classificação dos genótipos com relação à eficiência e resposta desta cultura (eficientes e responsivos, ineficientes e não responsivos) foi realizada de acordo com Fageria (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O nível de P no solo influenciou nos parâmetros de crescimento avaliados (**Tabela 3**). Houve grande variação na produção de matéria seca produzida pelos cultivares nos dois níveis de P. No nível baixo de P a produção de MSPA de todos os cultivares foi menor que no nível alto. Para os dois níveis de P, a MSPA variou entre 4,8 g (Primavera) a 13,5 g (BRS Atalanta), tendo como média 7,6 para o nível baixo de P, e 11,0 g para o nível alto de P (**Tabela 3**).

Houve também variação significativa para o P acumulado entre os cultivares de arroz nos dois níveis de P. O P_{acum} variou entre 1,6 mg vaso^{-1} (BRS Monarca) a 18,2 mg vaso^{-1} (BRS Pampa), tendo como média 3,1 para o nível baixo de P (20 mg kg^{-1}), e 15,3 g para o nível alto de P (200 mg kg^{-1}) (**Tabela 3**).

A eficiência de uso de fósforo (EU), definido como sendo o produto da matéria seca (MSPA) em mg pela quantidade de P absorvido (P_{acum}): $(\text{MSPA em alto nível de P} / P_{\text{acum em alto nível de P}}) - (\text{MSPA em baixo nível de P} / P_{\text{acum em baixo nível de P}})$ variou significativamente entre cultivares de arroz de terras altas (**Tabela 3**). A produção média dos 16 cultivares a nível baixo de P e a média da eficiência de utilização de P dos 16 cultivares foram usadas como índices de separação dos cultivares, em quatro grupos (**Figura 1**):

1 – Cultivares eficientes e responsivos: cultivares que obtiveram uma produção acima da média dos 16 cultivares sob condição de baixo nível de P e responderam muito bem ao incremento na produção em alto nível de P no solo. Nesse grupo os cultivares classificados foram BRS Tropical, BRS Taim e formoso (**Figura 1**).

2 – Cultivares eficientes e não responsivos: cultivares que obtiveram uma produção acima da média dos 16 cultivares sob condição de baixo nível de P, mas não responderam ao incremento na produção em alto nível de P no solo. Nesse grupo os cultivares classificados foram BRS Querência,



BRS Tropical, BRS Pepita, BRS Ourominas, BRS Sinuelo CL e BRS Atalanta.

3 – Cultivares não eficientes e responsivos: cultivares que obtiveram uma produção abaixo da média dos 16 cultivares sob condição de baixo nível de P, mas apresentam apreciável incremento na produção a alto nível de P no solo. Nesse grupo os cultivares classificados foram BRS Monarca.

4 – Cultivares não eficientes e não responsivos: cultivares que obtiveram uma produção abaixo do nível da média dos 16 cultivares tanto em baixo como em alto nível de P no solo. Nesse grupo os cultivares classificados foram BRS Serra Dourada, BRS Pampa, BRS Sertaneja, BRS Aroma e Primavera.

A variação na produção MSPA entre os cultivares (**Tabela 3**) indica que houve diferença entre os materiais genéticos quanto ao acúmulo de MSPA, quando cultivados em diferentes níveis de P. A baixa redução na produção de MSPA devido à deficiência de P é um parâmetro útil na avaliação relativa de cultivares de arroz, podendo classificá-los como mais eficientes em relação ao estresse sofrido pela deficiência de P (Baligar et al., 2001). Os cultivares que apresentaram diminutas reduções em relação à alta e baixa fertilização de P, conjuntamente com boas produtividades em ambos os níveis de P, são considerados adequados ao cultivo em regiões que a concentração de P é limitante, indicando variações de adaptabilidade às condições de baixo P (Ahmad et al., 2001).

A diferenciação de cultivares em relação ao acúmulo de P é atribuída à adequação das características morfológicas das plantas, ocorrendo de forma a superar o estresse causado pela deficiência de P. Essa adequabilidade da planta pode estar ligada na máxima e contínua exploração do solo através da proliferação e extensão de todos os tipos de raízes (axial e lateral), preferencialmente raízes que sejam metabolicamente mais eficientes em absorver P (proteoides) (Lynch & Ho, 2005).

A identificação de cultivares de arroz que apresentem maior eficiência de utilização de P é uma estratégia com o objetivo de diminuir a dose de P aplicada nas adubações, além de possibilitar o cultivo desses materiais em regiões que apresentem solos pobres em P, sem, contudo reduzir significativamente a produção esperada para a cultura do arroz (Santos & Fageria, 2008).

CONCLUSÕES

Os cultivares BRS Tropical, BRS Taim e Formoso apresentaram comportamento diferenciado dos demais cultivares, sendo considerados eficientes e responsivos. Já os cultivares BRS Querência, BRS Tropical, BRS Pepita, BRS Ourominas, BRS Sinuelo CL e BRS Atalanta e Formoso foram classificados como eficientes e não responsivos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fapesp pelo apoio financeiro e a bolsa de doutorado concedida ao primeiro autor. E a EMBRAPA por ceder os cultivares para realizar o trabalho.

REFERÊNCIAS

AHAMAD, Z.; GILL, M. A.; QURESHI, R. H.; R. H. U.; MAHMOOD, T. Phosphorus nutrition of cotton cultivars under deficient and adequate levels in solution culture. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 32: 171-187, 2001.

BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K.; HE, Z. L. Nutrient use efficiency in plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32: 921-950, 2001.

FAGERIA, N.K. Eficiência de uso de fósforo pelos genótipos de feijão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2: 128-131, 1998.

FAGERIA, N. K.; MOREIRA, A. The role of mineral nutrition on root growth of crop plants. *Advances in Agronomy*, 110: 251-331, 2011.

LYNCH, J. P. Roots of the second green revolution. *Australian Journal of Botany*, 55: 493-512, 2007.

Lynch J. P, Ho M. D. Rhizoeconomics: carbon costs of phosphorus acquisition. *Plant Soil* 269: 45–56, 2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, C. G.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997, 319p.

RAGHOTHAMA, K. G.; KARTHIKEYAN, A. S. Phosphate acquisition. *Plant and Soil*, 274: 37-49, 2005.

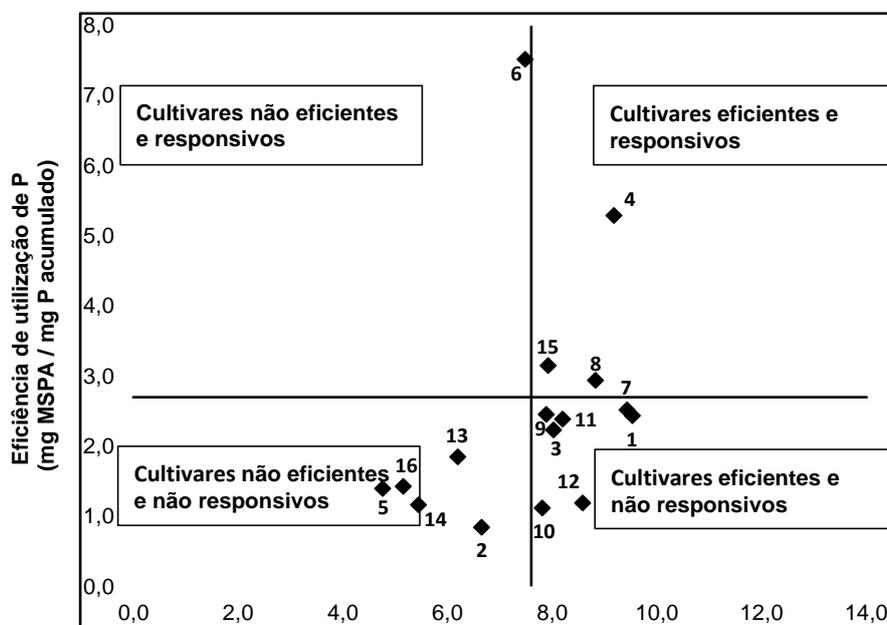
SANTOS, A.B. dos; FAGERIA, N.K. Características fisiológicas do feijoeiro em várzeas tropicais afetadas por doses e manejo de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, 32: 23-31, 2008.

SAS INSTITUTE, SAS user's guide: statistics. Versão 8.2 Cary: SAS Institute, 2001.

Tabela 3 – Valores médios da produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e fósforo acumulado (P_{acum}) nos dois níveis de fósforo (20 e 200 mg kg^{-1}), e a eficiência de uso de fósforo (EU) dos cultivares de arroz de terras altas.

Cultivares	20 mg kg^{-1}		200 mg kg^{-1}		EU (mg MSPA/mg Pacum)
	MSPA g vaso $^{-1}$	P_{acum} mg vaso $^{-1}$	MSPA g vaso $^{-1}$	P_{acum} mg vaso $^{-1}$	
1 BRS Querência	9,4	3,1	12,6	18,0	0,21
2 BRS Serra Dourada	6,7	4,5	8,6	13,5	0,22
3 BRS Tropical	9,5	3,2	12,5	16,9	0,22
4 BRS Fronteira	9,2	2,4	12,5	16,3	0,24
5 BRS Pampa	8,2	3,3	11,9	18,2	0,25
6 BRS Monarca	7,5	1,6	10,4	14,3	0,23
7 BRS Pepita	5,2	3,0	7,7	13,3	0,25
8 BRS Taim	8,8	3,0	11,6	15,7	0,21
9 BRS Jaçana	8,0	2,9	11,7	17,0	0,26
10 BRS Ourominas	7,8	3,8	12,4	12,6	0,55
11 BRS Sinuelo CL	7,9	2,9	12,0	14,6	0,39
12 BRS Atalanta	8,6	4,5	13,5	16,9	0,46
13 BRS Sertaneja	6,2	2,6	8,5	13,3	0,21
14 BRS Aroma	5,5	3,4	8,9	13,4	0,36
15 Formoso	7,9	2,4	8,5	14,1	0,04
16 Primavera	4,8	2,2	13,0	15,9	0,60
F	12,97**	1,93*	15,28**	3,15**	4,6**
CV%	11	36	9	13	45
Média	7,6	3,1	11	15,3	0,29

*, ** Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem pelo teste T-test a 5 e 1%, respectivamente.



MSPA no nível baixo de P (mg vaso $^{-1}$)

Figura 1 - Classificação de cultivares de arroz de terras altas quanto ao uso de fósforo; os números correspondem aos cultivares numerados na Tabela 3.