

RESPOSTA DE ARROZ DE TERRAS ALTAS À CORREÇÃO DE ACIDEZ EM SOLO DE CERRADO¹

NAND KUMAR FAGERIA²

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do pH do solo sobre a produção, seus componentes e sobre a absorção de nutrientes por três cultivares/linhagens de arroz de terras altas em um Latossolo Vermelho-Escuro, textura franco-argiloso de cerrado. O experimento foi conduzido sob condições de casa de vegetação, na Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, GO. Os níveis de pH criados, pela aplicação de calcário, foram: 4,6, 5,7, 6,2, 6,4, 6,6 e 6,8. Testaram-se as cultivares/linhagens de arroz de terras altas CNA 7460, Araguaia e CNA 7449. A produção de matéria seca e de grãos, os componentes de produção e a absorção de nutrientes foram significativamente influenciados pelo pH do solo. A faixa com pH adequado para a produção e para os componentes de produção variou entre 5 e 5,4. Da mesma maneira, para absorção de nutrientes, a variação foi de 4,6 a 5,5, indicando que as cultivares de arroz de terras altas avaliadas são bastante tolerantes à acidez do solo, produzindo satisfatoriamente sob pH entre 5 e 5,5.

Termos para indexação: *Oryza sativa*, disponibilidade de nutrientes, absorção de nutrientes, conteúdo da matéria seca, rendimento de grãos, pH do solo.

UPLAND RICE RESPONSE TO SOIL ACIDITY IN CERRADO SOIL

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the effects of soil pH on yield and its components and nutrients uptake by three upland rice cultivars/lines in a Dark-Red Latosol, clay loam texture of Cerrado region. A greenhouse experiment was conducted at the Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, Brazil. Soil pH levels created by application of lime were 4.6, 5.7, 6.2, 6.4, 6.6, and 6.8 and cultivars/lines tested were CNA 7460, Araguaia and CNA 7449. Dry matter and grain yield and yield components and nutrient absorption were significantly affected with soil pH. Adequate soil pH for yield and yield components was in the range of 5 to 5.4 and for the nutrients 4.6 to 5.5. These results suggest that rice cultivars tested were quite tolerant to soil acidity and it is possible to produce satisfactory crop in the pH range of 5 to 5.5.

Index terms: *Oryza sativa*, nutrient availability, nutrient uptake, dry matter content, grain yield, soil pH.

INTRODUÇÃO

O pH influencia a solubilidade, a concentração em solução e a forma iônica dos nutrientes no solo e, conseqüentemente, a absorção e utilização deles pela planta (McBride & Blasiak, 1979; Fageria et al., 1997). É, portanto, uma das propriedades químicas do solo mais importantes para a determinação da produção agrícola.

A região dos cerrados tem sido fundamental para a expansão da fronteira agrícola brasileira, tornando irreal o antigo conceito sobre o potencial dessa área com finalidades produtivas. Entretanto, os solos dessa região, em geral, apresentam baixa fertilidade natural e elevada acidez (Goedert, 1989; Fageria & Souza, 1995). Nesse contexto, a adubação e a calagem são práticas utilizadas para melhorar a fertilidade e corrigir a acidez do solo, aumentando a produção agrícola. A adoção da prática de rotação de culturas também é importante para sustentar a produtividade, a longo prazo. As culturas de soja, feijão, milho e trigo são utilizadas em rotação ao arroz em terras altas, mantendo a produtividade do sistema produtivo.

¹ Aceito para publicação em 26 de janeiro de 2000.

² Eng. Agrôn., Ph.D., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: fageria@cnpaf.embrapa.br

O pH ideal para as culturas de soja, feijão, milho e trigo está em torno de 6,0 (Fageria & Zimmermann, 1998) e o pH médio do solo de cerrado está em torno de 5,0 (Lopes, 1983). Isso indica a necessidade de aplicação de calcário para correção da acidez do solo. Não existem muitos dados de pesquisa sobre o efeito de pH na produção de arroz de terras altas, entretanto, Fageria & Zimmermann (1998) relataram que com o aumento de pH 4,1 para 7,0 diminui a produção de matéria seca da parte aérea de arroz de terras altas. Portanto, é importante conhecer o efeito da variação no pH do solo sobre a cultura de arroz. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do pH do solo sobre o rendimento, componentes do rendimento e sobre a absorção de nutrientes pela cultura do arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, GO, utilizando-se Latossolo Vermelho-Escuro textura franco-argilosa. Os resultados das análises química e granulométrica do solo utilizado foram: pH 4,7 (H₂O, 1:2,5); P, 0,3 mg kg⁻¹; K, 56 mg kg⁻¹; Ca, 0,3 cmol_c kg⁻¹; Mg, 0,4 cmol_c kg⁻¹; Al, 0,9 cmol_c kg⁻¹; Cu, 0,9 mg kg⁻¹; Zn, 1,0 mg kg⁻¹; Fe, 62 mg kg⁻¹; Mn, 15 mg kg⁻¹ e matéria orgânica 22 g kg⁻¹. A análise granulométrica mostrou 385 g kg⁻¹ de argila; 215 g kg⁻¹ de silte e 400 g kg⁻¹ de areia. O P e o K foram extraídos pelo extrator Mehlich 1, e os elementos Ca, Mg e Al com KCl 1 M. Na solução extraída, o P foi determinado por colorimetria e o K por fotometria de chama. O Ca e Mg foram determinados por titulação de EDTA e o Al por titulação de NaOH. Os micronutrientes foram determinados no extrato Mehlich 1 por absorção atômica, e a matéria orgânica pelo método de Walkley e Black. A análise química do solo foi realizada de acordo com metodologias descritas por Embrapa (1997).

Os tratamentos consistiram de três cultivares/linhagens de arroz de terras altas, CNA 7460, Araguaia e CNA 7449, e seis níveis de pH, 4,6; 5,7; 6,2; 6,4; 6,6 e 6,8. Esses níveis foram obtidos pela aplicação de calcário em doses de 0, 30, 60, 90, 120 e 180 g por 5 kg de solo. O calcário utilizado na incubação continha 31,4% de CaO, 11,6% de MgO e PRNT de 69%. Foram aplicados por quilograma de terra, como adubação básica, 80 mg de N, como sulfato de amônio,

197 mg de P, como superfosfato triplo, 179 mg de K, como cloreto de potássio, 5 mg de Zn, como sulfato de zinco, e 2,5 mg de Cu, como sulfato de cobre. Após a adição do calcário e da adubação básica, realizou-se a incubação por um período de 41 dias e, em seguida, coletaram-se amostras de solo de cada vaso para análise química. Cada vaso recebeu ainda 80 mg de N por kg do solo, como sulfato de amônio em cobertura, por ocasião da iniciação do primórdio floral. Durante a condução do ensaio, a umidade do solo em cada vaso foi equivalente à do campo.

O esquema experimental utilizado foi um fatorial 3 x 6, em blocos casualizados, com três repetições. Produziram-se quatro plantas de arroz por vaso.

Após a colheita, a parte aérea e os grãos foram secados separadamente, pesados, moídos e analisados quimicamente, determinando-se os teores de K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn.

A análise estatística dos dados consistiu na realização de análises de variância e de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de produção de matéria seca, de produção de grãos e dos componentes de produção são apresentados na Tabela 1. A interação entre cultivares e pH não foi significativa para produção e seus componentes, com exceção de comprimento da panícula. Portanto, apenas os dados médios relativos às três cultivares foram apresentados. A produção e seus componentes foram significativamente influenciados pelo pH do solo, exceção feita para a variável peso de 1.000 grãos.

A relação entre o pH e a produção de matéria seca, produção de grãos e número de panículas foi avaliada utilizando-se equações de regressão polinomial (Tabela 2). Houve resposta quadrática na produção de matéria seca, na produção de grãos e número de panículas com a elevação do pH do solo. Baseado nessas equações, foram calculados os valores de pH do solo que proporcionam valores máximos para cada parâmetro. Para a produção de matéria seca, o valor determinado foi de 5,1; para produção de grãos, de 5,4; e para número de panículas, de 5,0. Entretan-

to, houve diminuição na produção de matéria seca e na produção de grãos com alto pH. A diminuição da produção sob valores de pH elevados está relacionada ao número de perfilhos e, conseqüentemente, de panículas, em comparação aos obtidos com baixo pH. A diminuição no número de panículas sob pH 6,4, 6,6 e 6,8 foi de 28%, 46% e 54%, respectivamente, relativamente ao pH 4,6.

O principal nutriente determinante do número de panículas em plantas de arroz, em solo de cerrado, é o P (Fageria & Barbosa Filho, 1994), sendo a disponibilidade desse nutriente extremamente dependente do pH do solo (Fageria, 1989). O valor de pH em que ocorre maior disponibilidade de P em solos de

cerrado está em torno de 6,0 (Fageria, 1984). Com o aumento do pH, além desse valor, ocorre a fixação de P, principalmente pela formação de fosfatos de cálcio (Fageria, 1989).

Outro fator que pode diminuir a produção de grãos sob pH elevado é a deficiência de micronutrientes (Fageria et al., 1994). Foram observados sintomas de deficiência de Fe nas folhas mais novas, a partir do nível de pH de 5,7, em todas as três cultivares de arroz testadas. Inicialmente, o sintoma de deficiência de Fe consistiu em clorose internerval das folhas mais novas. Com o tempo, toda a planta ficou amarelada e teve o crescimento afetado.

Em virtude da interação significativa entre pH e cultivares para comprimento da panícula, foram apresentados os dados relativos às três cultivares (Tabela 3). A influência de pH nesse componente foi avaliada utilizando-se equações de regressão polinomial. Não houve efeito significativo de pH no comprimento da panícula da linhagem CNA 7460. Mas verificou-se efeito significativo quadrático no comprimento da panícula da cultivar Araguaia e linhagem CNA 7449. Baseado nas equações, foram calculados os valores de pH do solo que proporcionam valores máximos para cada cultivar. O valor encontrado para a cultivar Araguaia foi de 5,6, e para linhagem CNA 7449, foi de 4,7.

Foram avaliados os efeitos do pH na absorção de macros e micronutrientes na parte aérea das plantas de arroz, por meio da análise de regressão polinomial (Tabelas 4 e 5). A acumulação de K, Ca, Mg, Cu, Fe,

TABELA 1. Produção e componentes de produção de três cultivares/linhagens de arroz de terras altas, sob diferentes valores de pH do solo (valores médios de três repetições).

pH do solo	Produção de matéria seca (g/planta)	Produção de grãos (g/planta)	Número de panículas por planta	Peso de 1000 grãos (g)
4,6	15,91	11,00	5,00	27,32
5,7	14,96	11,53	4,58	26,39
6,2	12,24	11,73	4,50	26,87
6,4	10,62	9,49	3,92	27,75
6,6	7,78	6,83	3,42	28,20
6,8	6,03	5,15	3,25	26,77
F (cultivar)	**	**	**	**
F (pH)	**	**	**	ns
F (cultivar x pH)	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	14	21	16	5

ns, * e ** Não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 2. Equações de regressão polinomial para a produção de matéria seca (g/planta), produção de grãos (g/planta) e número de panículas por planta de três cultivares de arroz de terras altas, em solo de cerrado, em razão do pH do solo.

Parâmetro	Equação de regressão	R ²	pH adequado
Produção de matéria seca	$Y = -73,6418 + 35,6857X - 3,5270X^2$	0,9942**	5,1
Produção de grãos	$Y = -94,2641 + 39,9763X - 3,7237X^2$	0,9086*	5,4
Número de panículas	$Y = -8,1869 + 5,3397X - 0,5387X^2$	0,9412*	5,0

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

TABELA 3. Comprimento da panícula de três cultivares/linhagens de arroz de terras altas sob diferentes valores de pH do solo.

Cultivar/linhagem	pH	Comprimento da panícula (cm)
CNA 7460	4,6	23
	5,7	21
	6,2	20
	6,4	21
	6,6	22
	6,8	21
	Regressão	
	β_0	63,9782
	β_1	-14,4562
	β_2	1,2066
	R ²	0,7032 ^{ns}
Araguaia	4,6	21
	5,7	24
	6,2	23
	6,4	23
	6,6	20
	6,8	19
	Regressão	
	β_0	-88,3146
	β_1	40,4011
	β_2	-3,6198
	R ²	0,9171*
CNA 7449	4,6	24
	5,7	23
	6,2	22
	6,4	22
	6,6	22
	6,8	20
	Regressão	
	β_0	7,2689
	β_1	7,1019
	β_2	-0,7557
	R ²	0,8703*

^{ns} e * Não-significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 4. Influência do pH do solo sobre a acumulação de K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de arroz, cultivadas em solo de cerrado.

pH do solo	K	Ca	Mg
	----- (mg/planta) -----		
4,6	206	89	50
5,7	238	93	82
6,2	230	86	61
6,4	224	77	52
6,6	183	66	39
6,8	155	61	29
Regressão			
	β_0	-1425,0030	-363,0367
	β_1	606,8251	173,6654
	β_2	-54,9326	-16,3959
	R ²	0,9106*	0,9676**

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

TABELA 5. Influência do pH na acumulação de Fe, Mn, Cu e Zn na parte aérea de arroz, em solo de cerrado.

pH do solo	Fe	Mn	Cu	Zn
	----- (µg/planta) -----			
4,6	4541	11165	75	1090
5,7	1856	5006	105	300
6,2	1978	4309	78	242
6,4	1634	3607	64	262
6,6	1663	2762	61	163
6,8	1569	2359	51	142
Regressão				
	β_0	35885,4700	62982,7500	-780,3840
	β_1	-10577,6900	-16293,6200	321,7498
	β_2	816,2365	1089,3870	-29,4512
	R ²	0,9735**	0,9882**	0,8915*

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

Mn, e Zn foi descrita por modelos quadráticos. Com base nas equações obtidas, determinaram-se os valores de pH que proporcionaram máxima absorção de K, Ca, e Mg, que foram: 5,5, 5,3 e 5,5, respectivamente. Esse tipo de resposta está relacionada com a produção de matéria seca da parte aérea (Tabela 2). A acumulação dos micronutrientes Zn, Fe e Mn diminuiu significativamente com o aumento de pH, o que pode estar relacionado com a adsorção ou precipitação desses micronutrientes. Tisdale et al. (1985) relataram que a disponibilidade de Mn e de Zn diminui cerca de 100 vezes com o aumento de uma unidade de pH, e a de Fe, de 1.000 vezes.

Foram avaliados os efeitos do pH sobre propriedades químicas do solo. Efeitos significativos foram observados para as variáveis saturação por bases (V), Ca, Mg, Mn e H+Al (Tabela 6). Os teores de H+Al e de Al trocável diminuíram com o aumento de pH. Sob pH 5,7, todo o Al do solo foi neutralizado. Os teores de Ca e de Mg e a saturação por bases variaram com o pH do solo, atingindo valores máximos sob pH 9,1 e 5,9, respectivamente. O teor de Mn diminuiu até o pH de 5,5 e depois aumentou. Fageria & Morais (1987) relataram efeitos semelhantes do pH na mudança das propriedades químicas do solo de cerrado.

TABELA 6. Influência do pH sobre algumas propriedades químicas do solo de cerrado.

pH do solo	H + Al	Ca	Mg	Al ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$)	V (%)	Mn
4,6	10,20	0,9	1,00	0,7	22	18
5,7	4,50	5,6	2,80	0,0	68	17
6,2	2,38	7,4	2,80	0,0	83	17
6,4	1,70	7,8	2,30	0,0	90	20
6,6	1,20	8,0	2,20	0,0	90	21
6,8	0,80	9,2	2,10	0,0	94	24
Regressão						
β_0	58,0907	-32,3199	-32,9965	10,1474	-410,3250	129,3579
β_1	-14,5228	9,6512	12,1076	-3,2447	135,2257	-42,1627
β_2	0,8948	-0,5273	-1,0245	0,2584	-8,9734	3,9101
R^2	0,9994**	0,9938**	0,9555**	0,9848**	0,9976**	0,9191*

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

CONCLUSÕES

1. A cultura de arroz é bastante tolerante à acidez do solo.
2. Verifica-se efeito do pH do solo na produção, nos componentes de produção e na acumulação de nutrientes pelas plantas.
3. Há diminuição na acumulação de Fe, Mn e Zn com a elevação do pH do solo acima de 5,5.
4. A planta de arroz acumula nutrientes na seguinte ordem: $K > Ca > Mg > Mn > Fe > Zn > Cu$.
5. Quanto mais elevado o pH do solo, mais altos são os teores de Ca, Mg e saturação por bases, e mais baixos os teores de H + Al e Mn.

REFERÊNCIAS

- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FAGERIA, N.K. Resposta de cultivares de arroz à aplicação de calcário em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.7, p.883-889, jul. 1984.
- FAGERIA, N.K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília : Embrapa-DPU, 1989. 425p. (Embrapa-CNPAF. Documentos, 18).
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2.ed. New York : M. Dekker, 1997. 624p.
- FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P. **Deficiências nutricionais na cultura de arroz: identificação e correção**. Brasília : Embrapa-SPI, 1994. 36p. (Embrapa-CNPAF. Documentos, 42).
- FAGERIA, N.K.; GUIMARÃES, C.M.; PORTES, T. de A. Deficiência de ferro em arroz de sequeiro. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.47, n.416, p.1-5, 1994.
- FAGERIA, N.K.; MORAIS, O.P. Avaliação de cultivares de arroz na utilização de cálcio e magnésio em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.7, p.667-672, jul. 1987.
- FAGERIA, N.K.; SOUZA, N.P. Resposta das culturas de arroz e feijão em sucessão à adubação em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.3, p.359-368, mar. 1995.
- FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. Influence of pH on growth and nutrient uptake by crop species in an Oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.29, n.17, p.2675-2682, 1998.
- GOEDERT, W.J. Região dos cerrados: potencial agrícola e política para seu desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.1, p.1-17, jan. 1989.
- LOPES, A.S. **Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo**. Piracicaba : Potafos, 1983. 162p.
- McBRIDE, M.B.; BLASIAK, J.J. Zinc and copper solubility as a function of pH in an acid soil. **Soil Science Society of America. Journal**, Madison, v.43, p.866-870, 1979.
- TISDALE, S.I.; NELSON, W.I.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. 4.ed. New York: Macmillan, 1985. 754p.