

AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE FEIJÃO PARA SUA TOLERÂNCIA À TOXICIDADE DE ALUMÍNIO COM RELAÇÃO À DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM SOLO DE CERRADO (1)

M.V. de MESQUITA FILHO(2), L.N. de MIRANDA(2) & J. KLUTHCOUSKI(3)

RESUMO

Em condições de campo, foram cultivados quinze cultivares de feijão num Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, com tratamentos combinando diferentes níveis de saturação de alumínio e de disponibilidade de fósforo. Todos os cultivares apresentaram rendimentos aumentando proporcionalmente à disponibilidade de fósforo e decrescendo com o aumento da saturação de alumínio. Quando o fósforo não foi limitante, tornou-se possível separar os cultivares de feijão em quatro grupos em relação à tolerância ao alumínio: desde muito sensíveis, com valor limite de 10% de saturação de alumínio, sensíveis, com limite de 15%, tolerantes, com 25%, e muito tolerantes, com valor limite de 40% de saturação de alumínio para obtenção de 80% de rendimento máximo.

SUMMARY: EVALUATION OF BEAN CULTIVARS REGARDING TOLERANCE TO ALUMINUM TOXICITY IN RELATION TO AVAILABLE PHOSPHORUS IN "CERRADO" SOIL

A field experiment was carried out on a "Cerrado" Dark Red Latosol. Fifteen cultivars of bean were grown at different levels of aluminum saturation and phosphorus availability. Yields increased with availability of phosphorus and decreased with the increase of aluminum saturation in the soil. Using 80% of the maximum production as a criterion for satisfactory performance the bean cultivars were divided into 4 groups: very sensitive (tolerating less than 10% Al saturation), sensitive (15% Al saturation), tolerant (25% Al saturation) and very tolerant (40% Al saturation).

INTRODUÇÃO

Os solos sob cerrado apresentam baixa fertilidade natural com deficiência generalizada de nutrientes, principalmente o fósforo. Além disso, têm elevada acidez, alta adsorção de fósforo e alta saturação de alumínio (EMBRAPA (CPAC), 1976). O uso da calagem e da adubação fosfatada torna-se, portanto, indispensável, pois as plantas cultivadas nesses solos são afetadas pela toxicidade do alumínio e pela deficiência de fósforo (Miranda & Lobato, 1978). Contudo, a aplicação desses insumos não deve ser generalizada em termos de quantidade, pois, entre as espécies cultivadas, algumas apresentam maior tolerância aos efeitos tóxicos do alumínio, o que, segundo Salinas & Sanchez (1975) e Malavolta et alii (1981), está vinculado à habilidade das plantas em absorver e translocar fósforo

para a parte aérea em presença de alta saturação de alumínio. Esta tolerância está ligada à variação genética das espécies e mesmo de cultivares dentro de uma espécie (Foy & Brown, 1964).

Trabalhos já foram realizados em casa de vegetação empregando soluções nutritivas ou solos ácidos com o objetivo de caracterizar a tolerância de cultivares de soja e trigo ao alumínio (Foy et alii, 1965; Foy et alii, 1973 e Armiger et alii, 1968).

Salinas & Sanchez (1976), cultivando feijão e trigo em solução nutritiva com diferentes níveis de alumínio e fósforo, observaram que o principal efeito visual da toxicidade de alumínio e da deficiência de fósforo foi, respectivamente, uma marcante redução no crescimento

(1) Trabalho realizado no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados — EMBRAPA/CPAC. Caixa Postal 700.023, Planaltina (DF). Recebido para publicação em fevereiro e aprovado em dezembro de 1981.

(2) Pesquisador da EMBRAPA/CPAC

(3) Pesquisador da EMBRAPA/CNPAP - Goiânia (GO).

das raízes e no desenvolvimento da parte aérea das plantas, os quais constituem parâmetros promissores para a seleção de cultivares tolerantes ao alumínio e à baixa disponibilidade de fósforo. Dentro dessa linha de pesquisa, foram conduzidos trabalhos de campo com cultivares de feijão e trigo (Miranda & Lobato, 1978, e Silva et alii, 1978).

Esse trabalho é um prosseguimento do iniciado anteriormente no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (EMBRAPA (CPAC), 1976, e Miranda & Lobato, 1978) e tem como objetivo selecionar cultivares de feijão que produzam bem em solos com toxicidade de alumínio em diversos níveis de fósforo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em um Latossolo Vermelho-Escuro (LE) distrófico, argiloso, fase Cerradão (BRASIL, 1966), localizado na área experimental do CPAC/EMBRAPA. A análise química do solo, amostrado na profundidade de 0-20cm, apresentou as seguintes características: pH em água (1:1) 4,7; 1,9 ppm de P; 0,08 meq/100g de K⁺; 1,04 meq/100g de Al³⁺; 0,15 meq/100g de Ca²⁺ + Mg²⁺; 0,6 ppm de Mn²⁺ e 81,9% de saturação de alumínio. Essa última continua praticamente constante em todo o perfil do solo e foi calculada pela fórmula: porcentagem de saturação Al = $100 \times \text{Al}^{3+} / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+} + \text{Al}^{3+})$ (Kamprath, 1967).

Em março-abril de 1975, o solo recebeu os seguintes tratamentos: 0,5; 1,5 e 4,0t/ha de calcário dolomítico (PRNT = 100%) combinados com as doses de 160, 778 e 1.374kg/ha de P₂O₅ como superfosfato triplo. Além disso, aplicaram-se 10kg/ha de Zn, 1kg/ha de B e 0,2kg/ha de Mo respectivamente na forma de sulfato de zinco, bórax e molibdato de sódio. O calcário e os fertilizantes foram distribuídos a lanço e incorporados ao solo na profundidade de 0 a 20 cm. Os dados de análise do solo em outubro de 1978 podem ser observados no quadro 1. Nessas diferentes condições de pH, saturação de alumínio e níveis de fósforo, foram plantados, em fevereiro de 1979, quinze cultivares de feijão. O quadro 1 permite ainda verificar as produções obtidas.

O esquema experimental foi um fatorial 3² em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e três repetições. Os três níveis de saturação de alumínio estavam nas parcelas de 600m² (20m x 30m), os três níveis de P nas subparcelas de 180m² (6m x 30m) e os cultivares de feijão nas subsubparcelas (6m x 2m). Foram plantadas quatro linhas de cada cultivar com espaçamento de 0,5m e densidade de dez plantas por metro linear de sulco.

Empregou-se uma adubação no sulco de plantio de 30kg/ha de K₂O (KCl) e 20kg/ha de N (uréia). Utilizou-se também uma adubação em cobertura de 20kg/ha de N após a germinação e 20kg/ha de N antes da floração.

O experimento recebeu irrigação por aspersão, durante o "veranico" de quinze dias em fevereiro de 1979. Foram colhidas as duas fileiras de plantas centrais por subsubparcela, deixando-se 1m de bordadura nas cabeceiras. Avaliou-se o rendimento de grãos, ajustando o seu peso a um teor de umidade de 13%. Calculou-se também o rendimento relativo em porcentagem, considerando-se como 100% o rendimento máximo de cada cultivar.

Foram determinados graficamente os valores limites de tolerância ao alumínio e de disponibilidade de fósforo no solo para se obter um rendimento equivalente a 80% do máximo produzido por cada cultivar. Para os valores médios de 3, 15 e 37 ppm de fósforo foram traçadas curvas de resposta com o rendimento relativo em função dos níveis de saturação de alumínio no solo e, para os valores médios de 3, 31 e 49% de saturação de alumínio, as curvas de resposta em função dos teores de P no solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise estatística dos dados de rendimento de grãos, verificou-se uma resposta altamente significativa ao efeito residual da calagem e da adubação fosfatada. De modo geral para todos os cultivares de feijão (quadro 1) o rendimento de grãos aumentou proporcionalmente aos níveis de fósforo e diminuiu com o acréscimo da saturação de alumínio. No nível mais baixo de P no solo em média de 3 ppm, os rendimentos foram insignificantes, mesmo com baixa saturação de alumínio. Por outro lado, em condições de alta saturação de alumínio, só foi possível obter algum rendimento quando havia alta disponibilidade de fósforo. Esses dados confirmam os obtidos anteriormente no CPAC (EMBRAPA(CPAC), 1976; Miranda & Lobato, 1978, e Salinas & Sanchez, 1975) vinculando a tolerância ao alumínio à alta disponibilidade de fósforo no solo.

Todavia, Ruschel et alii (1968) não acharam influência do Al na porcentagem de fósforo na parte aérea do feijoeiro e concluíram que os efeitos prejudiciais são causados pelo próprio Al e não pela deficiência de fósforo.

Quadro 1. Rendimento de grãos de quinze variedades de feijão em diferentes níveis de saturação de alumínio e de disponibilidade de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro de cerrado. Características químicas do solo (média de três repetições) e diferença mínima significativa (d.m.s.) entre os rendimentos ao nível de 5%

Tratamentos ⁽¹⁾		Dados de análise do solo			Variedades de feijão ⁽³⁾															d.m.s. 5%
Calcário	P ₂ O ₅	pH (H ₂ O) 1:1	Sat. Al.	P ⁽²⁾	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
t/ha	kg/ha		%	ppm	kg/ha															
0,5	160	4,3	56	3	0	9	0	0	29	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0
	778	4,4	51	16	372	189	280	197	381	245	333	47	212	258	286	65	104	117	46	223
	1.374	4,3	41	37	558	269	413	444	736	669	529	321	708	433	782	354	397	748	471	232
1,5	160	4,5	39	3	25	119	0	35	62	71	33	55	15	101	15	91	0	15	6	86
	778	4,7	29	15	604	460	234	438	443	605	439	335	309	431	438	553	224	308	281	256
	1.374	4,7	25	38	702	681	402	696	863	777	817	622	542	936	793	610	381	536	638	356
4,0	160	5,1	4	2	152	135	101	143	171	137	250	169	195	115	308	294	131	181	136	169
	778	5,2	3	15	1.162	618	433	732	909	1.144	1.050	599	797	953	999	1.054	561	912	870	552
	1.374	5,3	2	36	1.332	600	889	1.128	1.345	1.305	1.339	1.017	1.307	1.184	1.268	1.349	780	1.218	1.206	446

(1) Aplicação ao solo em março/abril de 1975.

(2) Extrator Carolina do Norte (H₂SO₄ 0,025N + HCl 0,050N)

(3) Variedade de feijão: 1 - Iguazu, 2 - Manteigão-fosco 11, 3 - Rico-Baio, 4 - Tahyu, 5 - Moruna, 6 - Piratá, 7 - Paraná 1, 8 - Goiano-Precoce, 9 - Turrialba 4, 10 - Rico-23, 11 - Rio-Tibaji, 12 - IPA 7419, 13 - Mulatinho-paulista, 14 - Venezuela 350, 15 - Costa-Rica 1.

Mohr (1960) sugeriu para a cultura do feijão um limite de tolerância de 30% de saturação de alumínio no solo. Para essa cultura, entretanto, não se pode tomar este valor como padrão, pois, comparando-se a produção dos quinze cultivares em cada tratamento de P e saturação de alumínio no solo, evidenciam-se diferenças significativas de rendimento de grãos.

Quadro 2. Valores limites de saturação de alumínio no solo para obtenção de 80% do rendimento máximo de quinze cultivares de feijão em dois níveis de disponibilidade de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro de cerrado

Variedades	Teor de P no solo (ppm)	
	37	15
	%	
Turrialba 4	4	—
Rico-baio	6	—
Moruna	6	—
Venezuela 350	6	—
IPA 7419	7	3
Mulatinho-paulista	8	—
Iguaçu	10	6
Piratã	10	6
Rio-Tibaji	10	3
Costa-Rica 1	10	—
Tahyu	14	—
Paraná 1	14	2
Goiano-precoce	16	—
Rico-23	25	5
Manteigão-fosco 11	40	20

Nos quadros 2 e 3 são apresentados os valores limites de tolerância ao alumínio e de disponibilidade de fósforo para cada cultivar produzir 80% do seu rendimento máximo. Este valor foi estabelecido para comparação, levando-se em conta que o rendimento econômico se situa normalmente em torno desse rendimento. Com um teor de 3 ppm de P no solo, nenhum cultivar atingiu os 80% do rendimento máximo; no nível de 15 ppm de P, apenas o Manteigão-Fosco produziu bem, a um nível relativamente alto de 20% de saturação de alumínio no solo. Quando o solo apresentou 37 ppm de P, todos os cultivares atingiram rendimentos equivalentes a 80% do máximo (quadro 2), podendo-se separá-los em um grupo de dez cultivares muito sensíveis com um valor limite de 10% de saturação de alumínio, outro de três cultivares sensíveis com limite de 15%, o Rico-23, tolerante, com limite de 25%, e o Manteigão-Fosco, muito tolerante, com valor limite de 40% de saturação de alumínio. Muzilli et alii (1978) fizeram uma classificação semelhante para cultivares de soja, embora não mencionassem nenhum vínculo com a disponibilidade de fósforo no solo. Contudo, tinham aplicado uma adubação de 90kg/ha de P₂O₅ no sulco de plantio. Miranda & Lobato (1978) identificaram no mesmo solo do presente trabalho um valor limite de 18% de saturação de alumínio para o cultivar de feijão

Quadro 3. Valores limites de P no solo para obtenção de 80% do rendimento máximo de quinze cultivares de feijão em dois níveis de saturação de alumínio em Latossolo Vermelho-Escuro de cerrado

Variedades	Saturação de Al (%)	
	31	3
	ppm	
Turrialba 4	—	25
Rico-baio	—	27
Moruna	—	19
Venezuela 350	—	18
IPA 7419	—	16
Mulatinho-paulista	—	19
Iguaçu	—	12
Piratã	—	11
Rio-Tibaji	—	16
Costa-Rica 1	—	18
Tahyu	—	20
Paraná 1	—	16
Goiano-precoce	—	26
Rico-23	38	15
Manteigão-fosco 11	21	11

Rico-23, quando o teor de fósforo no solo foi de 28 ppm. Um aspecto que vale ressaltar é que os cultivares mais tolerantes ao alumínio nem sempre são os mais produtivos, fato esse já observado por Salinas & Sanchez (1976).

Os dados do quadro 3 reafirmam o vínculo entre tolerância ao alumínio e disponibilidade de fósforo no solo. Com 49% de saturação de alumínio, nenhum cultivar atingiu os 80% de seu rendimento máximo; com 31% de saturação de alumínio, apenas os cultivares Rico-23 e Manteigão-Fosco alcançaram o rendimento desejado, necessitando, porém, respectivamente 38 e 21 ppm de P no solo. Esses níveis de fósforo decresceram para 15 e 11 ppm de P quando a saturação foi de 3%. Os valores limites de P no nível de 3% de saturação de alumínio sugerem alta exigência de disponibilidade de fósforo no solo para o cultivo do feijão, mas pode-se observar que, mesmo nessas condições, existem diferenças de eficiência de utilização de fósforo entre os diversos cultivares.

LITERATURA CITADA

ARMIGER, W.H.; FOY, C.C.; FLEMING, A.L.; CALDWELL, B.E. Differential aluminum tolerance of soybean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. Agr. J. 60:67-70, 1968.

BRASIL. Escritório de Pesquisa e Experimentação, equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Levantamento semidetalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura do Distrito Federal. Rio de Janeiro, 1966. 135p. (Bol. 8)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Relatório Técnico Anual, 1976. Planaltina, 1976. 150p.

FOY, C.D. & BROWN, J.C. Toxic factors in acid soils. II. Differential aluminum tolerance of plant species. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28:27-32, 1964

- FOY, C.D.; ARMIGER, W.H.; BRIGGLE, L.W.; REID, D.A. Differential aluminum tolerance to wheat and Barley varieties in acid soil. *Agr. J.* 57:413-417, 1965.
- FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; SCHWARTZ, J.W. Opposite aluminum and manganese tolerances of two wheat varieties. *Agr. J.* 65:123-126, 1973
- KAMPRATH, E.J. A acidez do solo e a calagem (Soil acidity and liming). *Bol. Intern. Soil Test. Proj* (4), 1967. 24p.
- MALAVOLTA, E.; NOGUEIRA, F.D.; OLIVEIRA, I.P.; NAKAYAMA, L.; EIMORI, I. Aluminum tolerance in sorghum and bean; method and results. *J. Plant Nutrition*, 3(1-4):687-694, 1981
- MIRANDA, L.N. de & LOBATO, E. Tolerância de variedades de feijão e de trigo ao alumínio e à disponibilidade de fósforo no solo. *R. bras. Ci. Solo* 2:44-50, 1978.
- MOHR, W. Influência da acidez sobre a fertilidade dos solos. In: CONGRESSO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1.; Campinas, 1960. *Anais* Campinas, Soc. bras. Ci. Solo, 1960. p.61-76.
- MUZZILLI, O.; SANTOS, D.; PALHADO, J.B.; MANETTI F.^o, J.; LANTMANN, A.F.; GARCIA, A. & CATANEO, A. Tolerância de cultivares de soja e de trigo à acidez do solo. *R. bras. Ci. Solo*, 2:34-40, 1978.
- RUSCHEL, A.P.; ALVAHYDO, R. & SAMPAIO, I.V.M. Influência do excesso de alumínio no feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em solução nutritiva. *Pesq. agropec. bras.* 3:229-233, 1968.
- SALINAS, J.G. Differential response in some cereal and bean cultivars to Al and P stress in an Oxisol of Central Brazil. Tese de Doutorado. Raleigh, N.C. Dept. of Soil Science, North Carolina State University, 1978. 326p.
- SALINAS, J.G. & SANCHEZ, P.A. Tolerance to aluminum toxicity and low available soil phosphorus. In: NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY: Agronomic - economic research on tropical soil. Annual report for 1974, Raleigh, Soil Science Department, 1975. p. 128-142.
- SALINAS, J.G. & SANCHEZ, P.A. Tolerance to aluminum toxicity and low available soil phosphorus. In: NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY: Agronomic-economic research on tropical soil. Annual report for 1975, Raleigh, Soil Science Department, 1976. p. 40-65.
- SILVA, A.R. da; MAGALHÃES, J.C.A.J. de; ANDRADE, J.M. V. de; SANTOS, H.P. dos. Comportamento de 31 cultivares de trigo em relação à toxicidade de alumínio no solo, em dois níveis de fósforo em Cerrado, no Distrito Federal. In: REUNIÃO DA COMISSÃO NORTE BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO. Campinas, 9 a 12 de janeiro de 1980. Brasília, EMBRAPA(CPAC), 1978. v. 3 p.166-173.