

INDICES DE ACIDEZ PARA PRODUÇÃO DE SOJA CULTIVADA NO ESTADO DE TOCANTINS

FAGERIA N.K.¹; MOREIRA A.²; CASTRO C.²; MORAES, M.F.³

¹Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, Santo Antônio de Goiás, GO, CEP 75375-000, fageria@cnpaf.embrapa.br; ²Embrapa Soja; ³Univerisade Federal do Paraná, Campus Palotina.

No Brasil, a soja é cultivada em solos intemperizados que apresentavam acidez elevada. Na América do Sul, 85% dos solos são ácidos, e aproximadamente 850 milhões de hectares dessa área são sub-utilizadas. Na produção agrícola, a acidez do solo envolve muitos fatores que prejudicam o crescimento das plantas e o seu desenvolvimento.

A calagem é uma prática eficaz para melhorar a produção agrícola nos solos ácidos tropicais (FAGERIA, 2006). Existem vários índices de medição da acidez do solo para a produção. Entre estes destacam-se o pH do solo, saturação por bases, alumínio, cálcio e magnésio. Porém os valores ótimos destes índices de acidez não são bem definidos para a produção de soja. O objetivo deste estudo foi determinar a resposta da soja à calagem em latossolo distrófico do estado do Tocantins.

O experimento foi realizado em condições de campo, durante três anos consecutivos no município de Alvorada, Estado do Tocantins. O solo da área experimental foi um Latossolo Vermelho com os seguintes atributos químicos e físicos: pH = 5,3, Ca = 0,5 cmol_c kg⁻¹, Mg = 0,3 cmol_c kg⁻¹, Al = 0,4 cmol_c kg⁻¹, P = 0,8 mg kg⁻¹, K = 41 mg kg⁻¹, Cu = 1,3 mg kg⁻¹, Zn = 0,6 mg kg⁻¹, Fe = 66 mg kg⁻¹, Mn = 8 mg kg⁻¹, matéria orgânica = 9 g kg⁻¹ e argila 403 g kg⁻¹.

O tratamento consistiu em cinco doses (0, 3, 6, 12 e 18 t ha⁻¹) de calcário com 30,8 % de CaO e 18,5 % de MgO. As doses foram aplicadas três semanas antes da semeadura e incorporada ao solo. A área experimental recebeu 600 kg ha⁻¹ de fertilizante N-P₂O₅-K₂O (2-20-10+0,1 de Zn) aplicado na semeadura em cada ano. As parcelas experimentais foram de 10 m x 5 m. O delineamento experimental utilizado foi de bloco ao acaso com quatro repetições. A cultivar BRS Sambaíba foi semeada com espaçamento de 40 cm. As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* no momento do plantio. Na colheita, uma linha de 1,0 m de plantas foi colhida de cada

parcela para determinar o número de vagens, grãos por vagem, peso de 100 grãos e peso seco da parte aérea.

O material vegetal foi seco em estufa para determinação da matéria seca e dos nutrientes. Amostras de solo foram retiradas de cada parcela após a colheita das culturas a cada ano para determinar as propriedades químicas do solo. Índices de acidez do solo e variáveis associadas foram calculados usando as seguintes fórmulas: Saturação por bases (%) = S(Ca, Mg, K)/CTC × 100; Saturação de Ca, Mg, K (%) = (Ca/CTC) × 100, (Mg/(CTC) × 100, (K/CTC) × 100; CTC (cmol_c kg⁻¹) = S (Ca, Mg, K, H, Al). Os dados foram analisados por análise de variância e análise de regressão foi realizada quando necessário.

As interações Ano vs Produção de grãos, Ano vs Peso Seco, Ano vs Número de grãos por vagem, Ano vs Peso de 100 sementes e Ano vs Índice de Colheita não foram significativas (Tabela 1). A produtividade aumentou significativamente as doses de calcário. Com base na equação de regressão (Tabela 3) a maior produtividade foi alcançada com aplicação de 12,6 t ha⁻¹ de calcário. No entanto, 90% do rendimento de grãos máximo considerado como uma taxa econômica para a produção de grãos em culturas anuais foi reduzida para cerca de 6 t ha⁻¹. Raij e Quaggio (1997) relataram que a taxa econômica de calcário para a soja no cerrado é de 5,5 t ha⁻¹.

O aumento da produtividade com a adição de calcário foi associada ao aumento no peso seco da parte aérea, peso de 100 sementes e número de vagens por planta. A calagem influenciou significativamente a absorção de P, K, Ca e Mg na parte aérea da planta (Tabela 2). Da mesma forma, nos grãos houve efeito sobre o teor de N, P, K e Mg. Houve aumento significativo e quadrático de todos os macronutrientes na parte aérea e de grãos, exceto absorção de N na parte aérea. O aumento destes macronutrientes com o aumento da taxa

de calcário foi associado ao aumento da matéria seca e rendimento de grãos. O acúmulo de macronutrientes na planta de soja (exceto grãos) foi da ordem de $N > K > Ca > Mg > P$. No geral, eficiência de uso de macronutrientes (kg de nutrientes de grãos/kg acumulado no grão) foi 11 kg de N, 200 para P, 39 para K, Ca para 238 e 292 para Mg. No Mg significa que este apresenta o máximo de eficiência na produção de grãos e N o mínimo de eficiência.

Exceto o Mg, absorção dos macronutrientes no grão foi significativa. O rendimento de grãos apresentou coeficiente de determinação de 89 % com N, 91 % com P, 86 % com K, 61 % com o Ca e 79 % com o Mg (Tabela 3). Isto significa que a absorção de N e P tiveram máxima influência sobre o rendimento de grãos em relação ao K, Ca e Mg.

Análise de variância mostrou que a interação Ano vs Doses de Calcário foram significativas para todas as propriedades químicas do solo analisadas. Os valores dessas propriedades obtidas nos três anos são apresentadas (Tabela 4). No primeiro ano, o pH aumentou de 5,3 para 7,3 com a dose 0 a 18 t ha^{-1} . No segundo ano, o aumento foi de 5,2 para 7,2 e no terceiro ano, o aumento foi de 4,7 para 7,7. O aumento no pH foi associado com a neutralização dos íons H+Al e aumento da concentração de Ca e Mg na solução do solo. Fageria (2006) relatou aumento similar em pH com a aplicação de calcário de 24 t ha^{-1} . No geral, houve aumento linear da saturação por bases de 16,4 para 91,5 %, houve diminuição do H+Al de 3,9 para $0,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, do Al^{3+} de 1,5 para $0,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, enquanto o Ca^{2+} aumentou 0,5 para $3,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, o Mg^{2+} de 0,2 para $1,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Fageria e Stone (2004) relataram aumento semelhante ou diminuição nos índices de acidez com a aplicação de calcário. Característica interessante desses resultados é que, com a aplicação de $3,0 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário, praticamente, todos os íons Al^{3+} foram neutralizados. Os índices de acidez do solo

(pH, Ca, Mg, saturação por bases, H+Al, Ca/K e Mg/K) apresentaram associação quadrática com o rendimento de grãos (Tabela 5).

O rendimento de grãos máximo econômico (90 % de $3,1 \text{ t ha}^{-1}$), calculado pela equações de regressão foram de 6,0 para o pH, $1,6 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de Ca, $0,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de Mg, 51% na saturação por bases, $0,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de H+Al, $4,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de CTC, 1,9 relação Ca/Mg, 5,6 Ca/K e relação de 3,8 Mg/K. Fageria (2001) relatou que o rendimento máximo de grãos de soja em Latossolo foi obtido com a saturação por bases de 63% e em pH de 6,8. A variação nos resultados dos índices de acidez para a produção máxima e econômica no presente estudo como relatados na literatura podem ser devido ao uso de cultivares diferentes e outras práticas de manejo.

Referências

- FAGERIA, N.K. Response of upland rice, dry bean, corn and soybean to base saturation in cerrado soil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.5, p.416-424, 2001
- FAGERIA, N.K. Liming and copper fertilization in dry bean production on an Oxisol in no-tillage system. **Journal of Plant Nutrition** v.29, p.1-10, 2006
- FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Yield of dry bean in no-tillage system with application of lime and zinc. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.39, p.73-78, 2004
- RAIJ B.van; QUAGGIO, J.A.. Method used for diagnosis and correction of soil acidity in Brazil: An overview. In: **International symposium on plant-soil interactions at low pH**, eds. MONIZ, A.C.; FURLANI, A.M.C.; SCHAFFERT, R.E.; FAGERIA, N.K.; ROSOLEM, C.A; CANTALELLA, H. 205-214. Campinas/Viçosa: Brazilian Soil Science Society.

Tabela 1. Produção de grãos e variáveis associadas na soja em função da calagem. Média de três anos de avaliação.

Doses	Produtividade	Material Seca Total	Número de grãos por vagem	Peso de 100 sementes	Índice de Colheita
$t\ ha^{-1}$	----- $kg\ ha^{-1}$ -----			g	
0	1988,1	2138,9	2,0	11,3	0,48
3	2688,5	2838,2	2,1	11,8	0,48
6	3037,5	3045,6	2,0	11,8	0,50
12	3064,2	3164,3	2,0	12,2	0,49
18	3101,7	3243,9	2,0	12,6	0,49
Teste F					
Ano (Y)	**	**	**	**	**
Doses (L)	**	**	NS	**	NS
Y X L	NS	NS	NS	NS	NS

** , NS Significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Tabela 2. Absorção de macronutrientes pela planta e grãos em diferentes doses de calcário.

Doses	N	P	K	Ca	Mg
$t\ ha^{-1}$	----- $kg\ ha^{-1}$ -----				
Planta					
0	34,4	1,54	46,2	19,9	12,6
3	35,4	1,77	58,8	27,6	16,0
6	37,5	1,76	57,5	31,0	20,3
12	32,3	1,79	63,3	31,6	18,0
18	45,7	2,22	76,0	40,6	23,7
Teste F	NS	*	*	**	**
Grãos					
0	180,8	9,17	49,3	8,3	6,3
3	256,3	13,18	71,2	11,8	9,5
6	280,0	14,29	77,5	13,4	10,2
12	278,5	15,37	78,3	12,6	10,7
18	296,5	17,09	80,2	12,0	10,6
Teste F	**	**	**	NS	**

** , NS Significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Tabela 3. Correlação entre absorção de nutrientes(X) nos grãos e produção (Y) de soja.

Nutriente	Equação de regressão	R ²
Nitrogênio	$Y = -1281,946 + 23,902X - 0,031X^2$	0,89**
Fósforo	$Y = -1688,917 + 547,453X - 15,576X^2$	0,91**
Potássio	$Y = -1588,232 + 97,227X - 0,491X^2$	0,86**
Cálcio	$Y = -1290,905 + 597,089x - 20,231X^2$	0,61**
Magnésio	$Y = 3208,779 - 385,065X + 34,634X^2$	0,79**

** , NS Significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Tabela 4. Propriedades químicas do solo influenciada pelas doses de calcário.

Propriedades do solo	Doses de calcário ($t\ ha^{-1}$)				
	0	3	6	12	18
Média das três colheitas					
pH (H ₂ O)	5,1	5,9	6,5	7,1	7,4
Saturação por bases(%)	16,4	47,9	65,1	83,0	91,5
H+Al (cmol _c kg ⁻¹)	3,88	2,44	1,70	0,88	0,43
Al (cmol _c kg ⁻¹)	1,52	0,03	0	0	0
Ca (cmol _c kg ⁻¹)	0,45	1,38	2,06	2,73	3,14
Mg (cmol _c kg ⁻¹)	0,19	0,77	1,00	1,25	1,32
CTC (cmol _c kg ⁻¹)	4,64	4,73	4,9	5,01	5,01
Análise estatística					
Ano (Y)		**			
Doses (L)		**			
Y X L		**			

**Significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 5. Correlação entre as propriedades químicas do solo (X) e a produção de soja. Média dos três anos de avaliação.

Propriedades do solo	Equação de Regressão	R ²	VMP ¹	VMEP ²
pH em H ₂ O	$Y = -9884,70 + 3636,82X - 254,65X^2$	0,93**	7,1	6,0
Ca (cmol _c kg ⁻¹)	$Y = 1484,36 + 1189,55X - 216,67X^2$	0,96**	2,7	1,6
Mg (cmol _c kg ⁻¹)	$Y = 1650,76 + 1881,74X - 584,04X^2$	0,94**	1,6	0,9
Sat. por bases (%)	$Y = 1397,45 + 38,71X - 0,22X^2$	0,97**	88	51,0
H+Al (cmol _c kg ⁻¹)	$Y = 3080,34 + 93,431X - 95,77X^2$	0,91**	0,49	0
CEC (cmol _c kg ⁻¹)	$Y = -42520,15 + 17455,66X - 1670,34X^2$	0,51**	5,2	4,8
Ca/Mg	$Y = 5359,01 - 2288,17X + 281,13X^2$	0,89**	1,92	1,9
Ca/K	$Y = 1277,97 + 397,19X - 20,96X^2$	0,90**	9,5	5,6
Mg/K	$Y = 1599,96 + 573,14X - 52,99X^2$	0,91**	5,4	3,0

**Significativo a 1% de probabilidade. ¹VMP = Valor de máxima produção foi calculado pela equação de Segundo grau, enquanto, ²VMEP = Valor Máximo econômico de produção foi calculado pela equação de regressão com base em 90% da produção máxima.