

EFEITO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E DE DOSES DE ENXOFRE SOBRE PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO, PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO MINERAL DO SORGO (*Sorghum bicolor* (L) Moench)

Carlos Alberto Costa VELOSO¹
Amoacy Carvalho FABRICIO²
Frederico Ozanan Machado DURÃES³
Eduardo Jorge Maklouf CARVALHO⁴

RESUMO: Com o propósito de comparar os efeitos da calagem e de doses crescentes de enxofre sobre as propriedades químicas de dois solos: Latossolo Vermelho Amarelo (LV) e Latossolo Vermelho escuro (LE), produção de matéria seca, teor e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S do sorgo granífero, procedeu-se a incubação, por 25 dias, de amostras de solo com calcário e conduziu-se um ensaio em casa de vegetação com seis doses de enxofre: 0; 10; 20; 40; 80 e 160 mg/dm³, na forma de Na₂SO₄. Cinquenta dias após a semeadura, coletou-se a parte aérea das plantas e determinaram-se os teores e acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S. Os teores das bases trocáveis do solo aumentaram com a calagem, sendo que a saturação em bases ficou próxima a 80% nos dois solos. Os valores de pH e os teores de Ca e Mg nos tecidos de sorgo aumentaram com as adições de CaO e MgO aos solos. A produção de matéria seca do sorgo cultivado no solo LV foi superior em relação ao solo LE, e as doses crescentes de enxofre não influenciaram os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S nos dois solos.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Enxofre, Sorgo, Calagem, Nutrientes na planta

¹ Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da EMBRAPA/CPATU, Professor Visitante da FCAP.

² Engenheiro Agrônomo, Dr. Pesquisador da Embrapa/CPAO.

³ Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da EMBRAPA/CNPMS.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da EMBRAPA/CPATU, Professor Visitante da FCAP.



EFFECT OF LIMING AND SULPHUR LEVELS ON SOME SOIL CHEMICAL PROPERTIES, ON PRODUCTION AND MINERAL COMPOSITION OF SORGHUM

ABSTRACT: The effects of liming and sulphur levels on the chemical properties of the soil, dry matter production and nutrients accumulation on tops of sorghum cultivated on a Red Yellow (YRL) and Dark Red (DRL) latosol were determined by means of laboratory incubation and greenhouse pot trial. Soil samples were incubated with lime for 25 days, to which six dosis of sulphur (source: Na_2SO_4) 0; 10; 20; 40; 80 and 160 mg/dm^3 . Fifty days after sowing, plants shoots were harvested and N, P, K, Ca, Mg and S contents were determined. Exchangeable cations and base saturation (V%) of the soils increased after liming. The pH, Ca and Mg contents of the plant shoots increased with the addition of CaO and MgO. The dry matter yield of sorghum was higher in plants cultivated on YRL than in DRL. Increasing sulphur concentration did not show any effect on nutrient contents of plant shoots in both soils.

INDEX TERMS: Sulphur, Sorghum, Liming, Plant Nutrient.

1 - INTRODUÇÃO

Nas regiões tropicais e subtropicais, os solos são bastante intemperizados, apresentando baixos níveis de cálcio, magnésio e acidez variável representada pelo alumínio trocável. A carência de cálcio e magnésio, aliada aos teores tóxicos de alumínio, manganês e fixação do fósforo, na forma de fosfatos de alumínio e de ferro, são responsáveis pela baixa produtividade desses solos (KAMPRATH & FOY, 1971).

Na correção da acidez do solo, a prática mais freqüente é a calagem, utilizando-se o CaCO_3 como elemento de correção da acidez e neutralização do alumínio trocável. Entretanto, sabe-se que, adicionando-se somente o cálcio, haverá desequilíbrio entre Ca e Mg, prejudicando o crescimento das plantas. Portanto, ao mesmo tempo em que for feita a correção da acidez do solo, neutralizando o alumínio trocável, é necessário suprir o solo com os nutrientes Ca e Mg em quantidades adequadas.

A adição de materiais contendo cálcio e magnésio, como carbonatos, óxidos e hidróxidos, ao solo, condiciona uma série de mudanças nas

características químicas do mesmo. Sobre este aspecto, MOSCHLER et al (1960) constataram que a adição de níveis crescentes de calcário dolomítico, em Podzólico Vermelho-amarelo, foi acompanhado por um aumento gradual do pH, de bases trocáveis e da percentagem de saturação por bases. O teor de alumínio trocável, entretanto, decresceu abruptamente com a aplicação de quantidades relativamente pequenas de calcário. Também TISDALE & NELSON (1970) observaram que a adição de carbonatos, hidróxidos e óxidos de cálcio e magnésio a solos ácidos provocou, além da elevação do pH, um aumento nos teores de cálcio e magnésio trocáveis, variando os valores obtidos de acordo com a quantidade e natureza do material usado e com a Capacidade de Troca de Cátions (CTC) do solo.

Os cátions ocupam no mínimo 90% dos sítios de troca em pH acima de 5,6. Porém o fator pH em si não é o principal responsável pela baixa produtividade das plantas em solos ácidos (KAMPRATH, 1967).

O cálcio é de difícil mobilidade no vegetal. EPSTEIN (1975) atribui como uma das funções do cálcio a manutenção da integridade da membrana plasmática (plasmalema) e conseqüente seletividade de íons dessa membrana. O excesso de cálcio pode, porém, inibir a divisão celular e o alongamento celular.

O magnésio, como conseqüência da facilidade de translocação no vegetal, movimenta-se das folhas velhas para as mais novas. Sua importância para os vegetais pode estar ligada a dois fatores: como constituinte da molécula da clorofila e ao papel de ativador de numerosas enzimas envolvidas no metabolismo dos carboidratos, das gorduras e das proteínas (EPSTEIN, 1975). Portanto, ambos os nutrientes deverão estar presentes quando se procura corrigir a acidez do solo através da calagem.

A necessidade do enxofre na nutrição das plantas é conhecida desde os tempos de Liebig. Somente há poucas décadas tem-se dado atenção ao papel desempenhado por este nutriente na fertilidade de solo e na nutrição mineral de plantas.

No Brasil, há escassez de dados sobre o comportamento do enxofre no solo e suas implicações com o crescimento dos vegetais. Isso dificulta o conhecimento da quantidade de enxofre no solo que promoverá a produção

máxima das culturas e que deverá ser aplicada para corrigir as deficiências de enxofre dos solos.

O teor de enxofre disponível no solo e a eficiência de utilização de fertilizantes contendo o elemento sofrem influência de fatores, como: as adições resultantes de precipitações pluviométricas, a velocidade de mineralização da matéria orgânica e a extensão das perdas por lixiviação (HARWARD & REISENAUER, 1966).

Este trabalho teve como objetivo verificar o efeito da calagem nas propriedades químicas dos solos Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho Escuro, e avaliar o efeito da aplicação de doses crescentes de enxofre sobre a produção e o acúmulo de nutrientes nas plantas de sorgo.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

Foram usadas amostras de dois tipos de solo do Estado de São Paulo, classificados como Latossolo Vermelho Escuro (LE) e Latossolo Vermelho Amarelo (LV). O primeiro pertencente à série Luiz de Queiroz e o segundo à série Paredão Vermelho (RANZANI et al, 1966). As amostras de cada solo foram coletadas na camada superficial de 0-20 cm, secadas ao ar e passadas em peneiras de 2 mm de abertura de malha e homogeneizadas. De cada solo foram retiradas subamostras para determinação de: pH em CaCl_2 ; bases trocáveis, extraídas com acetato de amônio 1N, pH 7,0; H + Al, extraído com acetato de cálcio 1N, pH 7,0; Al, extraído com KCl 1N; fósforo disponível, extraído com solução de Mehlich (HCl 0,05N + H_2SO_4 0,025N); S- SO_4 , determinado por turbidimetria do sulfato de bário e matéria orgânica. A necessidade de calagem foi determinada pelo método de saturação de bases, para atingir 100% (RAIJ, 1981).

A incubação dos solos foi realizada por um período de 25 dias e, em seguida, foram coletadas amostras do solo e efetuadas análises de pH em (CaCl_2), Al, H+Al, Ca, Mg, P, K e S- SO_4 , para avaliar o efeito da calagem nas propriedades químicas desses solos.

O material corretivo empregado foi uma mistura de CaO e MgO na proporção de 4:1 de Ca: Mg. Nas amostras, foi adicionada água destilada

equivalente a 70% da capacidade de campo de cada solo. A quantidade de água perdida era repostada a cada dois dias.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ, com os tratamentos dispostos em fatorial 2 x 6, utilizando-se dois solos e seis doses de enxofre: 0; 10; 20; 40; 80 e 160 mg/dm³ de S, na forma de Na₂SO₄, com quatro repetições, em delineamento experimental de blocos casualizados. As amostras dos solos foram colocadas em vasos com capacidade para 2,5 litros, contendo 2 dm³ de solo.

Os solos receberam uma adubação básica de fósforo (100 mg/dm³) e potássio (200 mg/dm³) no dia da semeadura. A adubação nitrogenada (200 mg/dm³) foi fracionada em seis vezes, sendo quatro doses de 20 ppm e duas de 60 mg/dm³, aplicadas em intervalos de sete dias a partir da data da semeadura. As fontes desses nutrientes foram: superfosfato triplo, cloreto de potássio e nitrato de amônio. Foi adicionada uma solução de micronutrientes preparada conforme HOAGLAND & ARNON (1950).

A planta indicadora usada foi o sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench), cultivar BR-300, semeando-se 20 sementes por vaso. Aos sete dias após a emergência das plantas foi feito o primeiro desbaste, deixando-se dez plantas por vaso, e aos quatorze dias foi realizado novo desbaste, deixando-se cinco plantas por vaso. Diariamente, foi adicionada água destilada com o objetivo de manter o solo próximo de 70% da capacidade de campo.

A colheita foi realizada aos 50 dias após a semeadura, cortando-se a parte aérea rente ao solo. O material colhido foi acondicionado em sacos de papel e colocado em estufa de circulação forçada de ar a 70°C, até atingir o peso constante. Logo após, efetuou-se a pesagem do material para a determinação do peso da matéria seca da parte aérea.

O material seco foi passado em moinho Wiley, com peneira de 20 mesh, acondicionado em sacos de papel e levado novamente à estufa antes de ser analisado. As amostras do material colhido foram digeridas em ácido nítrico e perclórico concentrados, segundo o método descrito por MALAVOLTA et al (1989). Em seguida, os extratos foram utilizados para a determinação dos

teores dos seguintes nutrientes: fósforo, por colorimetria de molibdato-vanadato; potássio, por fotometria de chama; cálcio e magnésio, por espectrofotometria de absorção atômica; enxofre, por turbidimetria de sulfato de bário.

A determinação do nitrogênio foi feita utilizando-se a digestão sulfúrica de 200 mg de matéria seca, com destilação em aparelho microkjeldahl e titulação com ácido sulfúrico (0,01 N), segundo metodologia descrita por MALAVOLTA et al (1989).

Os dados obtidos do experimento foram submetidos à análise de variância, sendo as médias dos tratamentos comparadas através do teste de Tukey, ao nível de significância de 5% de probabilidade.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises químicas efetuadas aos 25 dias da incubação com calcário. Verificou-se que a adição de material corretivo provocou sensíveis modificações nas características químicas dos dois solos. O Latossolo Vermelho Amarelo apresentou maior resposta à adição do calcário, principalmente em função da menor fertilidade natural.

Tabela 1 - Análises químicas dos Latossolos Vermelho Escuro (LE) e Vermelho Amarelo (LV), antes e após a calagem e após o cultivo do sorgo granífero Piracicaba-SP.

Especificação	Antes da calagem		Após calagem		Após cultivo	
	LE	LV	LE	LV	LE	LV
Ph em CaCl ₂	4,7	4,1	6,4	6,7	6,2	6,3
Al ³⁺ (mmol _c dm ⁻³)	1,0	5,0	1,0	1,0	1,0	1,0
H + Al ³⁺ (mmol _c dm ⁻³)	38	42	15	10	16	9,0
P (mg.dm ⁻³)	19	2,0	23	3,0	80	58
K ⁺ (mmol _c dm ⁻³)	2,3	0,7	4,5	1,1	6,5	1,2
Ca ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)	30	7,0	48	35	44	33
Mg ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)	9,0	2,0	22	18	17	14
SB (mmol _c dm ⁻³)	41,3	9,7	75	54	67,5	48
CTC (mmol _c dm ⁻³)	79	52	90	65	83,5	57
V (%)	52	19	83	83	81	84
M. Orgânica (g.kg ⁻¹)	21	16	23	18	25	21
S-SO ₄ (mg.dm ⁻³)	4,1	1,0	18,2	6,8	31,8	8,0
N. Calagem (kg/ha)	3792	4220	-	-	-	-
Areia grossa (g.kg ⁻¹)	160	580	-	-	-	-
Areia fina (g.kg ⁻¹)	80	230	-	-	-	-
Silte (g.kg ⁻¹)	160	40	-	-	-	-
Argila total (g.kg ⁻¹)	600	150	-	-	-	-
Classificação textural	Argilosa	Franco arenoso	-	-	-	-

✕ Embora a dosagem do corretivo tenha sido aplicada com o objetivo de alcançar 100% de saturação por bases, verificou-se que foi atingida saturação em bases próxima a 80% nos dois solos, demonstrando que o cálculo da necessidade de calagem baseado na saturação de bases do solo pode subestimar a quantidade de calcário a ser colocada. O mesmo fato também foi observado por RAIJ (1981).

- ✕ Essa dosagem de corretivo foi, entretanto, eficiente na elevação do pH dos solos. A ação do Ca e Mg em deslocar o H e Al do complexo de troca e o efeito do pH elevado em condicionar a precipitação do Al presente na solução do solo, na forma de Al(OH)₃, fizeram com que em ambos os solos os teores de Al trocável chegassem a níveis muito baixos. Resultados similares foram obtidos por KAMPRATH & FOY, (1971).

Os teores de Ca e Mg aumentaram sensivelmente em função das doses desses elementos aplicados como corretivo.

Após o plantio, verificou-se que os valores de pH, Al e H+Al não sofreram grandes alterações. O teor de potássio foi aumentado em ambos os solos devido à adubação.

O teor de cálcio foi moderadamente aumentado possivelmente devido à maior dissolução do óxido de cálcio aplicado como calcário, já que havia passado 75 dias desde a incubação, ou devido ao cálcio contido no superfosfato triplo.

O grande aumento do enxofre no Latossolo Vermelho escuro (LE) observado após o cultivo do sorgo granífero é um fato que merece destaque, uma vez que nenhuma fonte de S foi aplicada nesse tratamento. Com a mineralização da matéria orgânica, ocorreu liberação de S ao solo, aumentando o teor de enxofre existente no solo, o suficiente para suprir as plantas durante o cultivo. Acredita-se que o principal fator tenha sido a liberação de SO_4 devido à elevação do pH. Também, a adição de fosfatos através da adubação fosfatada conduz à dessorção de sulfatos, uma vez que a adsorção de fosfatos é preferencial à de sulfatos. Devido à grande liberação de SO_4 ocorrida nesses solos, não se observou resposta das plantas de sorgo às doses de S aplicadas ao solo. Segundo MALAVOLTA et al (1984), não se deve esperar resposta quando o teor de S- SO_4 no solo for de 15 ± 30 ppm, como se observa na Tabela 2.

Os dados da Tabela 2 mostram que a calagem aumentou o nível de S- SO_4 do solo, sendo este fato hipoteticamente responsável pelos resultados não significativos da absorção com enxofre. Também observa-se que houve um crescimento bem maior das plantas no Latossolo Vermelho Amarelo (LV) de menor fertilidade natural. A análise das plantas (Tabela 3) também mostrou que o acúmulo de N, K, Ca, Mg e S foi maior nas plantas cultivadas em solo LV. A dose 160 mg/dm^3 de S, causou efeito negativo no crescimento das plantas, principalmente no Latossolo Vermelho Amarelo.

Tabela 2 - Produção média de matéria seca da parte aérea do sorgo sob diferentes doses de enxofre.

Doses de S (mg/dm ³)	LE	LV
	g/vaso	g/vaso
0	4,66 a	13,33 a
10	4,96 a	12,35 a
20	4,91 a	13,52 a
40	5,95 a	11,63 ab
80	5,43 a	12,95 a
160	5,30 a	8,85 b

Nota: médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores dos macronutrientes determinados na matéria seca da parte aérea e as quantidades de macronutrientes absorvidos encontram-se na Tabela 3.

Verificou-se que no Latossolo Vermelho escuro (LE) a adição de doses crescentes de enxofre reduziu a absorção do enxofre. Com relação a cálcio e magnésio foi possível visualizar que em todos os tratamentos com enxofre os teores de cálcio e magnésio mantiveram-se constantes.

No Latossolo Vermelho Amarelo (LV), a aplicação de doses crescentes de enxofre promoveu um aumento na absorção de enxofre até a dose de 80 mg/dm³. Quanto à absorção de cálcio e magnésio, ocorreu um equilíbrio dos nutrientes.

Tabela 3 - Teores médios e acúmulos de macronutrientes (mg/vaso) na matéria seca da parte aérea do sorgo em função das doses de enxofre. Piracicaba-SP.

Tratamentos S(mg/dm ³)	Solo	N		P		K		Ca		Mg		S	
		g/kg	mg	g/kg	mg	g/kg	mg	g/kg	mg	g/kg	mg	g/kg	mg
0	LE	33,7	157	3,1	14	26,0	121	6,7	31	4,2	19	2,6	12
	LV	25,9	345	3,9	52	20,2	269	5,8	77	6,2	83	1,2	16
10	LE	33,1	164	3,2	16	28,2	140	7,1	35	4,5	22	2,5	12
	LV	23,9	295	4,0	49	20,0	247	5,8	72	7,0	86	1,4	17
20	LE	32,2	158	3,1	15	28,3	139	6,9	34	4,5	22	1,8	9
	LV	26,9	364	4,3	58	21,7	293	5,6	76	7,2	97	1,7	23
40	LE	31,6	188	2,9	17	28,3	168	6,7	40	4,3	26	2,0	12
	LV	28,5	331	3,8	44	17,9	208	6,4	74	5,4	63	1,8	21
80	LE	32,5	176	3,2	17	29,6	161	6,0	33	4,2	23	2,2	12
	LV	28,7	372	4,8	62	21,7	281	5,2	67	6,4	83	1,9	25
160	LE	32,5	172	2,8	15	27,9	148	5,4	29	4,0	21	2,2	12
	LV	27,9	247	4,6	41	23,0	204	5,1	45	6,4	57	2,1	19

A adição de doses crescentes de enxofre não influenciou a absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

4 - CONCLUSÃO

Os teores de bases trocáveis e os índices de saturação em bases (V%) aumentaram com a calagem dos solos, ficando, entretanto, abaixo dos valores calculados pela necessidade de calagem baseada na elevação da saturação por bases.

Os valores de pH e os teores de cálcio e magnésio aumentaram com a calagem dos solos.

As produções de matéria seca do sorgo cultivado no solo Latossolo Vermelho Amarelo foram superiores em relação ao solo Latossolo Vermelho Escuro.

As doses crescentes de enxofre não influenciaram os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S nos dois solos.

(Aprovado para publicação em 14.01.98)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. 344 p.
- HARWARD, M.E., REISENAUER, H.M. Reaction and movement of inorganic soil sulfur. *Soil Science*, v. 101, p. 326-335, 1966.
- HOAGLAND, D.R., ARNON, D.J. The water culture method for growing plant without soil. *Calif. Agric. Exp. Sta. Calif.* n. 347, 1950.
- KAMPRATH, E.J. A acidez do solo e calagem. Madison: International Soil Testing, 1967. 23p. (Boletim Técnico, 4).
- _____, FOY, C.D. Lime-fertilizer- plant interactions in acid soils. In: OLSON, R.A. et al (Ed.) *Fertilizer technology and user*, 2. ed. Madison: Soil Sci. Soc. of Amer., 1971. p.105-51.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. de Avaliação do estado nutricional das plantas-princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

_____, et al. *Efeitos de doses e fontes de enxofre em culturas de interesse econômico*. São Paulo: Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio, 1984, 60p. (Divulgação Técnica. Boletim n. 3).

MOSCHLER, W.W., JONES, G.D., THOMAS, G.W. Lime and soil acidity on alfalfa growth in a Red-Yellow Podzolic Soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, v. 24, p. 507-512, 1960.

RAIJ, B. Van. *Avaliação da fertilidade do solo*. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato (EUA) e Instituto Internacional da Potassa (SUÍÇA), 1981. 142p.

RANZANI, G., FREIRE, O., KINJO, T. *Carta de solos do Município de Piracicaba*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1966. 85 p. (mimeografado).

TISDALE, S.L., NELSON, W.L. *Fertilidad de los suelos y fertilizantes*. Barcelona: Montaner y Simon, 1970. 760 p.