

INFLUÊNCIA DA CALAGEM E DO FÓSFORO NA ADUBAÇÃO DE CULTURAS COM ZINCO. I: SORGO^{1/}

José Mário Braga ^{2/}

1. INTRODUÇÃO

Em consequência da pobreza de fósforo dos solos brasileiros, grande quantidade desse elemento tem sido recomendada para a adubação (12).

Se, de um lado, as produções das culturas em que foram aplicadas doses elevadas de P têm aumentado, de outro, essas grandes quantidades têm acarretado deficiência de outros elementos (3, 8, 13, 17), sendo a de zinco uma das mais marcantes (2, 4, 5, 14, 18). Essa deficiência tem sido provocada pelo antagonismo dos dois elementos em algumas situações, em razão do grau de acidez do solo (6, 7, 15, 16), ocorrendo formação de precipitados (9) e adsorção ao complexo organomineral do solo (6, 10, 17). Por outro lado, pouco ou nada se sabe sobre seu comportamento no vegetal (5).

Em solos brasileiros, há poucos dados relativos à interação dos dois elementos. Quando são envolvidos vegetais tolerantes a baixos níveis de um deles (1, 9, 11, 14, 15), há, então, menos dados disponíveis.

O presente trabalho tem a finalidade de:

a. obter dados sobre a produção de matéria seca e quantidade de fósforo e zinco absorvida em duas variedades de sorgo, em quatro tipos de solo;

b. obter dados que indiquem situações do solo nas quais a interação de fósforo e zinco é negativa para o vegetal.

^{1/} Parte do Projeto «Fosfatos Naturais: Avaliação Agronômica e Utilização na Agricultura». (Projeto n.º 4.1496).

Recebido para publicação em 14-3-1983.

^{2/} Departamento de Solos da UFV. 36570 Viçosa, MG.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram usadas amostras de quatro solos, três deles da região do Triângulo Mineiro e um da região de Viçosa (Quadro 1). Os resultados das análises físicas e químicas das amostras desses solos vêem-se nos Quadros 2 e 3.

QUADRO 1 - Identificação, classificação e localização das amostras de solo

Identificação	Classificação	
T - 1	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. Textura média (LEdm)	Ituiutaba, MG
T - 3	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. Textura argilosa (LEd)	Uberlândia, MG
T - 4	Latossolo Roxo distrófico (LRd)	Campo Florido, MG
TG	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Textura argilosa (LAd)	Viçosa, MG

QUADRO 2 - Resultados das análises físicas das amostras do solo

Ident.					Classificação Textural
	A. Grossa	A. Fina	Silte	Argila	
	%				
T-1	57	26	7	10	Areia franca
T-3	19	20	17	44	Argila
T-4	12	26	30	32	Franco argiloso
TG	18	11	19	52	Argila

O ensaio, desenvolvido em casa de vegetação, foi constituído de um esquema fatorial completo, em que as causas de variação foram: zinco, na forma de sulfato de zinco e nos níveis de 0, 4,5 e 9,0 ppm de Zn; calagem, em dois níveis, na ausência e presença de calcário, em quantidade suficiente para elevar o pH do solo a 6;

QUADRO 3 - Resultados das análises químicas das amostras de solo.

Tipo de Análise	Solo			
	T-1	T-3	T-4	TG
pH	4,1	4,3	4,7	3,8
Ca leq.mg/100 g solo (1)	0,20	0,10	0,20	0,20
Mg eq. mg/100 g solo (1)	0,04	-	0,08	
Al eq. mg/100 g solo (1)	0,35	0,45	0,05	1,85
K ppm (2)	38	30	44	32
P ppm (2)	1,6	1,0	0,8	3,5
MO % (3)	1,5	4,7	3,3	6,2
Capacidade máxima de adsorção (mg P/g solo)	0,357	0,937	0,964	0,868

(1) - Extrator - K Cl-1N

(2) - Extrator - Mehlich 1

(3) - Método Walkley - Black

duas variedades de sorgo, uma dita sensível (CMS X S 903) e outra dita tolerante (CMS X S 136) a baixos níveis de fósforo no solo, ambas fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS — EMBRAPA, Sete Lagoas, MG), e quatro solos. O delineamento foi em blocos ao acaso, com três repetições.

Em todos os tratamentos foi usada uma única dose de fósforo (a fonte foi o superfosfato triplo), em quantidade igual à capacidade máxima de adsorção. A quantidade calculada de fósforo foi misturada com o solo, por ocasião da instalação do ensaio e após a incubação do solo com o calcário. Também por ocasião do plantio, foi feita adição de potássio, cuja fonte foi o cloreto de potássio, e de micronutrientes, fornecidos em coquetel, em uso no Departamento de Solos da UFV, com isenção de fósforo e zinco.

Diariamente, adicionava-se água, visando a conservar o mesmo teor de água no solo durante o ensaio, e, semanalmente, aplicava-se o mesmo coquetel de micronutrientes usado por ocasião do plantio.

Foram colocados 2 kg de solo em cada vaso e semeadas 25 sementes de sorgo. Após a emergência, foi feito o desbaste, deixando-se 15 plantas por vaso.

O ensaio teve a duração de 45 dias. Transcorrido esse tempo, fez-se o corte, rente ao solo, da parte aérea, que foi colocada dentro de envelope de papel e deixada para secar em estufa, com circulação forçada de ar. O material seco foi pesado, moído e analisado quanto a fósforo e zinco.

O solo que se encontrava nos vasos foi secado e destorroado, retirando-se dele uma amostra, que foi usada para a análise química de fósforo e zinco. Nessa análise foi usada a solução de Mehlich 1, para que fosse obtido o zinco e o fósforo, sendo o zinco analisado por absorção atômica e o fósforo por colorimetria.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A calagem teve efeito sobre a produção de matéria seca e sobre a quantidade de fósforo e de zinco absorvida e acumulada na parte aérea do sorgo (Quadro 4).

QUADRO 4 - Efeito da calagem e do zinco sobre a produção de matéria seca e sobre as quantidades de fósforo e de zinco absorvidas e acumuladas na parte aérea de sorgo*

	Calagem		Variedade	
	Sem	Com	Tolerante	Sensível
Matéria seca (g/vaso)	5,6b	5,9a	6,2a	5,3b
Fósforo absorvido (mgp/vaso)	409a	346b	387a	368a
Zinco absorvido (mg Zn/vaso)	0,161a	0,137b	0,157a	0,130b

* As médias seguidas da mesma letra, nas linhas, para cada causa de variação, não diferem estatisticamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observa-se que o efeito não ocorreu no mesmo sentido nas três situações: na matéria seca, a maior média foi a dos solos com calagem; o contrário aconteceu com a quantidade de fósforo e de zinco absorvida e acumulada na parte aérea. O efeito da calagem não se verificou apenas porque havia no solo alumínio trocável, que limitou a produção (solo TG).

A menor absorção e acúmulo de fósforo e de zinco verificou-se quando se aplicou calcário. É interessante observar que também ocorreu menor acúmulo de fósforo, possivelmente em consequência da presença de cálcio. Quanto à absorção de zinco, era de esperar o observado, pois, na ausência da calagem, há maior atividade do próprio zinco.

Também a variedade mostrou efeito sobre a produção de matéria seca e sobre a quantidade de zinco absorvida (Quadro 4). Se for considerada a eficiência diferencial das variedades na absorção de fósforo, ambas deveriam ter a mesma tendência para produzir matéria seca, uma vez que o nível de fósforo no solo foi elevado a ponto de não permitir que o grau de eficiência fosse detectado.

Partindo desse princípio, a diferenciação entre as duas variedades só se verificou por causa da maior capacidade da variedade mais eficiente em fósforo para absorver mais zinco do que a variedade menos eficiente. É possível que a característica de adaptabilidade a níveis baixos de fósforo desenvolveu ao mesmo tempo maior habilidade de absorver zinco.

Essa dicotomia entre os níveis de zinco e a absorção de fósforo é comprovada pelo fato de que os níveis de zinco não causaram efeito significativo nem na quan-

tidade de fósforo absorvida e acumulada na parte aérea nem na produção de matéria seca (Quadro 5). Houvesse dependência, haveria, em consequência, alteração significativa na quantidade de fósforo absorvida, uma vez que a quantidade aplicada foi a mesma em todos os tratamentos. Não há dados que comprovem que com níveis mais baixos de fósforo os resultados sejam os mesmos ou que haja interação das variáveis estudadas e o fósforo.

QUADRO 5 - Efeito das doses de zinco sobre a produção de matéria seca sobre a quantidade de fósforo e de zinco absorvida e acumulada na parte aérea de sorgo*

Doses de Zinco	Matéria Seca	Quantidade Absorvida	
		Fósforo	Zinco
ppm	g/vaso	mg/vaso	
0	5,7 a	129 a	0,075 c
4,5	5,8 a	129 a	0,150 b
9,0	5,8 a	126 a	0,206 a

* As médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Entretanto, houve efeito positivo e significativo da interação dos níveis de zinco e calagem na produção de matéria seca e dos níveis de zinco e solos na quantidade de zinco absorvida e acumulada na parte aérea (Quadro 6). O efeito de zinco só foi observado com doses maiores e com calagem. Com a aplicação de zinco na ausência de calagem, verificou-se tendência de redução da produção com o nível mais elevado. Esses dados confirmam o comportamento geral do zinco no solo, qual seja, menor disponibilidade ou necessidade de aplicação de fonte de zinco nos solos que sofreram calagem.

Por sua vez, os níveis de zinco provocaram efeito significativo e positivo na quantidade absorvida de zinco nos quatro solos (Quadro 6), a qual variou conforme o solo, sendo maior no solo T - 3.

Esse comportamento diferencial dos solos também foi observado, na ausência ou na presença da calagem, na produção de matéria seca e na absorção de fósforo (Quadro 7). Nos solos T - 4 e TG, houve aumento de matéria seca com a calagem, o que não aconteceu nos dois outros. O teor de alumínio foi elevado apenas no TG, o que leva a supor que no T - 4 as doses de zinco tenham causado aumento de produção. No solo TG, o efeito foi resultado da adição do calcário. Apesar do aumento de matéria seca com a calagem, não houve maior absorção de fósforo nesse solo, nem no solo T - 4.

O teor de fósforo no solo após a colheita foi influenciado principalmente pela interação de solo e calagem (Quadro 8). Tanto na situação de calagem como na de

QUADRO 6 - Efeito da interação de níveis de zinco e calagem e tipos de solo na produção de matéria seca e no total de zinco absorvido*

Níveis de Zinco	Matéria Seca Calagem		Zinco Absorvido Tipos de Solo			
	sem	com	T-1	T-3	T-4	T-G
	g/vaso		mg Zn/vaso			
ppm						
0	5,6 aA	5,8 aA	0,07aA	0,07aA	0,05aA	0,09aA
4,5	5,8 aA	5,8 aA	0,13aA	0,16bA	0,15bA	0,14bA
9,0	5,4 aB	6,1 aA	0,17cB	0,26cA	0,19cB	0,19cB

* As médias seguidas da mesma letra minúscula, nas colunas, ou maiúscula, nas linhas, para cada variável, não se diferenciam significativamente, pelo teste de Tukey, a 5%.

QUADRO 7 - Efeito da interação de tipo de solo e calagem na produção de matéria seca e na quantidade de fósforo absorvido e acumulado na parte aérea*

SOLO	Produção Matéria Seca		Fósforo Absorvido	
	Sem cal.	Com cal.	Sem cal.	Com cal.
	g/vaso		mg/P/vaso	
T - 1	3,1 cA	3,4 bA	510 aA	408 aB
T - 3	7,1 aA	6,9 aA	385 bA	278 cB
T - 4	6,1 bB	6,5 aA	368 bA	383 abA
TG	6,2 bB	6,9 aA	376 aA	318 bcA

* As médias seguidas da mesma letra minúscula, nas colunas, ou maiúscula, nas linhas, para cada variável, não se diferenciam significativamente, pelo teste de Tukey, a 5%.

sem calagem, o teor de P esteve relacionado com a quantidade de argila (Quadro 2). Nos dois solos que têm mais argila (T-3 e TG), o teor de P é menor do que nos solos sem calagem. Quando foi feita a calagem, o teor de P foi menor nos dois solos (T-1 e T-4) que tinham menos argila. Possivelmente, o que aconteceu relacionou-se com a fonte de sorção de fósforo. Nos dois solos em que a liberação de fósforo foi maior, a sorção de fósforo talvez tenha sido devida mais ao alumínio trocável do que a outras causas, enquanto nos outros dois solos a influência do alumínio trocável talvez tenha sido menor. Essa possibilidade foi também discutida com respeito a outros tipos de solos, por JORGE (*).

Nos solos sem calagem, os teores de zinco situaram-se dentro da amplitude normal, conforme observado por TUCUNANGO SARABIA (13).

Os teores de zinco no solo após o término do ensaio foram influenciados principalmente pela calagem, que diminuiu a disponibilidade do elemento (Quadro 8), diminuição que se relacionou com o pH do solo, sendo maior no solo TG (menor pH) e menor no solo T-4 (maior pH).

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente ensaio foi instalado com o objetivo de estudar a influência da interação de zinco, calagem, variedade, tipo de solo e fósforo na produção da matéria seca e na quantidade de fósforo e zinco absorvida e acumulada na parte aérea de sorgo.

O ensaio foi formado por um fatorial em que se testou uma única dose de fósforo, duas variedades de sorgo (uma tolerante e outra sensível a baixos níveis de fósforo no solo), dois níveis de calagem (com e sem aplicação de calcário suficiente

(*) — Comunicação Pessoal de H. D. JORGE, Dep. Solos, U.F.V.

QUADRO 8 - Teores de fósforo e de zinco nos solos, com e sem calagem, após o ensaio*

FÓSFORO				ZINCO			
	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média	
	ppm						
T-1	227 aA	52 bB	144 a	0,81 bA	0,45 bA	0,63 b	
T-3	121 aA	81 aB	101 b	0,71 bA	0,71 bA	0,71 b	
T-4	249 aA	52 bB	151 a	2,41 aA	2,15 aA	2,28 a	
TG	118 bA	67 aB	92 b	3,51 aA	1,35 abB	2,43 a	

* As médias seguidas da mesma letra minúscula, nas colunas, e da mesma letra maiúscula, nas linhas, para cada causa de variação, não diferem estatisticamente, ao nível de 5% de probabilidade.

para elevar o pH dos solos a 6, três níveis de zinco (0, 4, 5 e 9 ppm de zinco) e uma dose de fósforo, igual à capacidade máxima de adsorção. O delineamento foi em blocos ao acaso, com três repetições.

De acordo com esses dados, tiram-se as seguintes conclusões:

1 — a variedade de sorgo mais tolerante a baixos teores de P no solo produziu mais matéria seca e absorveu mais zinco, mesmo com a aplicação de alto nível de fósforo;

2 — o zinco limitou a produção de matéria seca nos solos onde foi feita a calagem;

3 — os teores de fósforo e zinco no solo após a colheita foram menores quando se fez a calagem.

5. SUMMARY

The objectives of this study were to analyze the effects of the interactions among zinc, phosphorus, lime, type of soil, and sorghum variety in the production of dry matter; and, to measure the phosphorus and zinc contents in the aerial parts of sorghum varieties.

The experiment was carried out in the greenhouse as a factorial scheme which consisted of three levels of zinc, one of phosphorus, two of lime, and with two varieties of sorghum. The experimental design was set as random blocks with three replications.

The conclusions were:

1 — The sorghum variety more tolerant to low levels of phosphorus produced more dry matter and absorbed more zinc even when a high level of phosphorus was applied to the soil;

2 — Zinc limited the dry matter production of sorghum in soils where limestone was applied; and,

3 — The phosphorus and zinc levels in soils were the lowest (after harvesting) when limestone was applied.

6. LITERATURA CITADA

1. AMBLER, J.E. & BROWN, J.C. Cause of differential susceptibility to zinc deficiency in two varieties of navy beans (*Phaseolus vulgaris*). *Agron. J.* 61(1): 41-43. 1969.
2. BAHIA, F.G.F.T. & BRAGA, J.M. Influência da adubação fosfatada e da calagem sobre a absorção do zinco, em dois solos de Minas Gerais. *Rev. Ceres* 21 (115):167-192. 1974.
3. BINGHAM, F.T. Relation between phosphorus and micronutrients in plants. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 27(1):389-391. 1963.
4. BINGMAN, F.T. & GARBER, M.J. Solubility and availability of micronutrients in relation to phosphorus fertilization. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 24(1): 209-213. 1960.
5. BOAWN, L.C.; VIETS, F.G. & CRAWFORD, C.L. Effects of phosphate fertilizers on zinc nutrition of field beans. *Soil Sci.* 78(1):1-7. 1954.

6. BRASIL SOBRINHO, M.O.C. *Levantamento do teor de zinco em alguns solos do município de Piracicaba*. Piracicaba, Esc. Sup. Agric. «Luiz de Queiroz», 1966. 96 p. (Tese de concurso catedrático da cadeira n.º 2, Química Agrícola).
7. FRIESEN, D.K.; JUO, A.S.R. & MILLER, M.H. Liming and lime-phosphorus-zinc interactions in two Nigerian Ultisols: I. Interactions in the soil. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 44(6):1221-1226. 1980.
8. LINDSAY, W.L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J.J. *et alii*, ed *Micronutrients in agriculture*. Madison, Soil. Sci. Soc. Amer., 1972. p. 41-57.
9. LINDSAY, W.L. Chemical reactions affecting the availability of micronutrients in soil. In: ANDREWS, C.S. & KAMPRATH, E.J. *Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils*. Melbourne, CSIRO, 1978. p. 53-167.
10. LUCAS, R.E. & KNEZEK, B.O. Climatic and soil conditions promoting micronutrient deficiencies in plants. In: MORTVEDT, J.J. *et alii*. *Micronutrients in Agriculture*. Madison, *Soil Sci. Soc. Amer.*, 1972. p. 265-288.
11. KANNAN, S. & RAMANI, S. Zinc stress in some sorghum hybrids and parent cultivars: significance of pH reduction and recovery from chlorosis. *J. Plant Nutrition* 5(3):219-277. 1982.
12. OLIVEIRA, A.J.; LOURENÇO, S. & GOEDERT, W.J. *Adubação fosfatada no Brasil*. Brasília. EMBRAPA, 1982. 326 p.
13. OLSEN, S.R. Micronutrients interactions. In: MORTVEDT, J. J. *Micronutrients in agriculture*. Madison, *Soil Sci. Soc. Amer.*, 1972. p. 243-264.
14. PATIL, D.S. & SOMAWANSH, R.D. Beneficial combinations of P and Zn to green gram (*Phaseolus aureus* L.). *Plant and soil* 65(1):125-128. 1982.
15. SEATZ, L.; STERBERG, A. & KRAMER, J. Crop response to zinc fertilization influenced by lime and phosphorus application. *Agron. J.* 51(2):457-459. 1959.
16. SILVEIRA, R.J.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLLA, S. & SARRUGE, J.R. Influência do pH e dos teores de fosfato solúvel e matéria orgânica sobre a fixação do zinco pelo solo. *Anais da ESALQ* 32:285-295. 1975.
17. SHUKLA, V.C. & YADAN, D.P. Effect of phosphorus and zinc on nodulation and nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum*). *Plant and Soil*, 65(2):239-248. 1982.
18. TUCUNANGO SARABIA, W.A. *Avaliação dos teores de zinco e boro «disponíveis» em latossolos do Triângulo Mineiro*. Viçosa, UFV. 1982. 61 p. (Tese de M.S.)