

NÍVEIS DE SULFATO DE ZINCO EM MILHO (*Zea mays*) EM SOLOS DE CAMPO CERRADO¹

JOÃO PEREIRA², IRON F. VIEIRA³, EDNAN ARAÚJO MORAES³ e ABELARDO S. RÊGO²

SINOPSE.— Um experimento em blocos casualizados com adubação básica NPK-Ca, mais sulfato de zinco nos níveis de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 kg/ha, aplicados ao solo como tratamento, em seis repetições, foi levado a efeito durante dois anos consecutivos em um latossolo vermelho escuro fase campo-cerrado, em Anápolis, Goiás.

As respostas, tanto do 1.º ano quanto do 2.º, foram significativas para regressão do 4.º grau, isto devido às grandes diferenças registradas da testemunha para os demais níveis de zinco. O teste de Tukey acusou esta diferença entre os níveis zero e 10 kg/ha. Não houve diferença significativa entre os níveis 10 a 50 kg/ha.

O experimento permitiu concluir que: 1) houve uma alta resposta da cultura do milho à aplicação do sulfato de zinco em latossolo sob campo-cerrado; 2) o efeito das doses mais elevadas do sulfato de zinco não foi tóxico no solo em apreço.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo produtor mundial de milho com uma produção aproximada de 12.824.000 toneladas (FAO 1968). As condições climáticas reinantes em todo o seu território são consideradas excelentes para tal cultura; acredita-se mesmo que seja o maior potencial para o desenvolvimento da mesma, em todo o mundo. Existem apenas algumas áreas no Nordeste onde se deve complementar o balanço hídrico.

Por outro lado, o milho é uma das matérias-primas de origem agrícola mais diversificadas, isto é, tem enorme gama de aplicações industriais. Daí outra razão fundamental de sua importância no contexto da objetividade das pesquisas e experimentação.

Todavia, existem fatores limitantes que têm sido verdadeiros empecilhos ao maior rendimento por área. Dentre eles estão os relacionados à capacidade nutricional dos solos dominantes no país.

A escassez natural do macronutriente fósforo, nestes tipos de solos, tem sido o fator limitante da produtividade agrícola em toda a extensão do país, principalmente, nos solos que estão sob as vegetações típicas denominadas "campos", "campos-cerrados" ou "cerrados".

Entretanto, outros fatores, em menor extensão, porém, de quase igual importância como limitantes da produção, têm sido a deficiência em cálcio e micronutrientes. McClung *et al.* (1958) mostram esta situação em quatro solos de campo-cerrado de Anápolis, através de experimento com capim pangola.

No Brasil poucos trabalhos têm sido realizados no sentido de estudar deficiências de zinco na cultura de milho.

Assim é que, baseados em sintomas de deficiência de zinco observados numa cultura comercial de milho em

Matão em 1957, Igue e Gallo (1960) executaram o primeiro estudo de zinco em milho no Brasil. Os resultados evidenciaram as carências. Outro trabalho sobre efeito de zinco em milho foi realizado por Igue *et al.* (1962) em solo do Glacial, no município de Mogi-Mirim. Neste caso não se constatou efeito do zinco na produção, apesar de sintomas moderados e severos terem sido observados. Todavia, muitos trabalhos evidenciando a importância do zinco como nutriente são encontrados na literatura estrangeira.

Viets Jr. *et al.* (1954) estudaram 26 culturas em solo deficiente em zinco disponível para as plantas e classificaram-nas em três grupos quanto à resposta vegetativa ao zinco aplicado em pulverização na folha ou ao solo: muito sensíveis, pouco sensíveis e insensíveis. Dentre as oito classificadas como muito sensíveis, o milho se apresenta em 3.º lugar.

Thorne (1957) verificou que alguns efeitos da deficiência de zinco em plantas são aparentemente incidentes na redução da auxina presente. Folhas de plantas deficientes em zinco têm, freqüentemente, menos umidade que as normais. Cita ainda que fontes de zinco atuam como catalisadores na formação do triptofano, precursor do ácido indol-acético (auxina).

Orden *et al.* (1956) alegam que aparentemente a água aumentada nos tecidos, na presença de auxina, não resultou de água movendo contra um gradiente de concentração, mas sim da ação de auxina sobre condições aeróbicas, causando um afrouxamento da parede celular, a qual deixou a célula tomar água e expandir-se osmoticamente.

Chapman (1966), após revisão intensa, concluiu que, em plantas deficientes, as folhas velhas têm estrias amarelo-claras, ou cloróticas, rasgadas entre as nervuras; estas podem se mostrar com uma faixa de tecido branco ou amarelo, entre o centro e a borda, isto ocorrendo principalmente na parte mais extrema da folha, e sendo visível quando a folha jovem está saindo do verticilo. Plantas severamente deficientes são também enfezadas e têm internódios curtos.

Gall e Barnette (1940) verificaram que o zinco, no teor de 0,688 a 1,376 mE/100 g de solo, foi tóxico para

¹ Aceito para publicação em 13 jul. 1972.

² Eng.º Agrônomo, Pesquisador em Agricultura da Estação Experimental de Anápolis, do Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Oeste (IPEACO), Caixa Postal 608, Anápolis, Goiás, e bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas.

³ Eng.º Agrônomo da Estação Experimental de Anápolis.

milho em um determinado solo arenoso, e no de 0,758-1,137 mE/100 g de solo, em um franco-arenoso, e em níveis mais elevados, para solos franco-argilosos.

Thorne *et al.* (1942) verificaram que solos derivados de rochas calcárias apresentavam teores bem mais elevados em zinco que solos não calcários. Verificaram também que plantas em solos originados principalmente de granito gnaíse, quartzito, ou rochas relacionadas, apresentaram sintomas de deficiência de zinco. Amostras de rochas que originaram solos não calcários apresentaram teores de zinco semelhantes ao das rochas calcárias de origem. O zinco das amostras de granito, gnaíse e quartzitos estudados foi mais solúvel que o das amostras de rochas calcárias. Aparentemente, o zinco é perdido mais rapidamente de rochas silicatadas que de calcárias, durante os processos de intemperismo.

O solo em que foi conduzido o presente trabalho é originado de rochas silicatadas, e presumivelmente se enquadra nos itens *a* e *b* das condições citadas por Chapman (1966), para que haja deficiência de zinco: a) solo ácido, lixiviado, arenoso e com deficiência de zinco; b) solos derivados de gnaíse.

Truog (1948), em um gráfico, mostra de maneira bem clara as disponibilidades de cada nutriente para as plantas a cada nível de pH 4,0 a 10,0.

Viets Jr. *et al.* (1953) verificaram que, a um dado grau de saturação, a absorção de zinco decresceu quando a saturação de cálcio aumentou até a 90%.

O sulfato de zinco heptahidratado ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) comercial é a fonte de zinco mais acessível no mercado e a literatura indica-o como uma das melhores. Shaw *et al.* (1954) verificaram que sua aplicação, misturado ao

solo, foi ligeiramente mais eficiente que quando aplicado lateralmente.

No caso dos campos, campos-cerrados ou cerrados do Brasil Central, cujos solos são basicamente latossolos, e dada a sintomatologia que se observa nas culturas existentes e que está de conformidade com a descrita por Barnette e Warner (1935), o zinco deve ser estudado como possível fator limitante. Esta suspeita da limitação da produção pelo fator zinco foi motivo da presente pesquisa que, embora simples, é informação básica para novas pesquisas sobre o problema.

O objetivo foi estudar o efeito de diferentes doses de sulfato de zinco para a cultura do milho nestes solos.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi executado na Estação Experimental de Anápolis, do Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Oeste (IPEACO) durante os anos agrícolas 1967/68 e 1968/69.

No primeiro ano foi utilizada uma área virgem, de vegetação natural de campo-cerrado, isto é, solo com vegetação dominante constituída de gramíneas e árvores tortuosas e esparsas. No segundo ano de plantio, o local foi o mesmo. O solo foi classificado por Mendes (1965) como sendo um Latossolo Vermelho Escuro textura média, vegetação de campo-cerrado. As análises físico-químicas deste solo foram realizadas pela Divisão de Pesquisa Pedológica por Mendes (1965) e os dados se acham transcritos no Quadro 1.

QUADRO 1. Perfil CO-1. Latossolo Vermelho Escuro textura média, da Estação Experimental de Anápolis. Análise físico-química^a

Amostra de lab. n.º	Horizonte Símbolo	Amostra secada ao ar (%)		pH (1:2,5)		Equivalente de umidade
		Calhaus (20 mm)	Cascalho (20-2 mm)	Água	KCl N	
881	A ₁	0	0	4,9	4,5	24
882	A ₃	0	0	5,7	4,8	22
883	B ₂₁	0	1	5,5	5,4	21
884	B ₂₂	0	1	6,2	6,1	22
885	B ₃	0	2	6,2	6,2	22

Amostra de lab. n.º	Ataque por H ₂ SO ₄ d = 1,47 (%)					Ki	Kr	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅ (mg/100 g) Bray 1
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	F ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅				
881	4,8	20,3	13,4	0,92	0,08	0,40	0,28	2,37	0,6
882	4,7	21,4	13,4	1,03	0,07	0,37	0,27	2,50	0,4
883	4,9	23,0	14,3	0,97	0,07	0,36	0,26	2,53	0,4
884	5,0	24,3	14,9	1,03	0,07	0,35	0,25	2,56	0,3
885	4,9	24,9	15,3	0,99	0,07	0,34	0,24	2,54	0,3

Amostra de lab. n.º	Complexo sortivo (mE/100 g) Acetato de amônio NpH7								V (%)	100. Al Al + S
	Ca+++ Mg++ K+	Na+	S	Al+++	H+	T				
881	0,7	0,08	0,07	0,9	0,4	5,3	6,6	14	31	
882	0,7	0,06	0,06	0,8	0,2	3,9	4,9	16	20	
883	0,6	0,05	0,07	0,8	0	2,3	3,1	26	0	
884	0,6	0,03	0,06	0,7	0	1,1	1,8	39	0	
885	0,5	0,02	0,06	0,6	0	0,6	1,2	50	0	

QUADRO 1. (Continuação)

Amostra de lab. n.º	C%	N%	C	Composição granulométrica (%) (dispersão com Na OH)				Argila Natural (%)	Grau de flocculação	Silte Argila
				Areia grossa (2-0,20)	Areia fina (0,20-0,05)	Silte (0,05-0,002)	Argila (<0,002)			
881	1,86	0,13	14	21	23	23	33	10	70	0,70
882	1,53	0,10	15	21	24	24	31	11	65	0,77
883	0,95	0,09	11	18	24	21	37	0	100	0,57
884	0,54	0,04	14	20	28	24	28	0	100	0,86
885	0,40	0,03	13	18	26	22	34	0	100	0,05

* Os métodos de análise empregados são os utilizados por Jacomine (1969).

O delineamento foi em blocos ao acaso com seis repetições, parcelas de 5 × 6 m e área útil de 3,00 × 4,40 m, no 1º ano, e 3,00 × 5,20 m no 2º ano. A distância entre fileiras foi de 1,00 m, e entre covas, de 0,40 m, duas plantas por cova após desbaste, bordaduras constituídas de duas fileiras laterais de cada parcela nos dois anos e duas covas em cada extremidade das fileiras no 1º ano, e uma no 2º ano.

A calagem foi de 4 t/ha ao ano e, por ter sido feita com calcário finamente pulverizado, foi aplicada 15 dias antes do plantio nos dois anos do experimento.

QUADRO 2. Adubação básica realizada

Anos	Nutrientes (kg/ha)	Doses no plantio	Doses em cobertura	Fontes
Primeiro (1967/68)	N	40	80	Sulfato de amônio (20%)
	P ₂ O ₅	200		Superfosfato simples (20%)
	K ₂ O	140		Cloreto de potássio (80%)
Segundo (1968/69)	N	10	50	Sulfato de amônio (20%)
	P ₂ O ₅	120		Superfosfato simples (20%)
	K ₂ O	38		Cloreto de potássio (80%)

QUADRO 3. Análises químicas do solo superficial (0 a 20 cm) pelo método "North Carolina" no Laboratório de solos do IPEACO

Anos de experimentação	Data da amostragem	pH em água	Al (mE/100 cm ³)	Ca + Mg (mE/100 cm ³)	K (ppm)	P (ppm)	M.O. (%)	N total (%)
1.º	05/11/67	4,92	0,20	1,65	25	1	1,902	0,149
2.º	20/10/68	5,90	—	4,25	120	8	1,810	0,142

QUADRO 4. Precipitação pluviométrica (mm) durante o ciclo da planta

Anos agrícolas	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Totais
1967/68	217,2	376,5	154,5	181,5	388,3	171,3	293,5	1.698,8
1968/69	171,8	215,8	185,1	266,3	157,1	216,3	102,3	1.314,7

A adubação básica usada, especificada no Quadro 2, foi feita com intenção de evitar mascaramento de resultados, devido à baixa disponibilidade de N, P e K.

As variedades usadas no 1º e no 2º anos foram seleção Cateto de Patos de Minas e o híbrido Hmd 6999B; este foi o que mais se adaptou à região naquela época, con-

forme os resultados do Ensaio Nacional do Milho realizado em 1967 naquela área.

As doses de zinco utilizadas nos dois anos de experimento foram 0, 10, 20, 30, 40 e 50 kg/ha para os tratamentos A, B, C, D, E e F, respectivamente.

Durante o período de execução do ensaio foram feitos todos os tratamentos culturais necessários ao bom andamento do trabalho.

As análises químicas do solo apresentaram os resultados que se observam no Quadro 3. O método utilizado foi o "North Carolina" e foram realizadas pelo Laboratório de solo do IPEACO.

A análise para zinco foi efetuada após extração com HCl 0,1N preconizada por Nelson *et al.* (1959), a partir da primeira amostra coletada, ou seja, antes de qualquer tratamento no solo. O resultado da leitura num espectrofotômetro de absorção atômica Perkin-Elmer, acusou a presença de 2 ppm de Zn disponível na solução.

Quanto à precipitação pluviométrica, os dados são os contidos no Quadro 4.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias dos resultados obtidos estão contidas no Quadro 5.

Fez-se uma análise da variância para "stand", observando-se valores F não significativos ao nível de 1% de probabilidade, como C.V., respectivamente, de 5,60% e 5,36%, para os dois anos de experimento.

QUADRO 5. Produções médias de grãos nos seis tratamentos, em seis repetições

Tratamentos	Ano agrícola 1967/68		Ano agrícola 1968/69	
	g/parcela	kg/ha	g/parcela	kg/ha
A. Testemunha	891	675	3.703	2.372
B. 10 kg/ha de sulfato de zinco	2.664	2.018	8.433	5.406
C. 20 > > > >	2.783	2.108	8.316	5.331
D. 30 > > > >	2.927	2.217	8.300	5.320
E. 40 > > > >	3.401	2.576	8.400	5.384
F. 50 > > > >	3.335	2.526	8.616	5.523

A avaliação do efeito do zinco foi estimada pela variação em peso de grãos e a análise de variância desses dados acusou, no 1.º ano, efeito do 4.º grau significativo a 1% de probabilidade. O coeficiente de variação mostrou que as respostas obtidas têm boa precisão experimental. Estes resultados estão apresentados no Quadro 6.

QUADRO 6. Análise da variância relativa aos pesos dos grãos de milho em gramas por área útil da parcela do ano agrícola 1967/68

Fontes da variação	G.L.	Q.M.	F*
Repetições (Tratamentos)	5	322.736	—
Regressão linear	(5)	(5.063.392)	84,36++
Regressão quadrática	1	18.212.087	313,44++
Regressão cúbica	1	4.313.090	71,86++
Regressão do 4.º grau	1	1.400.040	23,32++
Regressão do 5.º grau	1	1.390.844	23,17++
Resíduo	25	903	—
		60.019	—

(C.V.) = 9,18%

* ++ = significação ao nível de 1%.

Em virtude de a curva ser de 4.ª ordem, portanto, dificultando a explicação para o presente caso, aplicou-se o teste de Tukey a 5% que acusou a diferença mínima significativa (d.m.s) de 1.410 gramas.

A classificação das médias foi a seguinte:

E	3.401
F	3.335
D	2.927
C	2.783
B	2.664
A	891

O teste de Tukey a 5% mostrou que os níveis de sulfato de zinco aplicados resultaram em produções idênticas. O tratamento sem sulfato de zinco apresentou-se significativamente inferior aos demais.

Neste caso os coeficientes da curva não tiveram muito sentido, devido à grande diferença existente entre os tratamentos que receberam sulfato de zinco e a testemunha. Analisando os dados sem a testemunha verificou-se que não havia diferença entre os tratamentos que receberam zinco nem os coeficientes foram significativos, o que confirma o fato de a curva não explicar os dados.

Quanto ao aumento geral verificado nos rendimentos, do 1.º para o 2.º ano, supõe-se que esteja relacionado à utilização de variedade mais produtiva, cumulação NPK + Ca e condições climáticas mais adequadas. A análise de variância acusou efeito significativo a 5% de probabilidade para equação do 4.º grau, confirmando, assim, os resultados anteriores.

Houve efeito altamente significativo para tratamentos, conforme se observa no Quadro 7.

QUADRO 7. Análise de variância dos dados em peso de grãos de milho em gramas por área útil da parcela do ano agrícola 1968/69

Fontes da variação	G.L.	Q.M.	F*
Repetições (Tratamentos)	5	1.063.112	1,54n.s.
Regressão linear	(5)	(22.292.444)	32,30++
Regressão quadrática	1	51.310.000	74,39++
Regressão cúbica	1	33.690.000	48,83++
Regressão do 4.º grau	1	20.640.000	29,91++
Regressão do 5.º grau	1	5.250.000	7,61++
Resíduo	25	580.000	—
		690.000	—

(C.V.) = 10,80%

* ++ = significação ao nível de 1%.

O teste de Tukey a 5% de probabilidade, para as médias dos tratamentos, acusou a diferença mínima significativa (d.m.s) de 1.482 gramas.

As médias se classificaram na seguinte ordem:

F	8.616
B	8.433
E	8.400
C	8.316
D	8.300
A	3.700

O presente teste permitiu avaliar ainda que a significação se verificou somente do nível 0 para o 10 kg/ha de sulfato de zinco, ao passo que não houve diferença entre os demais níveis. Aqui acontece o mesmo caso do ano anterior, onde os coeficientes da curva não têm sentido, devido ao fato já discutido.

As médias do número de plantas por parcela de cada tratamento permitiram organizar uma relação número de espigas:número de plantas, conforme se vê no Quadro 8.

QUADRO 8. Relação número de espigas:número de plantas

Tratamentos	1967/68*	1968/69*
A. Testemunha	0,482	0,761
B. 10 kg/ha de sulfato de zinco	0,865	1,054
C. 20 > > > >	0,874	1,077
D. 30 > > > >	0,834	1,114
E. 40 > > > >	0,866	1,117
F. 50 > > > >	0,906	1,105
Correlação com as produções	0,9575++	0,9832++

* ++ = significação para F a 1%.

Os dados observados para espigas normais, doentes e restolhos não apresentaram qualquer correlação entre si em nenhum dos dois anos de experimento.

As sintomatologias observadas durante os estádios de desenvolvimento das plantas testemunhas foram semelhantes às descritas por Chapman (1966).

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram chegar às seguintes conclusões:

- 1) a cultura do milho teve alta resposta à aplicação do sulfato de zinco, num Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de campo-cerrado;
- 2) o sulfato de zinco, mesmo nos níveis mais elevados, não foi tóxico à planta;
- 3) o zinco se apresentou como um dos fatores mais limitantes da produção de milho naquele solo, devido às respostas elevadas que apresentou;
- 4) houve correlação linear altamente significativa para rendimentos versus relação número de espigas: número de plantas.

REFERÊNCIAS

- Barnette, R.M. & Warner, J.D. 1935. Responses of chlorotic corn plants to the application of zinc sulfate to the soil. *Soil Sci.* 39:145-159.
- Chapman, D.H. 1966. Diagnostic criteria, chapter 33 (revision). Div. Agric. Sciences, Univ. California, p. 484-499.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations 1968. (Annuary.) FAO, Roma.
- Gall, O.E. & Barnette, R.M. 1940. Toxic limits of replaceable zinc to corn and cowpeas grown on three Florida soil. *J. Am. Soc. Agron.* 32:23-32.
- Igue, K. & Gallo, J.R. 1960. Deficiência de zinco em milho no Estado de São Paulo. *IBEC Res. Inst., Matão*, 20:1-16.
- Igue, K., Blanco, H.G. & Sobrinho, J.A. 1962. Influência do zinco na produção do milho. *Bragantia* 21(16):263-270.
- Jacomine, P.K.T. 1969. Descrição das características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas de alguns perfis de solos sob vegetação de cerrado. *Bolm téc. n.º 11*, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, Min. Agricultura, Rio de Janeiro.
- McClung, A.C., Freitas, L.M.M., Gallo, J.R. & Mott, L.R. 1958. Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade, em solos de diferentes campos cerrados de São Paulo e Goiás. *Bragantia* 17(3):29-47.
- Mendes, W. 1965. Caracterização e descrição de perfil da área de experimentos da Estação Experimental de Anápolis. Setor de Levantamento de Solos, Min. Agricultura, Rio de Janeiro. (Não publicado)
- Nelson, J.C., Boawn, L.C. & Viets Jr., T.G. 1959. A method for assessing zinc status of soils using acid-extractable zinc and "Titratable alkalinity" values. *Soil Sci.* 88:275-283.
- Orden, L., Applewhite, T.H. & Bonner, J. 1956. Auxin-induced water uptake by avena coleoptile sections. *Plant Physiol.* 31:44-53.
- Shaw, E., Ronal, G.M. & Dean, L.A. 1954. Plant uptake of zinc 65 from soils and fertilizers in the greenhouse. *Soil Sci.* 77:205-214.
- Thorne, D.W., Laws, W.D. & Wallace, A. 1942. Zinc relationships of some Utah soil. *Soil Sci.* 54:463-468.
- Thorne, D.W., 1957. Zinc deficiency and its control. *Adv. Agron.* 9:31-65.
- Truog, E. 1948. Lime in relation to availability of plant nutrients. *Soil Sci.* 65:1-8.
- Viets Jr., F.G., Boawn, L.C., & Crawford, C.L. & Nelson, C.E. 1953. Zinc deficiency in corn in Central Washington. *Agron. J.* 45:559-565.
- Viets Jr., F.G., Boawn, L.C. & Crawford, C.L. 1954. Zinc contents and deficiency symptoms of 26 crops grown on a zinc deficient soil. *Soil Sci.* 78:305-316.

ABSTRACT.- Pereira, J.; Vieira, I.F.; Moraes, E.A.; Rêgo, A.S. [*Levels of zinc sulphate in field corn (Zea mays) grown in campo-cerrados.*] Níveis de sulfato de zinco em milho (*Zea mays*) em solos de campo-cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia* (1973) 8, 187-191 [Pt, en] Est. Exp. de Anápolis, Caixa Postal 608, Anápolis, GO, Brazil.

The Anápolis Experimental Station (Brazil), executed a field experiment, in replicated plots, using a basic NPK-Ca fertilization and 6 levels of zinc sulphate, applied to the soil: 0, 10, 20, 30, 40 and 50 kg/ha. This was done on a Red-dark Latosol, campo-cerrado phase, during two consecutive years. Zinc application showed a significant fourth degree response both year, but there was no significant among the zinc levels, except for 0 and 10 levels.

In the present case, it can be concluded that zinc gave a high response in production, when applied in campo-cerrado. There was no phytotoxic effect due to the high zinc levels.