

EFEITO DE DOSES E FONTES DE ZINCO NA CULTURA
DO MILHO (*Zea mays* L.)

S.T. Decaro¹
G.C. Vitti²
D. Fornasieri Filho²
W.J. Melo²

INTRODUÇÃO

Dentre os micronutrientes necessários à nutrição mineral dos vegetais encontra-se o zinco, o qual é essencial para a síntese do ácido indol acético (AIA). BLAS YUK et alii (1973) estudaram o crescimento de plantas de milho em soluções nutritivas completas e deficientes em zinco, concluindo que este exerce importante papel no metabolismo da gramínea, descarboxilando oxidativamente o ácido indol pirúvico e produzindo o ácido indol acético.

E a essencialidade deste elemento assume aspecto muito importante quando se pensa em aumentar as fronteiras agrícolas do Brasil pelo uso das extensas áreas sob vegetação de cerrado, uma vez que, em tais tipos de so-

¹ Quimbrasil S/A, Divisão de Fertilizantes, São Paulo.

² Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, UNESP.

lo, tem se observado com certa frequência deficiências de zinco.

IGUE & GALLO (1960) observaram sintomas visuais de deficiência de zinco em culturas de milho no município de Matão, SP, conseguindo corrigi-la pela aplicação de 5 kg/ha de sulfato de zinco, misturando-se na adubação de plantio. Por outro lado, IGUE *et alii* (1962) não detectaram aumento na produção da gramínea pela aplicação de doses de 5 a 10 kg/ha de sulfato de zinco, em cultura conduzida no município de Mogi Mirim, SP, não obstante os tratamentos que não receberam o zinco tenham exibido sintomas de deficiência no elemento. Contudo, diversos autores têm encontrado aumento de produtividade na cultura do milho, quando fazem uso do sulfato de zinco.

Assim, KOBAKHIDZE (1976) verificou que a aplicação de 6 kg/ha de sulfato de zinco em cultura de milho, aumentou o crescimento, a produção de forragem, de grãos bem como seu conteúdo total de nitrogênio e de proteína. GUNDERSON *et alii* (1975) em solos deficientes em zinco verificaram que a aplicação nos sulcos de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ nas doses de 22,4 - 44,3 kg/ha de zinco no primeiro ano levou a um aumento no número de folhas e na produção de grãos de milho até o 5º ano mostrando pois, o efeito residual de tal micronutriente. DORNESEU *et alii* (1975) estudaram o efeito do zinco no crescimento do milho, verificando que a aplicação de 11 kg/ha de zinco na forma de sulfato, aumentou a altura das plantas e a produção de grãos.

Por outro lado, GALLO *et alii* (1965) observaram que o milho não responde muito à adubação com micronutrientes, enquanto HALEMANY *et alii* (1976) não encontraram resposta à aplicação de doses de 0 a 40 kg/ha de sulfato de zinco.

É evidente que a resposta ou não de uma planta à aplicação de zinco depende das condições em que a planta está se desenvolvendo, sendo que os principais fatores que afetam a disponibilidade do zinco do solo são o pH, teores de fósforo e de matéria orgânica (ARNON,

1975; RAIJ, 1976; KRAUSKROPF, 1972; REDDY *et alii*, 1973; BAHIA *et alii*, 1974).

A fonte e a aplicação do adubo contendo zinco são também fatores de importância a serem considerados, sendo que Giordano e Montvedt, citados por ARNON (1975) verificaram que o sulfeto de zinco foi menos eficiente que o sulfato e o óxido de zinco.

Em assim sendo, considerando-se os problemas que a limitação do zinco possa trazer à cultura do milho com a expansão da mesma para solos sob vegetação de cerrado, ou mesmo solos pobres no elemento e a falta de informações disponíveis na literatura nacional, o presente trabalho teve por objetivo ensaiar doses e fontes de zinco para a cultura daquela importante gramínea.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido em um Latosol Vermelho Escuro - fase arenosa (LEa) de ocorrência no município de Jaboticabal, SP, cuja análise para fins de fertilidade revelou: %C = 0,11; pH em água = 4,70; Ca^{2+} = 1,9 eq.mg/100 ml TFSA; Mg^{2+} = 1,0 eq.ml/100 ml de TFSA; Al^{3+} = 0,6 eq.ml/100 ml TFSA; P = 2 $\mu\text{g/ml}$ TFSA e K = 204 $\mu\text{g/ml}$ TFSA.

Foram utilizadas sementes do cultivar Pioneer X-307, caracterizado por ser de porte médio, precoce e altamente exigente em fertilidade, sendo que o preparo do solo consistiu-se de duas gradagens, sulcamento em espaçamento de 0,90 m entre-linhas e a uma profundidade de 8-10 cm. Cada parcela constituiu-se de seis (06) linhas com 7 m de comprimento, perfazendo área total de 37,80 m², sendo que as quatro ruas centrais compuseram a área útil de cada parcela.

A semeadura foi manual, deixando-se uma densidade final de 05 plantas/metro linear, e a adubação de plan-

tio foi feita no sulco à base de 75 kg/ha de P_2O_5 (super fosfato simples com 20% de P_2O_5), 50 kg/ha de K_2O (clorato de potássio com 60% de K_2O) e as doses de zinco; o nitrogênio foi aplicado em duas coberturas, aos 30 e 60 dias após a emergência das plântulas, na base de 30 kg/ha (sulfato de amônio) cada uma.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, constituindo de sete tratamentos (T = testemunha, sem adição de zinco; S_1 = sulfato de zinco na base de 5 kg/ha; S_2 = sulfato de zinco na base de 10 kg/ha; S_3 = sulfato de zinco na base de 15 kg/ha; O_1 = óxido de zinco na base de 10 kg/ha e O_3 = óxido de zinco na base de 15 kg/ha) em quatro repetições.

O sulfato de zinco utilizado ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) continha 21-22% de Zn com solubilidade de 75% em água a 20°C, enquanto o óxido de zinco (ZnO) continha 70-80% de zinco insolúvel em água.

Por ocasião da emergência da inflorescência masculina procedeu-se à amostragem de folhas para a determinação do teor de zinco nas mesmas, colhendo-se as folhas mais quatro das plantas, sendo que, de tais folhas, usou-se apenas a porção central, desprezando-se ainda, a nervura central (GALLO & COELHO, 1963). O teor de zinco foi determinado pelo método da absorção atômica, conforme descrito em SARRUGE & HAAG (1974).

Determinou-se ainda, a produção de grãos, o peso de 100 sementes, os valores de eficácia (segundo PAVAGEAU, 1978) e a dose ótima econômica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adubação com zinco afetou de modo significativo ($F = 10,39^{**}$) a produção de grãos, porém não se conseguiu detectar efeito significativo sobre o peso de 100 sementes ($F = 1,87$), conforme se pode observar pela análise dos resultados apresentados no Quadro I.

Por outro lado, ao se considerar as fontes e doses de zinco ensaiadas (Quadro I), constata-se não se ter seguido detectar efeito significativo, não obstante, com relação às fontes, o sulfato de zinco tenha revelado ligeira tendência de ser melhor que o óxido de zinco.

Os resultados obtidos para a análise foliar, apresentados no quadro II, revelam que o tratamento testemunha apresentou um teor médio próximo ao nível crítico de 15 ppm citado por JONES JR. & ECK (1973) e MALAVOLTA (1977), porém abaixo do pretendido por outros pesquisadores (Jones, 1967, Neubert *et alii*, 1969, citados por JONES JR. & ECK, 1973; Barber e Olson, 1968, citados por MALAVOLTA, 1977). Para as duas fontes de zinco ensaiadas o teor de zinco na folha utilizada para análise tendeu a aumentar em função da dose de adubo usada.

A análise econômica dos resultados obtidos segundo PAVAGEAU (1978), revela que o ótimo econômico, para o caso do sulfato de zinco situou-se na faixa 5-10 kg/ha de Zn, enquanto que, para o caso do óxido de zinco, o ótimo econômico situou-se na faixa 10-15 kg/ha de Zn, uma vez que nesse intervalo o produto físico marginal se iguala ao preço do fator (quadros III e IV).

RESUMO E CONCLUSÕES

Foi conduzido um experimento de campo em Jaboticabal-SP, no ano agrícola (1977/78), com a finalidade de se estudar efeitos de doses e fontes de zinco no milho. Para isso se utilizaram de duas fontes, sulfato e óxido, em quantidades equivalentes a 0, 5, 10 e 15 kg/ha de Zn.

Os resultados obtidos para produção de grãos indicaram que o uso de zinco, independentemente das fontes citadas, proporcionaram aumentos significativos, enquanto que as duas fontes utilizadas não diferiram entre si, havendo, entretanto, uma tendência geral do sulfato ser superior ao óxido. Quanto ao peso de 100 sementes, o mesmo não foi afetado pela utilização de zinco. Com re-

QUADRO I - Produção de grãos e massa de 100 sementes de milho (CV Pionner X-307) submetido a diferentes fontes e doses de zinco (média de 4 repetições).

Fonte de zinco	Zn (kg/ha)	Produção de grãos (kg/ha)	Massa de 100 sementes (g)
Testemunha	0	1.282,75a (1)	28,98
Sulfato de zinco	5	2.725,22b	29,46
Sulfato de zinco	10	2.194,46b	29,36
Sulfato de zinco	15	2.591,29b	29,97
Óxido de zinco	5	2.177,60b	29,71
Óxido de zinco	10	2.347,23b	29,96
Óxido de zinco	15	2.187,52b	29,33
F testemunha x adubado		10,39**	1,87ns
F dentro de adubado		0,57ns	0,37ns
dms (5%)		892,85	-
CV (%)		28,21	3,23

(1) Na mesma coluna, valores seguidos das mesmas letras não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 11 - Teor de zinco em folha de milho (CV Pioneer X-307) submetido a várias fontes e doses de zinco (média de 4 repetições).

Fonte de zinco	Dose de zinco (kg/ha)	Zinco na folha (ppm)
Testemunha	0	14
Sulfato de zinco	5	30
Sulfato de zinco	10	43
Sulfato de zinco	15	49
Óxido de zinco	5	25
Óxido de zinco	10	40
Óxido de zinco	15	43

QUADRO III - Análise econômica dos resultados obtidos para aplicação de fontes e doses de zinco à cultura do milho (Pionner X-307).

Tratamentos	kg/ha (Zn)	Produção (Cr\$)	Renda Bruta (Cr\$)	Despesas com os adubos	Renda líquida (Cr\$/ha)	Índice	Eficácia
Testemunha	0	1282,75	2950,00	0	2950,00	100,00	-
Sulfato de Zn	5	2725,22	6268,00	360	5908,00	212,47	113,55
Sulfato de Zn	10	2194,24	5047,25	720	4327,25	171,07	45,72
Sulfato de Zn	15	2591,48	5929,96	1080	4849,96	202,01	35,99
Óxido de Zn	5	2177,60	5008,48	91	4917,48	169,76	329,93
Óxido de Zn	10	2347,23	5398,52	182	5216,52	182,98	176,48
Óxido de Zn	15	2187,52	5031,29	273	4758,29	170,53	109,37

* Renda Bruta estimada ao preço de Cr\$ 2,30 por kg de milho

** Preços dos adubos obtidos junto à Ultrafértil no dia 23 de outubro de 1978.

Sulfato de zinco: Cr\$ 15,00 o kg = Cr\$ 72,00/kg/Zn

Óxido de zinco: Cr\$ 14,00 o kg = Cr\$ 18,20/kg/Zn

QUADRO IV - Determinação da dose econômica de fontes de zinco a ser aplicada na cultura do milho (CV Pioneer X-307).

Sulfato de Zinco (kg/ha)	Produção (kg/ha)	ΔQ	$\frac{\Delta Q}{\Delta f}$	$P \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta f}$	Pf.
0	1282,75	-	-	-	-
24	2725,22	1442,47	60,10	138,23	15
48	2194,46	-530,76	-11,05	-25,41	15
72	2591,29	396,83	5,51	12,67	15
Óxido de zinco					
(kg/ha)					
0	1282,75	-	-	-	-
6,5	2177,60	894,45	137,60	316,61	14
13,0	2347,23	169,63	13,04	29,99	14
19,5	2187,52	-154,71	-8,19	-18,83	14

ΔQ = variação da produção

Δf = variação do fator (sulfato ou óxido de Zn)

P = preço do produto (milho)

Pf = preço do fator (sulfato ou óxido de Zn)

$P \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta f}$ = Produto físico marginal

lação ao teor foliar desse nutriente, observou-se aumento do mesmo em função da dose utilizada.

Os resultados econômicos da aplicação de zinco revelaram que o ótimo econômico para o caso do sulfato situou-se na faixa de 5-10 kg/ha de Zn, enquanto que, para o óxido, o ótimo econômico situou-se na faixa de 10-15 kg/ha de Zn, para os dados vigentes na época em que o experimento foi conduzido.

SUMMARY

EFFECTS OF DOSES AND SOURCES OF ZINC ON CORN CROP

A field experiment was carried out at Jaboticabal County, São Paulo State, Brazil, in a Dark Red Latosol, sandy phase, in order to study the effect of zinc doses (0, 5, 10, and 15 kg/ha Zn) and sources (sulfate and oxide) on corn grain production (*Zea mays* L.), Pioneer X-307 cultivar.

The data showed an increase in the grain production in presence of zinc without any relationship with sources. Otherwise a light increase in analysed parameters when sulfate was used, was observed.

The economic dose ranged from 5 to 10 kg/ha of Zn for sulfate and from 10 to 15 kg/ha for oxide.

LITERATURA CITADA

- ARNON, I., 1975. **Mineral nutrition of maize**, International Postach Institute, Bern, 452p.
- BAHIA, C., G.F.T. FRANCISCO & J.M. BRAGA, 1974. Influência da adubação fosfatada e calagem sobre a absorção de zinco em dois solos de Minas Gerais. **Rev. Ce** res 21(115): 167-192.

- BLASYUK, P.A., K.D. KARAKIS & E.V. KUDACOVA, 1973. Effect of some IAA precursors on its enzyme system at early stages of zinc deficiency in maize. **Fisiologia i Biokhimiia Kul'turnykh Rasteni**, 5(1):13-18, 1973. apud **Field Crop Abstracts**, 26: 47-23.
- DORNESEU, D.; D. PLESA; P. PETROVICI & U. DORNEANU, 1975. Effect of zinc on mayze grown on chernozem. In: **Jifia-Bahlui Basin** 38: 231-245, 1972. apud **Field Crop Abstracts**, 28: 2882.
- GALLO, J.R. & F.A.S. COELHO, 1963. Diagnose da nutrição nitrogenada do milho pela análise química das folhas. **Bragantia** 22(43): 537-548.
- GALLO, J.R.; R. HIROCE & L.T. MIRANDA, 1965. A análise foliar na nutrição do milho. Resultados de ensaio de adubação em N, P, K, S e micronutrientes. **Bragantia** 24(13).
- GUNDERSON, O.M.; J.M. MACGREGOR & A. SAJJA PONSE, 1974. Availability of fertilizer zinc to in a calcareous mineral soil. **Soil Science Society of America** 38 (4): 611-616. apud **Field Crop Abstracts** 28: 1948.
- HALEMANY, H.L.; A. RAMMOORTHY, D.M. HEDGE & S.J. PATIL, 1975. Effect of zinc and phosphorus on the yield of mayze. **Current Research** 4(4): 69-71. apud **Field Crop Abstracts**, 29: 849.
- IGUE, K. & J.R. GALLO, 1960. Deficiência de zinco em milho no Estado de São Paulo. **IBER Res. Inst.** 20: 19p.
- IGUE, K., H.G. BLANCO & J.A. SOBRINHO, 1962. Influência do zinco na produção de milho (*Zea mays*). **Bragantia** 21(16): 263-269.
- JONES JR., J.B. & H.V. ECK, 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. Chapter 21: 349-364p. In: **Soil Testing and plant analysis**, S.S.S.A. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

- KOBAHKIDZE, M.N., 1976. Effectiveness of zinc fertilizer applied to mayze. **Subtropichekie, Kul'tury** 5: 144-147, 1974. apud **Field Crop Abstracts** 29: 2660.
- KRAUSKROPF, B.K., 1972. Geochemistry of micronutrients. In: **Micronutrientes in Agriculture**, ed. by, Mortvedt, J.J., Giordane, P.M. & Lindany, W.L., Madison, S.S.S.A., p.7-36.
- MALAVOLTA, E., 1977. Nutrição e adubação do milho e do sorgo. Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Disciplina de Nutrição e Adubação de Plantas Cultivadas, F.C.A.V. Jaboticabal-SP, 14p (mimeografado).
- PAVAGEAU, M., 1978. Em defesa dos fosfatos naturais. **A Lavoura** 82: 56-59.
- RAIJ, B. van, 1976. Apontamento das aulas da Disciplina Fertilidade do Solo, do Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, F.C.A.V., "Campus" de Jaboticabal-SP.
- REDDY, G.D. & J. VENKA TESWARLU, 1973. Zinc phosphate interaction in mayze. **J. of the Indian Soc. of Soil Sci.** 21(4): 435-445. apud **Field Crop Abstracts** 26: 5430.
- SARRUGE, J.R. & H.P. HAAG, 1974. **Análises químicas em plantas**, Piracicaba, ESALQ, 57p. (mimeografado).