

FORMAS DE ADIÇÃO DE ZINCO A UM FORMULADO NPK E SEU EFEITO SOBRE A PRODUÇÃO DE MILHO

G.H. KORNDÖRFER^{1,4}; C.B. ALCANTARA¹; N. HOROWITZ³; R.M.Q. LANA¹

¹Depto. de Agronomia/ UFU, C.P. 593, CEP: 38400-902 - Uberlândia, MG

³Adubos Trevo S.A., C.P.: 37, CEP: 90650.970 - Porto Alegre, RS

⁴Bolsista do CNPq.

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de fontes, doses e formas de adição de zinco a um formulado NPK sobre a produção de grãos e matéria seca de milho em um solo de cerrado da região de Uberlândia, MG. Quatro doses de zinco foram aplicadas ao solo (0, 1, 2 e 4 kg de Zn ha⁻¹), através de três formas (ZnO-incorporado, FTE BR-12-incorporado e FTE BR-12-granulado) adicionadas a um formulado NPK (4-30-10). O ZnO e as Fritas em pó foram incorporados ao formulado durante a fabricação, antes da granulação. Um tratamento adicional de FTE previamente granulado e depois misturado ao formulado, também foi testado. Os resultados mostraram que o zinco agregado ao adubo NPK não teve efeito sobre a produção de grãos de milho, nem tampouco sobre a produção de matéria seca, independentemente da dose ou da fonte empregada. Os teores de Zn na folha do milho aumentaram significativamente com as doses de Zn aplicada, sendo o ZnO incorporado ao grânulo do formulado NPK, o tratamento que apresentou os mais altos teores. Por sua vez, o FTE em pó incorporado no grânulo do formulado e o FTE previamente granulado e posteriormente misturado ao formulado não diferiram entre si quanto aos teores de Zn na folha.

Descritores: milho, óxido de zinco, FTE, zinco, granulação

ZN RATES AND SOURCES, ADDED TO A NPK GRANULE FORMULATION, AND THEIR EFFECT ON CORN PRODUCTION

SUMMARY: Zinc rates and sources added to a NPK granulated fertilizer was observed on corn crop cultivated on a soil originally under "cerrado" vegetation from Uberlândia, MG region. Four zinc rates (0, 1, 2 e 4 kg ha⁻¹) derived from three types of zinc sources (ZnO-incorporated, FTE BR-12-incorporated and granule FTE BR-12) were used. The ZnO and the "Fritted Trace Elements" (FTE BR-12) were incorporated to the fertilizer before granulation. An additional treatment with granule FTE and later blended to the NPK fertilizer was also tested. The results showed that Zn incorporated to the NPK fertilizer did not increase grain yield and dry matter yield. Zinc in the leaf tissue increased with the applied Zn rates, and the ZnO incorporated into de NPK fertilizer showed the highest Zn concentration. The FTE incorporated into the NPK granules and the granulated FTE blended with NPK were similar with respect to Zn availability to the corn crop, evaluated by the Zn concentration in the leaves.

Key Words: corn, zinc oxide, FTE, zinc, granulation

INTRODUÇÃO

Os solos sob vegetação de cerrado, os quais representam quase um quarto do território nacional, caracterizam-se principalmente pela baixa fertilidade natural e, na maioria, tem baixas disponibilidades de micronutrientes, principalmente zinco, boro e molibdênio. A deficiência de zinco tem se constituído numa séria limitação para a produção de milho.

As quantidades de micronutrientes exigidas pelas culturas são baixas, o que dificulta sua aplicação uniforme no campo. Por isso, tanto os fertilizantes sólidos como os fluidos são utilizados como veículos para se adicionar micronutrientes ao solo (MORTVEDT, 1979).

McCOLLUM *et al.* (1966) verificaram que micronutrientes podem ser diretamente adicionados em formulações NPK durante o processo de granulação. O processo de mistura dos

micronutrientes com os macronutrientes (NPK) nem sempre se traduz em benefício para as plantas. As reações químicas que ocorrem entre os compostos de Zn e os compostos contendo os macronutrientes podem resultar num decréscimo na disponibilidade do zinco para as plantas (MORTVEDT & GIORDANO, 1969). O zinco pode ser adicionado ao adubo de várias maneiras: através da incorporação deste elemento durante o processo de granulação ou através do revestimento dos grânulos após a fabricação do granulado NPK ou ainda, ser adicionado à mistura de grânulos na forma granulada (YOUNG, 1969 e MORTVEDT, 1977).

Durante a incorporação, as reações são influenciadas pela combinação íntima da fonte de zinco com os componentes da mistura e, também, pela temperatura, pH, fase líquida e conteúdo de água livre (LEHR, 1972). O comportamento agrônomico do zinco adicionado depende do produto destas reações (MORTVEDT & GIORDANO, 1969). JACKSON *et al.* (1962) mostraram que o grau de solubilidade do Zn adicionado em adubos NPK, depende intimamente do pH da reação utilizada no processo da mistura. KORNDÖRFER *et al.* (1987) avaliaram a eficiência agrônômica de duas fontes de zinco (óxido e sulfato) adicionados a misturas NPK, incorporando e revestindo os grânulos. Tanto o óxido como o sulfato, apresentaram o mesmo comportamento agrônomico quando adicionados à fórmula 5-30-15 contendo 1% de zinco. Quanto à disponibilidade do zinco para as plantas, a técnica de incorporação

foi mais eficiente do que a do revestimento dos grânulos do adubo.

A eficiência das fontes de zinco dependem de uma série de fatores ligados às características do solo e da planta e suas interações. Entretanto, sob condições de altas precipitações pluviais, solos de textura arenosa e baixa CTC, as fontes não solúveis em água (óxidos inorgânicos, silicatos, FTE, etc) podem ser mais eficientes, principalmente quando utilizadas na forma de pó (LOPES & GUILHERME, 1990). A aplicação preventiva de micronutrientes deve ser preferencialmente feita com produtos de baixa solubilidade como, por exemplo, as fritas. Neste caso, o efeito residual é maior.

As fritas "FTE - Fritted Trace Elements" são preparadas a partir da mistura de quantidades adequadas de feldspatos, cinzas, sílica, sódio e bórax. Todos estes componentes são aquecidos até 1000-1300 °C. O material fundido sofre adição de água (método Quench), estando numa forma de pasta endurecida que sofre a quebra e posteriormente é seco e finamente moído (PONCHIO & BALLIO, 1988).

GALRÃO & MESQUITA FILHO (1981) avaliaram em casa de vegetação o efeito de fontes de zinco (sulfato p.a., óxido p.a. e FTE BR-12, todos em pó) na produção de matéria seca do milho, num Latossolo Vermelho Amarelo argiloso de Planaltina, DF. O tratamento que não recebeu Zn apresentou a menor produção e diferiu significativamente dos demais, os quais, por sua vez, não diferiram entre si.

TABELA1. Características químicas e físicas do solo

Análise(†)	Teor	Análise	Teor
Argila(dag kg ⁻¹)	20	pH (água)1:1	5,4
P(mg kg ⁻¹)	1	M.O.(dag kg ⁻¹)	1,5
K(cmol _c kg ⁻¹)	55	Fe(dag kg ⁻¹)	0,02
S(mg kg ⁻¹)	6,5	Al(cmol _c kg ⁻¹)	4
Zn 0-20cm(mg kg ⁻¹)	0,3(£)	Ca(cmol _c kg ⁻¹)	5
Zn 20-40cm(mg kg ⁻¹)	1,6	Mg(cmol _c kg ⁻¹)	2
Cu(mg kg ⁻¹)	0,3	Mn(mg kg ⁻¹)	4
B(mg kg ⁻¹)	0,3		

(†) Os resultados referem-se a camada de 0-20cm de profundidade;

(£) Os teores de Zn foram determinados pelo método de Mehlich 1 (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de fontes, doses e formas de adição de zinco a um formulado NPK sobre a produção de grãos de milho em um solo de cerrado da região de Uberlândia, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Água Limpa pertencente a Universidade Federal de Uberlândia localizada em Uberlândia, MG, com latitude 18°55'S e longitude 48°17'W, sobre um Latossolo Vermelho Amarelo, cujas características químicas e físicas encontram-se na TABELA 1.

Dois meses antes do plantio foi feita a aplicação no solo de 1,2t ha⁻¹ de calcário, conforme recomendação pelo critério do (Ca + Mg) e Al trocáveis descrito pela COMISSÃO DE FERTILIZANTES DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS-CFSEM (1989).

A fórmula 4-30-10, produzida especialmente para o experimento pela empresa Adubos Trevo S.A., sofreu a adição das seguintes quantidades, fontes e formas de agregação do zinco: a) Testemunha, isto é, fórmula 4-30-10 sem zinco; b) o produto ZnO em pó foi incorporado no interior do grânulo do formulado (4-30-10) antes da granulação; c) o produto FTE BR-12 em pó foi incorporado no interior do grânulo do formulado

(4-30-10) antes da granulação; d) o produto FTE BR-12 granulado foi adicionado à mistura NPK (formulado 4-30-10) após a granulação.

A fórmula 4-30-10 foi aplicada ao solo em dosagem única de 400kg ha⁻¹ de tal forma que todas as parcelas recebessem as mesmas quantidades de macronutrientes. A fórmula 4-30-10 foi fabricada com teores de Zn conforme mostra a TABELA 2, permitindo com isso que o zinco fosse aplicado nas quantidades equivalentes a 0; 1; 2 e 4 kg ha⁻¹.

O óxido de zinco é insolúvel em água, mas quando misturado a outros compostos de caráter ácido, torna-se solúvel. O ZnO é considerado um composto padrão na comparação entre fontes de zinco.

Os tratamentos contendo FTE BR-12 agregaram, além do Zn, outros micronutrientes na sua composição (1,8%B; 0,8%Cu e 2,0%Mn). Para eliminar a influência destes, na comparação entre as fontes de zinco, todas as parcelas sem FTE receberam quantidades adicionais e equivalentes de Cu, B e Mn, isto é, 0,5; 0,5 e 1,0 kg ha⁻¹ respectivamente, na forma de sulfato de cobre, bórax e sulfato de manganês. Para facilitar a distribuição destes no solo, 500 kg ha⁻¹ de gesso foram aplicados juntamente com os micronutrientes.

As parcelas com FTE também receberam a mesma dose de gesso (500 kg ha⁻¹). A adubação em cobertura foi parcelada, usando-se sulfato de

TABELA 2. Teor de zinco no formulado NPK (4-30-10)

TRATAMENTOS	Teor de Zn (%)		%do Total
	Total	Sol.H ₂ O	
Testemunha			
1 kg Zn ha ⁻¹ (ZnO-inc.) ^(†)	0,30	0,15	50
1 kg Zn ha ⁻¹ (ZnO-inc.)	0,62	0,51	82
1 kg Zn ha ⁻¹ (ZnO-inc.)	1,20	1,04	87
1 kg Zn ha ⁻¹ (FTE-inc.) ^(‡)	0,32	0,21	66
1 kg Zn ha ⁻¹ (FTE-inc.)	0,54	0,34	66
1 kg Zn ha ⁻¹ (FTE-inc.)	1,03	0,45	44
1 kg Zn ha ⁻¹ (FTE-gran.) ^(‡)	0,28	0,04	14
1 kg Zn ha ⁻¹ (FTE-gran.)	0,55	0,07	13
1 kg Zn ha ⁻¹ (FTE-gran.)	0,99	0,13	13

(†) Óxido de zinco em pó incorporado no interior dos grânulos do formulado NPK

(‡) FTE-BR12 em pó incorporado no interior dos grânulos do formulado NPK

(‡) FTE-BR12 granulado misturado aos demais componentes químicos do formulado NPK

amônio e cloreto de potássio nas dosagens de 60 kg ha⁻¹ de N aos 45 dias após o plantio e aos 55 dias mais 60 kg ha⁻¹ de N e 20 kg ha⁻¹ de K₂O.

A variedade de milho utilizada foi a G-85 de baixo porte, ciclo precoce, resistente ao acamamento e exigente em fertilidade de solo. No início do espigamento, isto é, aos 80 dias após plantio foram coletadas amostras das folhas do milho para análise do teor de zinco. Para tal retirou-se o terço médio da folha oposta e abaixo da espiga em formação, totalizando 20 folhas por parcela. O teor de Zn na folha foi analisado pelo método descrito por TEDESCO *et al.* (1985).

Os tratamentos foram alocados em blocos ao acaso (DBC) com 4 repetições e a comparação entre as médias foi feita pelo teste de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção média de matéria seca do milho avaliada por ocasião da colheita foi de 13.134 kg/ha (TABELA 3). Deste total, 36% são colmos e folhas e o restante 64% espigas, aqui consideradas como sendo o peso dos grãos (13% de umidade) mais o sabugo e a palha.

TABELA 3. Efeito das doses, fontes e modos de adição do zinco no adubo NPK sobre a produção de matéria seca do milho.

TRATAMENTOS	Matéria seca (kg/ha)		
	colmos + folhas	espiga*	TOTAL
Testemunha	5.526a	7.969a	13.495a
1kg ha ⁻¹ Zn (ZnO-inc-1)	4.674a	8.811a	13.485a
2kg ha ⁻¹ Zn (ZnO-inc-2)	4.132a	8.682a	12.814a
4kg ha ⁻¹ Zn (ZnO-inc-4)	4.989a	8.792a	13.781a
1kg ha ⁻¹ Zn (FTE-inc-1)	4.836a	8.076a	12.912a
2kg ha ⁻¹ Zn (FTE-inc-2)	3.898a	7.849a	11.747a
4kg ha ⁻¹ Zn (FTE-inc-4)	4.378a	8.445a	12.823a
1kg ha ⁻¹ Zn (FTE-gran-1)	5.595a	8.871a	14.466a
2kg ha ⁻¹ Zn (FTE-gran-2)	5.304a	8.909a	14.213a
4kg ha ⁻¹ Zn (FTE-gran-4)	3.775a	7.825a	11.600a
c.v.	18,5%	15,1%	22,7%
dms	1.420	1.270	2.905
MÉDIA	4.691	8.423	13.134
Porcentagem do total	36%	64%	100%

* Peso do grão (13% umidade) + sabugo + palha da espiga

** Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os resultados mostraram que o zinco agregado ao adubo NPK não teve efeito significativo sobre a produção de grãos de milho (TABELA 4), nem tampouco sobre a produção de matéria seca

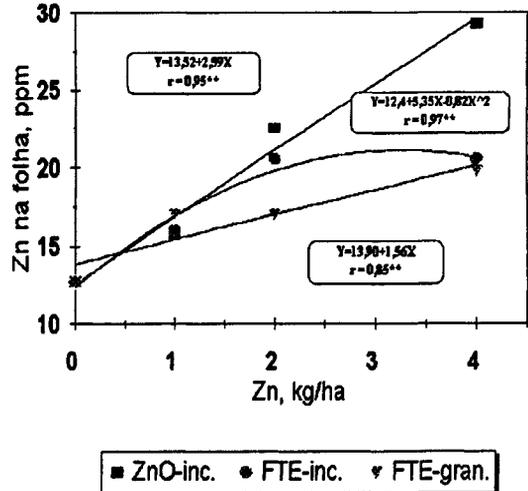


Figure 1. Efeito das doses de zinco aplicadas sobre os teores de Zn nas folhas.

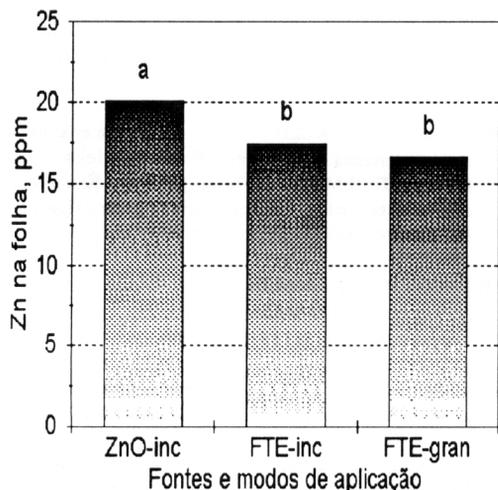


Figure 2. Efeito de fontes e modos de aplicação do zinco sobre os teores de zinco na folha

(TABELA 3), independentemente da dose ou da fonte empregada. Considerando que o teor de Zn do solo (0-20cm) foi de $0,3 \text{ mg kg}^{-1}$ (TABELA 1) era de se esperar um resultado positivo para a aplicação deste micronutriente, isto porque o valor está abaixo de 1 mg kg^{-1} (extraído com $\text{HCl } 0,05\text{N} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,025\text{N}$), considerado por LOPES (1983) como crítico para os solos de cerrado. Uma possível explicação para a falta de resposta da adubação com Zn são os altos teores de Zn ($1,6 \text{ mg Zn kg}^{-1}$) encontrados na camada sub-superficial (20-40cm) de solo (TABELA 1).

TABELA 4. Efeito das doses de zinco aplicadas no solo, das fontes e de modo de agregação do micronutriente ao adubo NPK sobre a produção de grãos de milho.

DOSES DE Zn (Kg/ha)	FORMAS DE ADIÇÃO			MÉDIA
	ZnO-inc	FTE-inc	FTE-gran	
	— — — — Mg/ha — — —			
0	5,64a	5,64a	5,64a	5,64a
1	6,34a	5,72a	6,35a	6,14a
2	6,34a	5,63a	6,36a	6,10a
4	6,37a	6,13a	5,48a	5,99a
dms(5%)				0,57
MÉDIAS	6,17A	5,78A	5,96A	
dms(5%)			0,44	
c.v.			8,6%	

* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Já os teores de Zn na folha do milho aumentaram significativamente com as doses de Zn aplicadas (Figura 1). Os teores médios de Zn na folha variaram de $12,7 \text{ mg kg}^{-1}$ no tratamento sem Zn (testemunha) até $23,2 \text{ mg kg}^{-1}$ no tratamento com $4 \text{ kg de Zn ha}^{-1}$. Este último valor está acima de 20 mg kg^{-1} que é considerado como crítico para o milho (MALAVOLTA, 1980). Conforme mostra ainda a Figura 1, $2 \text{ kg de Zn ha}^{-1}$ foram suficientes para atingir o citado nível crítico na folha quando o zinco foi adicionado na forma de ZnO-incorporado e FTE-incorporado, não sendo, no entanto, suficiente para o tratamento que recebeu FTE-granulado. Neste caso, o nível crítico só foi atingido com a dose de 4 kg de Zn/ha .

A comparação entre as fontes e as diversas formas de agregação do Zn ao formulado NPK mostrou que o ZnO incorporado ao grânulo foi o tratamento que apresentou os mais altos teores de Zn na folha (Figura 2). Por outro lado, o FTE em pó incorporado no formulado e o FTE previamente granulado e posteriormente misturado ao formulado não diferiram entre si quanto aos teores de Zn na folha (Figura 2).

Segundo YOUNG (1969) o óxido de zinco torna-se solúvel em presença de superfosfatos. MORTVEDT & GIORDANO (1969) explicaram que o aumento de solubilidade do ZnO, quando granulado com o superfosfato, se deve ao efeito acidificante que o produto exerce na zona do grânulo. Na mistura do formulado NPK testado foram utilizadas grandes quantidades de superfosfatos, o que constitui-se numa das possíveis razões para o melhor desempenho deste produto

em relação aos demais. Esta hipótese é fortalecida ao se analisar a TABELA 2 em que se verifica que o ZnO apresenta uma proporção do Zn solúvel em água superior às demais.

AGRADECIMENTOS

Ao colega Eng. Agr. Ricardo Ribas pelo auxílio na instalação do experimento e à indústria de fertilizantes Adubos Trevo S. A. pelo suporte financeiro e preparo das amostras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COMISSÃO DE FERTILIZANTES DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação*. Lavras, 1989, 159p.
- GALRÃO, E.S.; MESQUITA FILHO, M.V. de. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca de milho em um solo sob cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.5, n.3, p.167-70. 1981.
- JACKSON, W.A.; HEINLY, N.A. & CARO, J.H. Solubility status of zinc carriers intermixed with NPK fertilizers. *Journal of Agronomie Foodchemistry* v.10, p.361-364, 1962.
- KORNDÖRFER, G.H.; EIMORI, I.E. & TELLECHEA, M.C.R. Efeito de técnicas de adição do zinco a fertilizantes granulados na produção de matéria seca do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. V.11, p.329-32, 1987.
- LEHR, J. Chemical reactions of micronutrients in fertilizers. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. *Micronutrients in Agriculture*. Madison, Soil Science Society of America, 1972. Cap.19, p.459-503.
- LOPES, A.S. Solos sob "Cerrado". *Características, propriedades e manejo*. São Paulo. Instituto Potassa e Fosfato, 1983. 162p.
- LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.. Uso eficiente de fertilizantes. Aspectos agrônomicos. *Boletim Técnico*. n.4. 51p. 1990.
- PONCHIO, C.O.; BALLIO, L.A.C. Fontes de enxofre e micronutrientes para a agricultura Brasileira. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F. *Enxofre e micronutrientes na agricultura Brasileira*. EMBRAPA/IAPAR/SBCS, 1988. Cap.11, p.309-.
- McCOLLUM, J.A.; MELINE, R.S.; DURHAM, B.U. Adding nutrients to fertilizers. *Chemistry Engineering Programm*, v.62, p.130-132. 1966.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo. Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MORTVEDT, J.J. Micronutrients with granular fertilizers. *Custom Applicator*, v.7, n.3, p.20-25. 1977.
- MORTVEDT, J.J. Micronutrients fertilizer technology and use in the United States. In: *Seminar on Micronutrients in Agriculture*. New Dehli, INDIA, 1979. (Separata).
- MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. Availability to corn of zinc applied with various macronutrients fertilizers. *Soil Science*, Baltimore, v.108, p.180-187, 1969.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. *Boletim Técnico*, n.5, p. , 1985.
- YOUNG, R. Providing micronutrients in bulk-blend, granular fertilizers. *Commercial Fertilizers*, Atlanta, v.118, n.1, p.21-24. 1969.

Recebido para publicação em 16.05.95
 Aceito para publicação em 06.08.95