

MÉTODOS DE CORREÇÃO DA DEFICIÊNCIA DE ZINCO PARA O CULTIVO DO MILHO NUM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO ARGILOSO SOB CERRADO⁽¹⁾

E. Z. GALRÃO⁽²⁾

RESUMO

Realizou-se, em Planaltina (DF), no ano agrícola 1992/93, um experimento para comparar métodos de aplicação de zinco no solo (a lanço e no sulco), na folha e na semente, no rendimento de grãos de milho (híbrido BR 201) num latossolo vermelho-escuro, argiloso. Os melhores métodos foram as aplicações a lanço de sulfato de zinco nas doses de 1,2, 3,6 e 7,2 kg/ha de zinco e as aplicações foliares de solução de sulfato de zinco a 1%. O tratamento no qual o zinco foi aplicado em sementes umedecidas na forma de óxido não diferiu significativamente dos aplicados via foliar nem daqueles que receberam 0,4 e 7,2 kg/ha de zinco a lanço e 1,2 kg/ha de zinco no sulco, mas foi inferior aos tratamentos que receberam 1,2 e 3,6 kg/ha de zinco a lanço. A dose de 1,2 kg/ha de zinco, a lanço, proporcionou maior rendimento de grãos do que no sulco de semeadura.

Termos de indexação: *Zea mays* L.; métodos de aplicação, localização do zinco, adubação foliar, doses, tratamento de semente.

SUMMARY: METHODS FOR CORRECTING ZINC DEFICIENCY IN CORN GROWN ON A CERRADO CLAYEY DARK RED LATOSOL

A field experiment was carried out in the 1992/93 cropping season in Planaltina, Federal District, Brazil, to compare the effect of three methods of zinc application (soil, foliar spray and seed treatment) on corn (hybrid BR 201) grain yield in a Dark Red Latosol (Typic Haplustox). The best methods were broadcast applications of 1.2, 3.6 and 7.2 kg/ha of zinc as zinc sulphate and foliar spray of 1% zinc sulphate solution. The treatment in which zinc oxide was mixed with wet seeds did not show any significant difference from the foliar spray treatments or those that received 0.4 and 7.2 kg/ha of zinc on broadcast and 1.2 kg/ha of zinc on band applications, but it was less effective as compared to the treatments that received 1.2 and 3.6 kg/ha of zinc broadcast. Broadcast application of 1.2 kg/ha of zinc gave higher grain yields than band application.

Index terms: *Zea mays* L., application methods, zinc placement, foliar spray, levels, seed treatment.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em julho de 1993 e aprovado em abril de 1994.

⁽²⁾ Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), EMBRAPA, Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina (DF).

INTRODUÇÃO

Conforme Lopes & Cox (1977), os solos do Cerrado são, em sua maioria, deficientes em zinco. Lopes (1975) e Galvão (1988) relataram respostas do milho ao zinco nesses solos. Nenhum dos trabalhos consultados por esses autores, porém, avaliou o efeito de métodos de aplicação de zinco para o cultivo dessa gramínea. Em vista disso, tem-se recomendado aos produtores aplicação de zinco no solo, apesar de não se ter conhecimento da melhor maneira de fazê-lo, se a lanço ou no sulco de semeadura. Outras opções de aplicação, como via foliar ou na semente, raramente são recomendadas devido à falta de dados de pesquisa. Na literatura estrangeira, o número de trabalhos sobre o assunto também é pequeno. Entre estes, pode-se citar o de Pumphrey et al. (1963), que observaram a superioridade das aplicações de sulfato de zinco a lanço em relação àquelas no sulco de semeadura. Hibberd (1970) constatou a superioridade das aplicações de sulfato de zinco no sulco de semeadura em relação às foliares. Nesse trabalho, houve um tratamento no qual o zinco foi aplicado na semente, na forma de óxido, que se equiparou às aplicações de sulfato de zinco no sulco de semeadura. Sakal et al. (1983) verificaram que aplicações a lanço de sulfato de zinco se equivaleram à suas aplicações no sulco de semeadura.

O objetivo do presente trabalho foi comparar métodos de aplicação de zinco para o cultivo do milho num latossolo vermelho-escuro, argiloso, do Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi estabelecido num latossolo vermelho-escuro, argiloso, fase Cerrado (Brasil, 1966) do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Planaltina (DF), de setembro de 1992 a maio de 1993. No início, a análise do solo (0-20 cm) indicou 26 g/kg de matéria orgânica; pH 4,90 (1:2,5) em água; pH 3,9 (1:2,5) em $\text{CaCl}_2 10^{-2}\text{M}$; 11 mmol/dm³ de Al^{3+} trocável; 3 mmol/dm³ de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$; 72,2% de saturação por Al^{3+} ; 6,4% de saturação por bases (V%); 1,0 mg/dm³ de P; 36 mg/dm³ de K^+ ; 88 mg/dm³ de Fe; 3,9 mg/dm³ de Mn; 0,3 mg/dm³ de Zn; 0,6 mg/dm³ de Cu; 63% de argila; 7,0% de silte; 22% de areia fina e 8,0% de areia grossa. As determinações de pH, Al^{3+} , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, P e K^+ foram feitas conforme Brasil (1966) e de saturação por bases, segundo Sousa et al. (1989). Os teores de Fe, Mn, Zn e Cu foram extraídos pela solução de Mehlich (HCl 0,05N e H_2SO_4 0,025N), na relação solo:solução de 1:10 com cinco minutos de agitação, e determinados por espectrofotometria de absorção atômica. A matéria orgânica foi determinada conforme Jackson (1964) e a análise granulométrica, de acordo com EMBRAPA (1979). Os tratamentos estão descritos no quadro 1. O delineamento experimental usado foi de blocos ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise da variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Em 10-6-92, iniciou-se a limpeza da área seguida de aração, catação de raízes e gradeação. Em 28-08-92,

Quadro 1. Rendimento de grãos, peso e número de grãos por espiga, teor de zinco da folha e do grão, zinco absorvido pelo grão de milho (híbrido BR 201) e teores de zinco extraídos do latossolo vermelho-escuro, argiloso, em função dos métodos de aplicação de zinco

Tratamentos ⁽¹⁾	Rendimento de grãos (13% de umidade)	Peso de grãos/espiga (13% de umidade)	Grãos/espiga	Zn na folha	Zn no grão	Zn absorvido pelo grão	Zn no solo
	kg/ha	g	n°	—mg/kg—		g/ha	mg/dm ³
1. 0 kg/ha de zinco	3880f	60f	204e	12e	22ab	84d	0,3d
2. 0,4 kg/ha de zinco (lanço)	5478de	85de	304cd	13de	23ab	123bc	0,9bcd
3. 1,2 kg/ha de zinco (lanço)	7365a	114ab	386a	14de	20b	145abc	1,2bc
4. 3,6 kg/ha de zinco (lanço)	7408a	116a	403a	17bc	21ab	158ab	1,6ab
5. 7,2 kg/ha de zinco (lanço)	7201ab	115ab	406a	18b	21ab	154ab	2,4a
6. 1,2 kg/ha de zinco (sulco)	5898cde	95cd	322bc	16bcd	25a	147abc	1,0bcd
7. 0,4 kg/ha de zinco (sulco)	4913ef	78e	268d	14de	23ab	111cd	0,5cd
8. Semente ⁽²⁾	6156bcd	99bcd	354abc	13de	23ab	145abc	0,4cd
9. Folha ⁽³⁾	6641abc	108abc	365ab	18b	23ab	149ab	0,4cd
10. Folha ⁽⁴⁾	7187ab	120a	407a	46a	25a	176a	0,5cd
CV (%)	12	11	10	11	12	18	54

(1) Nas aplicações a lanço e no sulco de semeadura, a fonte de zinco usada foi o sulfato de zinco heptaidratado (23,0% de Zn); ⁽²⁾ óxido de zinco (80,3% de Zn) misturado na proporção de 1 kg de ZnO por 20 kg de sementes (Hibberd, 1970) umedecidas na relação de 15ml de água por kg de sementes (Santos & Ribeiro, 1992). ⁽³⁾ Solução à 1% de sulfato de zinco (23,0% de Zn) aplicada na 3ª e na 5ª semana após a emergência; ⁽⁴⁾ Solução à 1% de sulfato de zinco (23,0% de Zn) aplicada na 3ª, na 5ª e na 7ª semana após a emergência. Médias seguidas com a mesma letra em cada coluna não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

aplicaram-se 3.367 kg/ha de calcário: metade da dose, incorporada através de aração, metade, após, através de grade. Usou-se calcário com 20,2 mol/kg de PN, 13,4 mol/kg de PNE, 228 g/kg de Ca e 108 g/kg de Mg. Após 60 dias, aplicou-se, a lanço, em toda a área experimental, uma mistura composta de 2500 kg de gesso, 1,1 kg de B (bórax), 3,0 kg de Cu (sulfato), 0,2 kg de Mo (molibdato de amônio), 240 kg de P_2O_5 (superfosfato triplo) e 100 kg de K_2O (KCl) por hectare. Nos tratamentos em que o zinco foi aplicado a lanço, o sulfato de zinco fez parte dessa mistura. Os fertilizantes foram incorporados ao solo mediante grade aradora. Depois de uma semana, aplicaram-se no sulco de semeadura 400 kg/ha da fórmula 5-20-20. Nessa ocasião, nos tratamentos que receberam zinco no sulco, aplicaram-se 1.000 ml de solução de sulfato de zinco a cada sulco de 10 m.

Em 9-11-92 semeou-se, manualmente, milho híbrido BR 201, em 40 parcelas constituídas de seis linhas com 10 m de comprimento, espaçadas de 0,8 m, deixando-se cinco plantas após o desbaste por metro de sulco. As parcelas eram separadas entre si por 2 m entre as cabeceiras e por 1 m no sentido longitudinal. Aos 24 e aos 60 dias da semeadura, realizaram-se duas aplicações de nitrogênio em cobertura, usando-se, em cada uma, 60 kg/ha de N (uréia).

Aos 71 dias da semeadura, fêz-se, aleatoriamente, a coleta de folhas de trinta plantas por parcela, retirando-se, de cada planta, a quarta folha a partir do ápice, e cuja inserção da bainha com o colmo era visível, selecionando-se os 30 cm do terço basal cuja nervura central foi excluída, para a análise química (Trani et al., 1983). As amostras foram secas em estufa a 65°C por 72 horas e moídas. Na determinação do zinco, a digestão das amostras foi feita por via úmida com ácido sulfúrico e água oxigenada e, sua concentração, determinada por espectrofotometria de absorção atômica.

Aos 163 dias da semeadura, colheram-se quatro fileiras centrais de cada parcela, deixando-se 2 m nas extremidades como bordadura, sendo a área útil de 19,2 m² (3,2 x 6 m). De cada parcela, retirou-se uma amostra de 100 g de grãos para análise de zinco. As amostras foram secas em estufa a 65°C por 72 horas e moídas. A digestão foi feita por via úmida com ácido sulfúrico e água oxigenada e, a concentração de zinco, determinada por espectrofotometria de absorção atômica.

Após a colheita, efetuou-se a amostragem do solo (0-20 cm), coletando-se, ao acaso, vinte subamostras por parcela. As determinações de pH, Al^{3+} , P, Fe, Mn, Cu, Zn e da saturação por bases (V%) foram feitas conforme referido.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos dos tratamentos nos parâmetros medidos são apresentados no quadro 1.

Em relação ao rendimento de grãos, com exceção do tratamento que recebeu 0,4 kg/ha de zinco no sulco

de semeadura, todos os demais responderam significativamente à aplicação de zinco. Conforme Ritchey et al. (1986), o nível crítico de zinco para o milho, no solo em questão, é de 1,0 mg/dm³, quando extraído pela solução de Mehlich (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N). Já era esperado, portanto, que ocorresse resposta ao zinco, visto que o seu teor na testemunha foi de 0,3 mg/dm³. Além disso, o seu teor na folha da testemunha foi de 12 mg/kg, abaixo da faixa normal de concentração (15-50 mg/kg) sugerida por Malavolta et al. (1989).

A dose de 1,2 kg/ha de zinco foi suficiente para obtenção de alto rendimento de grãos. Essa mesma dose proporcionou 1.467 kg/ha de grãos a mais quando aplicada a lanço do que no sulco. Tal efeito se deve, provavelmente, ao maior volume de solo que recebeu zinco na aplicação a lanço em comparação com a no sulco. Conseqüentemente, na primeira, o sistema radicular explorou um volume de solo com maior disponibilidade de zinco do que na aplicação feita apenas no sulco de semeadura. Pumphrey et al. (1963) também observaram que aplicações de zinco (sulfato) a lanço proporcionaram maiores rendimentos de grãos de milho do que aplicações no sulco. Já Sakal et al. (1983) não constataram diferenças significativas no rendimento de grãos de milho, entre aplicações de zinco (sulfato) a lanço e no sulco de semeadura, provavelmente porque as doses usadas (5 e 10 kg/ha de zinco) foram altas para o solo do experimento, que não era tão deficiente em zinco, pois o rendimento da testemunha foi de 5.530 kg/ha de grãos e a média dos demais tratamentos, os quais não diferiram significativamente entre si, foi de 6.797 kg/ha de grãos.

A aplicação do zinco (óxido) na semente (tratamento 8) proporcionou aumento de 2.276 kg/ha de grãos em relação à testemunha e não diferiu significativamente das aplicações no solo (tratamentos 2, 5 e 6) e das aplicações foliares (tratamentos 9 e 10). Hibberd (1970) também verificou que aplicação de zinco (óxido) na semente produziu 6.414 kg/ha de grãos de milho, ou seja, 725 kg/ha a mais do que a testemunha, e não diferiu significativamente do tratamento que recebeu 10,8 kg/ha de zinco no sulco de semeadura, tanto na forma de sulfato (6.219 kg/ha de grãos) como na de óxido (6.414 kg/ha de grãos).

As aplicações foliares não diferiram significativamente entre si como da aplicação na semente (tratamento 8). O tratamento 10 não diferiu das aplicações no solo (tratamentos 3, 4 e 5) e, o tratamento 9, além desses, também não diferiu do tratamento 6. Hibberd (1970) e Pumphrey et al. (1963) constataram que aplicações de zinco (sulfato) no solo proporcionaram maiores rendimentos de grãos de milho do que via foliar. Por outro lado, Sakal et al. (1983) verificaram que aplicações foliares de sulfato de zinco a 0,5 ou a 1,0% não diferiram significativamente em relação ao rendimento de grãos de milho, quando esse fertilizante foi aplicado no solo, ou a lanço ou no sulco de semeadura.

Os aumentos nos rendimentos de grãos dos vários tratamentos, devido à aplicação de zinco, foram função tanto do peso como do número de grãos por espiga, ou seja, à medida que o rendimento de grãos aumentou, o peso e o número de grãos por espiga também aumentaram. O grau de associação (r) do rendimento de grãos com o peso e o número de grãos por espiga foi, respectivamente, de 0,98* e 0,97*. Hibberd (1970) constatou que o aumento no rendimento de grãos de milho foi devido apenas ao aumento no peso de grãos por espiga; o número de grãos por espiga não apresentou variações significativas entre os tratamentos.

Os teores foliares dos tratamentos 2, 3, 7 e 8 estão abaixo do limite inferior da faixa de suficiência (15-50 mg/kg), sugerida por Malavolta et al. (1989), e não diferiram significativamente entre si nem da testemunha. Os tratamentos 2 e 8 tiveram o mesmo teor de zinco na folha (13 mg/kg), assim como os tratamentos 3 e 7 (14 mg/kg). No entanto, com exceção do tratamento 7, os demais tiveram rendimentos de grãos que diferiram significativamente entre si, além de serem superiores ao da testemunha. Esse fato revelou que o teor de zinco da folha não se mostrou bom índice de avaliação da disponibilidade de zinco para o milho. Os teores foliares dos tratamentos 9 e 10 foram, respectivamente, 18 e 46 mg/kg de zinco. Uma provável explicação para essa diferença seria a de que, enquanto o tratamento 9 recebeu um total de 2,1 kg/ha de zinco, o 10 recebeu um total de 4,3 kg/ha de zinco. Além disso, desde a última pulverização até a data da amostragem das folhas, o tratamento 9 recebeu um total de 182 mm de precipitação e o 10, um total de 110 mm de precipitação. Portanto, o último, além de receber 2,2 kg/ha de zinco a mais do que o tratamento 9, o que deve ter propiciado a absorção de maior quantidade de zinco pelas folhas, recebeu também 72 mm a menos de precipitação, o que, causou, provavelmente, menor remoção do zinco da superfície das suas folhas.

O teor de zinco do grão variou pouco entre os tratamentos. O grau de associação entre essa variável e o rendimento de grãos não foi significativo ($r = 0,16$), revelando, assim, que a mesma não foi um bom índice de avaliação da disponibilidade de zinco para o milho. O teor de zinco do grão da dose de 1,2 kg/ha de zinco foi de 20 e 25 mg/kg, quando a mesma foi aplicada, respectivamente, a lanço e no sulco de semeadura. Uma possível explicação para isso seria o efeito de diluição, pois o rendimento dessa dose foi de 7.365 e 5.898 kg/ha de grãos, quando aplicada, respectivamente, a lanço e no sulco de semeadura.

A quantidade de zinco absorvida pelo grão variou de acordo com os rendimentos de grãos dos tratamentos. O grau de associação entre essas variáveis foi de $r = 0,92^{**}$.

O coeficiente de variação dos teores de zinco extraídos do solo foi muito elevado, devido, em parte, às variações acentuadas entre os teores de zinco das repetições dos tratamentos que o receberam no sulco de semeadura; como se sabe, é muito difícil a ob-

tenção de amostra de solo representativa de parcelas onde o fertilizante é aplicado no sulco de semeadura. O coeficiente de correlação (r) entre rendimentos de grãos e teores de zinco extraídos do solo, 0,56, não foi significativo. Isso já era esperado, pela grande variabilidade dos teores de zinco em relação aos rendimentos de grãos entre os tratamentos que receberam zinco no solo e aqueles que o receberam através da folha e da semente. Assim, por exemplo, os tratamentos 9 e 10, cujos teores de zinco foram, respectivamente, 0,4 e 0,5 mg/dm³, tiveram rendimentos de grãos que não diferiram significativamente daqueles obtidos pelos tratamentos 3, 4 e 5, cujos teores de zinco foram, respectivamente, 1,2, 1,6 e 2,4 mg/dm³. Da mesma forma, o tratamento 8, cujo teor de zinco foi de 0,4 mg/dm³, teve rendimento de grãos que não diferiu significativamente dos obtidos pelos tratamentos 5 e 6, cujos teores de zinco foram, respectivamente, 2,4 e 1,0 mg/dm³. Por outro lado, o grau de associação (r) entre os rendimentos de grãos e os teores de zinco do solo dos tratamentos nos quais esse nutriente foi aplicado no solo (1 a 7) foi de 0,84*, revelando a capacidade do extrator em avaliar a disponibilidade de zinco para o milho. As doses de zinco apresentaram alto grau de associação com seus teores ($r = 0,94^{**}$), mostrando, assim, a boa capacidade de diferenciação entre as doses de zinco aplicadas no solo pelo extrator de Mehlich.

CONCLUSÕES

1. A dose de 1,2 kg/ha de zinco, aplicada a lanço como sulfato de zinco, foi suficiente para conseguir o maior rendimento de grãos.
2. Duas pulverizações foliares com uma solução a 1% de sulfato de zinco, na 3ª e na 5ª semana após a emergência, bastaram para alcançar o rendimento máximo de grãos.
3. Por apresentar maior rendimento de grãos, a dose de 1,2 kg/ha de zinco, aplicada a lanço, mostrou-se mais indicada do que quando aplicada no sulco de semeadura.

AGRADECIMENTOS

Aos Pesquisadores Léo N. de Miranda, Thomaz A. Rein e Djalma M.G. de Sousa, do CPAC, pelas sugestões apresentadas, e ao Técnico Agrícola Deocleciano S. Lima, pelo auxílio na condução do experimento.

LITERATURA CITADA

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento semidetalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura do Distrito Federal. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1966. 135p. (Boletim técnico, 8)
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 1979. 73p.

- GALRÃO, E.Z. Resposta das culturas aos micronutrientes boro e zinco. In: BORKERT, C.M. & LANTMANN, A.F., eds. In: SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1986. Anais. Londrina, EMBRAPA/CNPSo/IAPAR/SBCS, 1988. p.205-237.
- HIBBERD, E.E. Methods of correcting zinc deficiency in irrigated maize grown on a black earth soil, Darling Downs, Queensland. Qd. J. agric. Anim. Sci., Brisbane, 27:89-94, 1970.
- JACKSON, M.L. Determinaciones de matéria orgânica en los suelos. In: JACKSON, M.L., ed. Analisis químico de suelos. Barcelona, Omega, 1964. cap. 9, p.282-310.
- LOPES, A.S. A survey of the fertility of soils under "Cerrado" vegetation in Brazil. Raleigh, North Carolina State University, 1975. 138p. (Tese de Mestrado.)
- LOPES, A.S. & COX, F.R. A survey of the fertility of surface soils under "Cerrado" vegetation in Brazil. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 41:742-747, 1977.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- PUMPHREY, F.V.; KOEHLER, F.E.; ALLMARAS, R.R. & ROBERTS, S. Method and rate of applying zinc sulfate for corn on zinc deficient soil in Western Nebraska. Agron. J., Madison, 55:235-238, 1963.
- RITCHEY, K.D.; COX, F.R.; GALRÃO, E.Z. & YOST, R.S. Disponibilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e soja em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. Pesq. agropec. bras., Brasília, 21:215-225, 1986.
- SAKAL, R.; SINGH, A.P. & SINGH, B.P. A comparative study of the different methods and sources of zinc application. Indian J. agric. Res., New Delhi, 17:90-94, 1983.
- SANTOS, O.S. & RIBEIRO, N.D. Fontes de zinco aplicadas em sementes de milho, em solução nutritiva. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 20., 1992, Piracicaba. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.316-317.
- SOUSA, D.M.G. de.; MIRANDA, L.N. de.; LOBATO, E. & CASTRO, L.H.R. de. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos de Cerrado. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 13:193-198, 1989.
- TRANI, P.E.; HIROCE, R. & BATAGLIA, O.C. Análise foliar: amostragem e interpretação. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 18p.