

INFLUÊNCIA DE ADIÇÕES SUCESSIVAS DE ZINCO, NA FORMA DE ESTERCO SUÍNO OU DE ÓXIDO, NO RENDIMENTO DE MATÉRIA SECA DE MILHO⁽¹⁾

P. R. ERNANI⁽²⁾, F. BITTENCOURT⁽³⁾, J. VALMORBIDA⁽³⁾ & J. CRISTANI⁽²⁾

RESUMO

Em Santa Catarina, significativa porção dos dejetos das produções confinadas de suínos ainda está sendo jogada nos rios e córregos. Ao invés de poluentes, esses materiais poderiam ser utilizados como fertilizantes do solo, mas o uso contínuo de grandes quantidades pode ocasionar fitotoxidez de alguns nutrientes bem como poluir as águas superficiais e subterrâneas. O presente trabalho objetivou avaliar o rendimento de matéria seca de milho, decorrente da adição de quantidades crescentes e cumulativas de Zn ao solo, aplicadas na forma de ZnO ou de dejetos de suínos (alimentados com ração enriquecida com zinco). Foram realizados três cultivos sucessivos com 30 dias cada, em casa de vegetação, em vasos com 5,0 kg (base seca) de um Latossolo, que continha 590 g kg⁻¹ de argila e pH 5,9. As doses de Zn utilizadas equivaleram a 0; 6,25; 12,5; 25 e 50 mg kg⁻¹ de solo e foram aplicadas antes de cada cultivo. Determinaram-se a matéria seca da parte aérea, o Zn no solo, extraído com HCl 0,1 mol L⁻¹, e a concentração e o acúmulo de Zn no tecido vegetal. A concentração de Zn no solo e nas plantas, assim como a quantidade de Zn absorvido, aumentou com o aumento da dose e com as reaplicações desse nutriente, tendo sido o teor de Zn no solo maior nos tratamentos com esterco suíno do que com ZnO. O rendimento de matéria seca não foi afetado pela aplicação de nenhuma das fontes de Zn, em qualquer cultivo. A adição cumulativa de até 150 mg kg⁻¹ de Zn de solo elevou o teor de Zn no solo e na planta para valores superiores a 160 e 250 mg kg⁻¹, respectivamente, e mesmo assim não ocasionou toxidez desse nutriente ao milho em seu estágio inicial de crescimento, mostrando que a amplitude entre suficiência e toxidez de Zn é ampla nesse solo.

Termos de indexação: zinco, fontes de Zn, esterco animal.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em dezembro de 1999 e aprovado em abril de 2001.

⁽²⁾ Professor da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC. Caixa Postal 281, CEP 88520-000 Lages (SC). Pesquisador do CNPq. E-mail: prernani@cav.udesc.br

⁽³⁾ Acadêmicas de Agronomia da UDESC.

SUMMARY: *INFLUENCE OF SUCCESSIVE ADDITIONS OF ZINC FROM SWINE MANURE OR ZnO, ON CORN DRY MATTER YIELD*

Part of the swine manure from confined production is still improperly disposed into water streams and small rivers in southern Brazil. An alternative disposal method would be to use this animal residue as a soil fertilizer. However, repeated applications in the same area may cause nutrient build up to phytotoxic levels and could lead to surface and subsurface water pollution. The objective of this study was to evaluate the effect of Zn addition to the soil on corn dry matter production. Zinc was added as ZnO or as solid swine manure from animals temporarily fed with a diet enriched with Zn. Three experiments, each lasting 30 days, were carried out in a greenhouse in 1998/1999 using the same experimental units. Each pot contained 5.0 kg (dry base) of a Hapludox soil with pH 5.9 and 590 g kg⁻¹ of clay. Rates of Zn were 0, 6.25, 12.5, 25 and 50 mg kg⁻¹, which were mixed with the soil before each planting. Corn dry matter and Zn concentration in the plant tissue and soil, extracted with HCl 0.1 mol L⁻¹ were determined. Zn concentration in soil and corn tissue, and the amount taken up by plants increased in proportion to the rate of Zn applied. Zn concentration in soil was greater for treatments with swine manure than with ZnO. Corn dry matter was not affected by Zn addition in any experiment, regardless of the Zn source. The cumulative addition of Zn to soil at rates up to 150 mg kg⁻¹, raised Zn concentration in soil and plant tissue to levels greater than 160 and 250 mg kg⁻¹, respectively. These levels, however, did not cause Zn toxicity to corn at the early stages of development, which shows that there is a wide range between sufficiency and toxicity of Zn in soil and in the plant tissue.

Index terms: soil zinc, sources of zinc, swine manure.

INTRODUÇÃO

O estado de Santa Catarina é o maior produtor brasileiro de suínos, com 3,5 milhões de animais (Oliveira, 1993). As criações são quase todas no sistema de confinamento, e parte dos 30.000 m³ de dejetos produzidos diariamente (Konzen, 1983) é jogada nos rios e córregos.

Os dejetos de suínos apresentam pequena concentração de sólidos (CFS-RS/SC 1995), resultante do grande volume de água utilizado para lavar as instalações, e isso onera o custo de transporte e inviabiliza a sua utilização em lavouras distantes dos locais de produção de suínos. Estes materiais têm valor fertilizante e podem ser usados na lavoura, principalmente em associação com os fertilizantes minerais, a fim de maximizar a eficiência de uso dos nutrientes aplicados na forma orgânica (Ernani, 1984). O uso continuado de grandes quantidades de esterco animal na mesma área pode, no entanto, provocar contaminação das águas subterrâneas com nitratos (Chang & Entz, 1996; Spout et al., 1997), aumentar demasiadamente a concentração de sais no solo (Gianello & Ernani, 1983) e até provocar toxidez de alguns nutrientes aos vegetais. Dos micronutrientes, o Zn é o mais provável de tornar-se tóxico porque é utilizado em grandes quantidades na ração de leitões (2.400 mg kg⁻¹) com o objetivo de eliminar os

distúrbios gastrointestinais provocados pelo desmame (Mentem et al., 1992; Lima et al., 1993; Brito et al., 1994; Cristani, 1997). Grande parte desse Zn não é absorvida pelos animais, sendo eliminada nas fezes (Cristani, 1997).

A disponibilidade de Zn às plantas é determinada por sua atividade na solução do solo, a qual é controlada principalmente pela adsorção desse nutriente aos compostos sólidos, por meio de complexos de esfera interna, e pela formação de precipitados (Ma & Lindsay, 1993). A magnitude dessas reações varia com o solo (Machado & Pavan, 1987), dependendo do pH (Lantmann & Meurer, 1982; Machado & Pavan, 1987; Ma & Lindsay, 1993; Dang et al., 1994; Berton et al., 1997) e dos teores de fósforo (Hamilton et al., 1993), de argila (Dang et al., 1994; Cunha et al., 1994), de matéria orgânica (Zhu & Alva, 1993; Hamilton et al., 1993; Cunha et al., 1994; Amaral Sobrinho et al., 1997) e de óxidos de ferro e alumínio (Cunha et al., 1994; Amaral Sobrinho et al., 1997).

A disponibilidade natural de Zn nos solos de textura média a argilosa do sul do Brasil é alta (Lantmann & Meurer, 1982), e, normalmente, não se recomenda a aplicação desse nutriente (CFS-RS/SC, 1995), diferentemente dos solos de outras regiões do País, principalmente do cerrado (Galvão, 1994, 1995). Quando é necessário aplicar Zn, para culturas muito exigentes, ou para solos arenosos ou com pH

muito elevado, as quantidades recomendadas são pequenas, ao redor de 1 a 2 kg ha⁻¹ (CFS-RS/SC, 1995; Galvão, 1994, 1995, 1996), as quais apresentam efeito residual de vários anos (Galvão, 1995, 1996). Desconhece-se, entretanto, a partir de que doses o Zn passa a ser tóxico aos vegetais.

O presente trabalho objetivou avaliar o rendimento de matéria seca de três cultivos de milho, em casa de vegetação, de acordo com as aplicações sucessivas de doses elevadas de Zn, na forma de esterco de suínos ou de ZnO.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em casa de vegetação, na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), em Lages (SC), e foi constituído por três cultivos de milho, realizados, respectivamente, nos meses de março e outubro de 1998 e fevereiro de 1999.

Utilizaram-se amostras coletadas do horizonte A de um Latossolo Vermelho distroférrico que vinha sendo cultivado há muitos anos, no município de Concórdia (SC). O solo apresentava pH-H₂O = 4,8; pH-SMP = 5,0; P e K = 4,8 e 209 mg kg⁻¹; matéria orgânica = 49 g kg⁻¹; e argila = 590 g kg⁻¹. O pH do solo foi elevado para 6,0 através da aplicação de 6,0 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, três meses antes da semeadura do primeiro cultivo.

Os tratamentos consistiram da incorporação ao solo de doses crescentes de Zn (0; 6,25; 12,5; 25 e 50 mg kg⁻¹ cultivo⁻¹) aplicadas antes de cada cultivo, a partir de uma solução de ZnO ou de esterco de suínos. Os dejetos suínos foram coletados de animais alimentados com uma dieta enriquecida com ZnO na quantidade de 2.400 mg kg⁻¹ de Zn de ração, durante 14 dias após o desmame. Para a coleta das fezes, colocaram-se chapas de madeira na parte ripada do piso. Ao lado do bebedouro, deixou-se uma abertura para facilitar o escoamento da água desperdiçada, a fim de não misturá-la com as fezes, as quais foram coletadas a partir do terceiro dia após o desmame. Esse material foi desidratado, moído e digerido com ácido sulfúrico concentrado e água oxigenada (30 volumes), a quente, conforme método proposto por Adler & Wilcox (1985). Ele apresentou 2,8% de umidade, e, na matéria seca, em g kg⁻¹, os seguintes teores: Zn = 18; N = 61 (42 de N-NH₄); P = 3,6; K = 24; Ca = 6,5; Mg = 3,4; Fe = 2,0 e Cu = 1,1. Para fornecer as doses de Zn supramencionadas, aplicou-se, respectivamente, o equivalente a 0; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 t ha⁻¹ desse material por cultivo (base seca).

O experimento foi feito em vasos, com 5,0 kg de solo (base seca) e três repetições por tratamento, em delineamento experimental completamente casualizado. Em todas as unidades experimentais,

aplicaram-se P (58 mg kg⁻¹), N e K (100 mg kg⁻¹), respectivamente, nas formas de superfosfato triplo, uréia e cloreto de potássio, antes do primeiro e do terceiro cultivo, além das quantidades adicionadas pelo esterco em cada cultivo. Usaram-se seis plantas por vaso, da cultivar Cargill 855, e períodos de cultivo de 30 dias. Nas plantas, foram determinados o rendimento de matéria seca da parte aérea e o teor de Zn, e calculou-se a quantidade de Zn absorvido, em cada cultivo. Nas amostras de solo, coletadas após o segundo e o terceiro cultivo, determinou-se o teor de Zn, extraído com solução de HCl 0,1 mol L⁻¹, na relação solo/extrator de 1:4. O tecido vegetal foi seco em estufa, a 60°C, até peso constante, moído e digerido da mesma forma que o esterco de suínos. Todas as formas de Zn foram determinadas por espectrofotometria de emissão induzida por plasma (ICP).

O efeito da aplicação de quantidades crescentes de zinco nos parâmetros de solo e de planta foi avaliado por meio de análises de regressão. A comparação entre as fontes foi efetuada pelo teste t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Zn no solo aumentou linearmente com a aplicação dos dois fertilizantes e foi maior para o esterco suíno do que para o ZnO (Figura 1). Nas amostras coletadas no final do terceiro cultivo, que inclui as três aplicações, o Zn extraído com HCl 0,1 mol L⁻¹ aumentou de aproximadamente 5 mg kg⁻¹, na testemunha, para 137 e 163 mg kg⁻¹, nos tratamentos que receberam cumulativamente 150 mg kg⁻¹ de Zn na forma de ZnO ou de esterco suíno, respectivamente (Figura 1). Esses valores foram elevados, inclusive superiores ao nível de suficiência de alguns macronutrientes no solo, como K e Mg. O nível crítico de Zn nos solos dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina é de 0,5 mg kg⁻¹ (CFS-RS/SC, 1995), muito semelhante ao dos solos do cerrado, que é de 0,9 mg kg⁻¹ para a cultura de milho (Galvão, 1995), e dos de Minas Gerais, que varia com o tipo de solo, de 1,1 a 5,0 mg kg⁻¹ (Couto et al., 1992), apesar da pequena variação na concentração dos extratores ácidos.

A porcentagem de recuperação do Zn aplicado foi alta e independente da dose. Os coeficientes angulares das equações de regressão linear foram semelhantes nas duas amostragens e revelaram que o extrator (HCl 0,1 mol L⁻¹) recuperou todo o Zn aplicado pelo esterco e entre 78 e 90% do Zn adicionado como ZnO (Figura 1). Esse percentual de recuperação foi maior do que os 40% encontrados para a média de 12 solos do estado de Minas Gerais (Couto et al., 1992), porém compatível com o caráter químico do extrator. A solução de HCl 0,1 mol L⁻¹ mantém o pH da suspensão solo-extrator em valores inferiores a 2,5, razão por que, além das formas

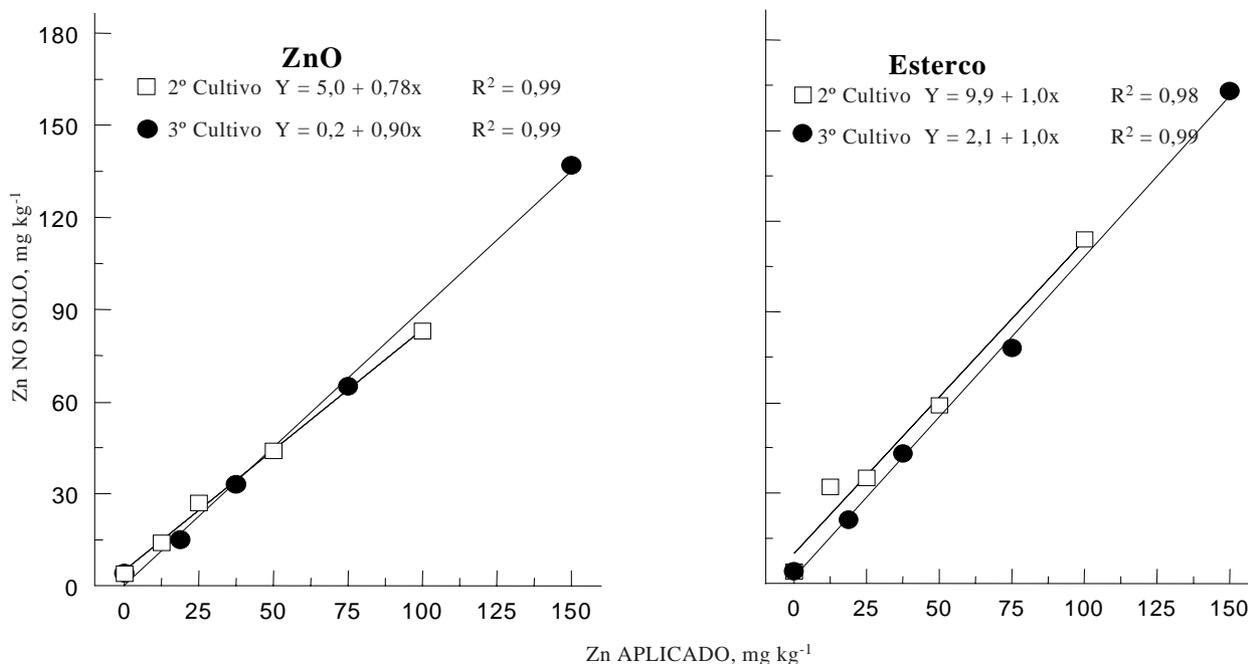


Figura 1. Teores de zinco no solo extraído com solução de HCl 0,1 mol L⁻¹ nas amostras coletadas após o segundo e o terceiro cultivo de milho, considerando a aplicação de quantidades crescentes e cumulativas de Zn na forma de estercio de suínos ou de ZnO. Média de três repetições.

adsorvidas eletrostaticamente e quimicamente, ela também dissolve os precipitados de Zn no solo. Sendo assim, todo o Zn aplicado foi praticamente recuperado. A adição de grandes quantidades de Zn, como as usadas no presente trabalho, aumenta a precisão na determinação analítica e, aliada à quantificação do Zn em espectrômetro de plasma (ICP), de alta precisão e sensibilidade, contribuiu para a obtenção de maior percentual de recuperação relativamente ao obtido em outros trabalhos.

A adição de Zn ao solo não afetou o rendimento de matéria seca. A aplicação de até 50 mg kg⁻¹ de Zn antecedendo cada um dos cultivos, independentemente da fonte, não afetou a produção de matéria seca da parte aérea de milho em nenhum dos três cultivos (Quadro 1). A ausência de incremento no rendimento pela aplicação de Zn era previsível, pois raramente há resposta à aplicação desse nutriente nos solos do extremo sul do Brasil (Lantmann & Meurer, 1982), e esse solo apresentava 5,0 mg kg⁻¹ de Zn, ou seja, 10 vezes mais que o nível crítico. Os rendimentos de matéria seca, entretanto, variaram entre os cultivos, possivelmente por causa das diferentes condições de luminosidade e temperatura existentes na casa de vegetação, uma vez que eles foram realizados em diferentes períodos do ano (Quadro 1).

A aplicação de quantidades elevadas de Zn não causou toxidez ao milho, nem mesmo nos tratamentos que receberam as maiores doses, as quais, cumulativamente atingiram o equivalente a

300 kg ha⁻¹ e elevaram o Zn do solo para mais de 160 mg kg⁻¹. Para adicionar essa dose de Zn através do estercio de suínos, foi necessária a aplicação cumulativa de 12 t ha⁻¹ de material sólido, isento de água, o que equivaleria a 133 t ha⁻¹ do material mantido nas esterqueiras, constituído aproximadamente de 9% de matéria seca (Oliveira, 1993).

Amaral et al. (1996) também não encontraram toxidez ao milho, em casa de vegetação, ao elevar o Zn do solo até 150 mg kg⁻¹ pela aplicação de resíduo da indústria de Zn. Nas doses mais elevadas, aplicadas por esses autores, os valores de Zn no tecido de milho foram superiores a 300 mg kg⁻¹. Quando é necessária a aplicação de Zn para os solos dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, a recomendação varia de 1 a 2 kg ha⁻¹ (CFS-RS/SC, 1995).

Como o rendimento não foi afetado, não foi possível detectar a quantidade de Zn aplicada ou os valores de Zn no tecido vegetal e no solo, acima dos quais ocorreria toxidez desse nutriente para o milho em sua fase inicial de crescimento. Por isso, nesse Latossolo Roxo, naturalmente com altos teores de óxidos de ferro e alumínio e com alta matéria orgânica, os dejetos de criações de suínos alimentados com ração enriquecida com Zn poderiam ser aplicados em grandes quantidades sem risco de prejuízo à cultura de milho, principalmente em solo de pH elevado, pois a disponibilidade de Zn diminui com o aumento do pH (Barbosa Filho et al., 1992; Galvão, 1995).

Quadro 1. Rendimento de matéria seca da parte aérea de milho de três cultivos sucessivos⁽¹⁾, de 30 dias cada, em casa de vegetação, considerando a aplicação de quantidades crescentes e cumulativas de Zn na forma de esterco suíno ou ZnO antecedendo cada cultivo. Média de três repetições

Zn aplicado	Cultivo			Média
	1º	2º	3º	
mg kg ⁻¹ de solo	g vaso ⁻¹			
	ZnO			
0 ⁽²⁾	3,70	3,80	2,82	3,44
6,25	4,00	2,90	3,50	3,47
12,5	3,59	2,64	3,50	3,24
25	3,48	2,68	3,57	3,24
50	4,38	2,65	3,10	3,38
Média	3,84	2,93	3,30	3,37
	Esterco suíno			
0	3,70	3,80	2,82	3,44
6,25	5,41	2,94	4,08	4,14
12,5	4,85	2,77	3,38	3,67
25	3,10	2,60	3,46	3,05
50	3,66	2,50	3,86	3,34
Média	4,14	2,92	3,52	3,53

⁽¹⁾ Os coeficientes de regressão não foram significativos a 5%, através do teste F, em nenhum cultivo. ⁽²⁾ O tratamento-testemunha foi o mesmo para as duas fontes, e, por isso, os valores de matéria seca são os mesmos.

Em condições de lavoura, as plantas provavelmente toleram doses ainda maiores que as aplicadas no presente trabalho, considerando maior volume de solo a ser explorado pelas raízes, a maior relação solo/raiz e a existência de volumes não fertilizados que são explorados pelas raízes.

Em experimentos com vasos, todo o volume de solo é fertilizado e, portanto, a concentração do nutriente é igual em todos os locais. Em solos com teores de óxidos, matéria orgânica e de pH inferiores aos do presente trabalho, a toxidez de Zn certamente seria atingida com doses menores do que as usadas neste trabalho, porque a disponibilidade desse nutriente é inversamente proporcional aos valores desses parâmetros (Lantmann & Meurer, 1982; Cunha et al., 1994).

O teor de Zn no tecido vegetal da parte aérea de milho aumentou com a dose aplicada. Nos dois primeiros cultivos, a quantidade de Zn no tecido foi muito semelhante entre as duas fontes de Zn, mas no terceiro cultivo as plantas fertilizadas com esterco de suínos apresentaram maior concentração de Zn do que as fertilizadas com óxido de zinco (Figura 2). Em todos os tratamentos, independentemente do cultivo, a concentração de Zn no tecido vegetal da parte aérea do milho foi sempre maior que 40 mg kg⁻¹, e, portanto, acima do limite superior de suficiência, que é próximo de 20 mg kg⁻¹ (Couto et al., 1992; Galvão, 1995, 1996). Os valores máximos foram observados na maior dose do terceiro cultivo, superior a 250 mg kg⁻¹

para as duas fontes, e, mesmo assim, não houve prejuízo aparente para as plantas (Figura 2).

A quantidade de Zn acumulada pelas plantas teve um comportamento muito semelhante à concentração de Zn no tecido vegetal (Figuras 2 e 3) em decorrência da similaridade entre as produções de massa seca (Quadro 1). As quantidades absorvidas aumentaram com o aumento da dose e com as reaplicações de Zn e variaram de aproximadamente 0,16 mg vaso⁻¹, no tratamento sem Zn, até aproximadamente 1,3 mg vaso⁻¹ no solo que recebeu três aplicações de 50 mg kg⁻¹ de Zn via esterco de suínos (Figura 2). Os valores de Zn absorvidos correlacionaram-se positivamente com os de Zn no solo ($r = 0,88$).

CONCLUSÕES

1. A aplicação cumulativa de até 150 mg kg⁻¹ de Zn de solo, na forma de esterco suíno ou de ZnO, não afetou o rendimento de matéria seca de milho no estágio inicial de crescimento, apesar de ter elevado o teor de Zn no solo e na planta para valores superiores a 160 e 250 mg kg⁻¹, respectivamente.

2. Não se perceberam riscos aparentes no desenvolvimento do milho pela adição de dejetos suínos alimentados com ração enriquecida com Zn, num Latossolo Vermelho distroférico com alto teor de argila e com pH 5,9.

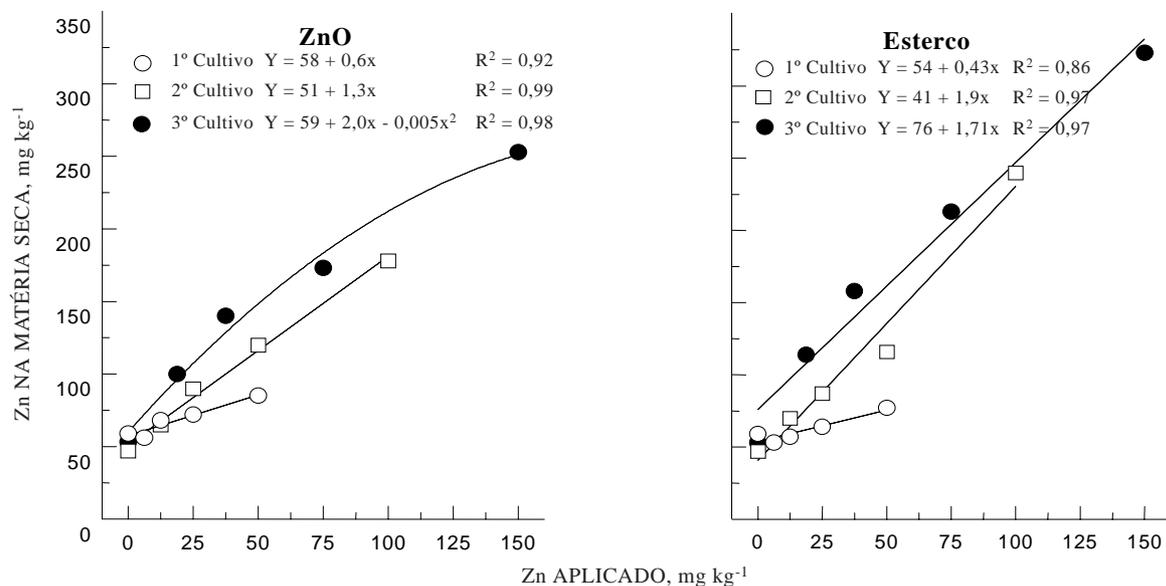


Figura 2. Teores de Zn no tecido vegetal nas amostras dos três cultivos de milho, considerando a aplicação de quantidades crescentes e cumulativas de Zn na forma de esterco de suínos ou de ZnO. Média de três repetições.

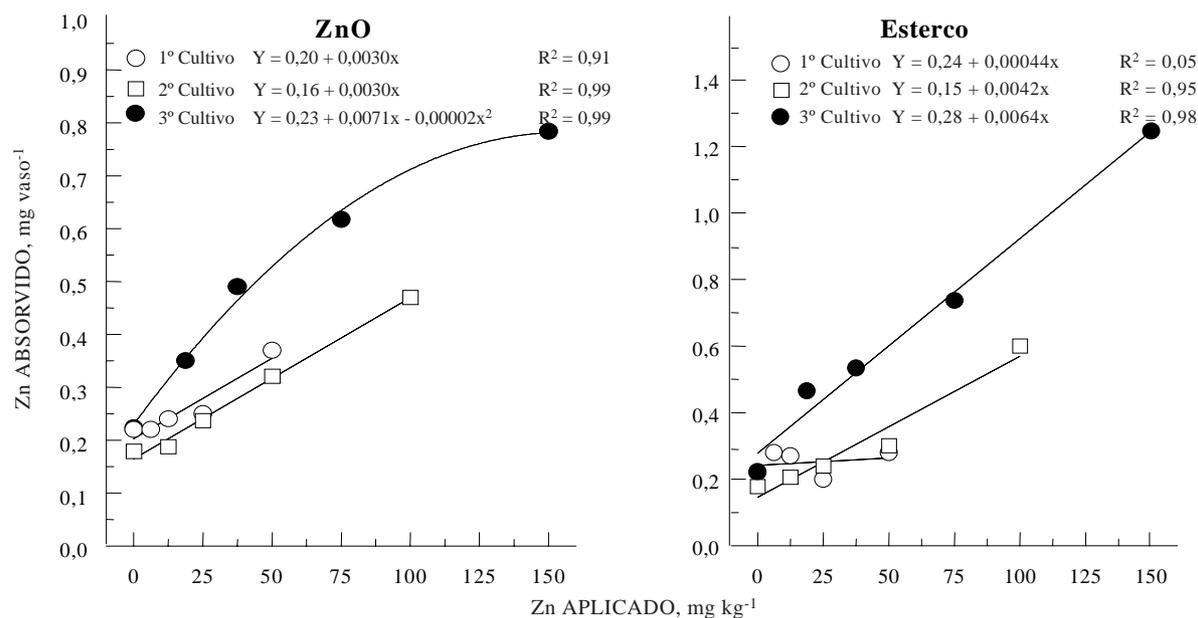


Figura 3. Quantidades de Zn absorvido em cada cultivo de milho, considerando a aplicação de quantidades crescentes e cumulativas de Zn na forma de esterco de suínos ou de ZnO. Média de três repetições.

LITERATURA CITADA

ADLER, P.R. & WILCOX, G.E. Rapid perchloric acid digest methods for analysis of major elements in plant tissue. *Comm. Soil Sci. Plant. Anal.*, 16:1153-1163, 1985.

AMARAL, R.D.; BARROS, N.F.; COSTA, L.M. & FONTES, M.P.F. Efeito de um resíduo da indústria de Zn sobre a química de amostras de solo e plantas de milho. *R. Bras. Ci. Solo*, 20:433-440, 1996.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; GOMES, M.F.; VELLOSO, A.C.X. & OLIVEIRA, C. Fracionamento de zinco e chumbo em solos tratados com fertilizantes e corretivos. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:17-21, 1997.

BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F. & BARBOSA, A.M. Interação entre calagem e zinco na absorção de nutrientes e produção de arroz de sequeiro em casa de vegetação. *R. Bras. Ci. Solo*, 16:355-360, 1992.

- BERTON, R.S.; VALADARES, J.M.A.S.; CAMARGO, O.A. & BATAGLIA, O.C. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO_3 na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três latossolos. R. Bras. Ci. Solo, 21:685-691, 1997.
- BRITO, P.V.A.M.; LIMA, M.M.J.G.; BRITO, F.R.J. & MORES, N. Concentração mínima inibitória de óxido de zinco para amostras de *Escherichia coli* isoladas de suínos com diarreia pós-desmame. Arq. Bras. Med. Vet. Zoot., 4:353-361. 1994.
- CHANG, C. & ENTZ, T. Nitrate leaching losses under repeated cattle feedlot manure application in southern Alberta. Soil Sci. Soc. Am. J., 25:145-153, 1996.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 3. ed. Passo Fundo, SBCS-Núcleo Regional Sul, 1995. 223p.
- CUNHA, R.C.; CAMARGO, O.A. & KINJO, T. Aplicação de três isotermas na adsorção de zinco em oxissolos, alfissolos e ultissolos. R. Bras. Ci. Solo, 18:15-20, 1994.
- COUTO, C.; NOVAIS, R.F.; TEIXEIRA, J.L.; BARROS, N.F. & NEVES, C.L. Níveis críticos de zinco no solo e na planta para o crescimento de milho em amostras de solo com diferentes valores do fator capacidade. R. Bras. Ci. Solo, 16:79-87, 1992.
- CRISTANI, J. Efeito do óxido de zinco (ZnO) no controle da diarreia pós-desmame em leitões experimentalmente desafiados com *Escherichia coli*. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, 1997. 74p. (Tese de Mestrado)
- DANG, Y.P.; DALAL, R.C.; EDWARDS, D.G. & TILLER, K.G. Kinetic of zinco desorption from vertisols. Soil Sci. Soc. Am. J., 58:1392-1399, 1994.
- ERNANI, P.R. Necessidade da adição de nitrogênio para o milho em solo fertilizado com esterco de suínos, cama de aves, e adubos minerais. R. Bras. Ci. Solo, 8:313-317, 1984.
- GALRÃO, D.Z. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo de milho num Latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob cerrado. R. Bras. Ci. Solo, 18:229-233, 1994.
- GALRÃO, E.Z. Níveis críticos de zinco para o milho cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo, fase cerrado. R. Bras. Ci. Solo, 19:255-260, 1995.
- GALRÃO, E.Z. Métodos de aplicação de zinco e avaliação de sua disponibilidade para o milho num Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, fase cerrado. R. Bras. Ci. Solo, 20:283-289, 1996.
- GIANELLO, C. & ERNANI, P.R. Rendimento de matéria seca de milho e alterações na composição química do solo em função da incorporação de quantidades crescentes de cama de frangos, em casa de vegetação. R. Bras. Ci. Solo, 7:285-290, 1983.
- HAMILTON, M.A.; WESTERMANN, D.T. & JAMES, D.W. Factors affecting zinc uptake in cropping systems. Soil Sci. Soc. Am. J., 57:1310-1315, 1993.
- KOZEN, E.A. Manejo e utilização dos dejetos de suínos. Concórdia, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1983. 32p. (EMBRAPA-CNPSA. Circular Técnica 6)
- LANTMANN, A.F. & MEURER, E.J. Estudo da eficiência de extractores para avaliação do zinco disponível do solo para o milho. R. Bras. Ci. Solo, 6:131-135, 1982.
- LIMA, G.J.M.M., MORAES, N. & GUIDONI, A.L. Níveis de suplementação de zinco na dieta sobre o desempenho de suínos desmamados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, Goiânia, 1993. Anais. Goiânia, 1993. p.156.
- MA, Q.Y. & LINDSAY, W.L. Measurements of free Zn^{2+} activity in uncontaminated and contaminated soils using chelation. Soil Sci. Soc. Am. J., 57:963-967, 1993.
- MACHADO, P.L.O. & PAVAN, M.A. Adsorção de zinco por alguns solos do Paraná. R. Bras. Ci. Solo, 11:253-256, 1987.
- MENTEN, J.F.M.; MIYANDA, V.S. & CITRONI, A.R. Suplementação de alto nível de zinco na dieta de leitões. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Lavras, 1992. Anais. Lavras, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.368.
- OLIVEIRA, P.A.V., Coord. Manual de manejo e utilização de dejetos suínos. Concórdia, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1993. 188p. (EMBRAPA-CNPSA. Documento 27)
- SPOUT, W.L.; FALES, S.A.; MULLER, L.D.; SCHNABEL, R.R.; PRIDDY, W.E. & ELWINGER, G.F. Nitrate leaching from cattle urine and feces in Northeast USA. Soil Sci. Soc. Am. J., 61:1787-1794, 1997.
- ZHU, B. & ALVA, A.K. Trace metal and cation transport in a sandy soil with various amendments. Soil Sci. Soc. Am. J., 57:723-727, 1993.

