

MODOS DE APLICAÇÃO DE ZINCO NA NUTRIÇÃO E NA PRODUÇÃO DE MASSA SECA DE PLANTAS DE TRIGO

Valdeci Orioli Júnior, Renato de Mello Prado, Cristian Luarte Leonel, Disney Amélio Cazetta, César Martoreli da Silveira, Rafaela Josemara Barbosa Queiroz, Joani Cristina Húngaro Aires da Gama Bastos

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n. CEP. 14.884-900 - Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Correspondência: orioli.jr@hotmail.com.

Methods of zinc application in the nutrition and production of wheat plant dry matter

Key Words: *Triticum aestivum* L., plants nutrition, application forms, micronutrient, greenhouse

ABSTRACT

Zinc application methods can affect the nutrition and the initial development of the wheat. Thus, the aim of this work was to analyze the different ways of Zn application in the soil, on nutrition and on dry matter production. A completely randomized experimental design with four replications was used. The experiment was composed by the following Zn application treatments: control (no zinc application); soil incorporation, furrow located, seeds treatment and leaf pulverization. The experimental unit was composed of a pot filled with 7 L of soil. Morphological traits for each plant were determined on 52 days after emergence by the evaluations of plant height, internodes number, tillers number and aerial part dry matter. Still, the soil and plant chemical analysis was accomplished. The furrow located method provided larger concentrations of the micronutrient available. The zinc application methods did not influence the initial growth of the wheat plants. The zinc concentration in leaves was influenced by the different application methods, being the leaf pulverization the one that was caused the largest zinc accumulation on aerial part dry matter.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L., nutrição de plantas, métodos de aplicação, micronutriente, casa de vegetação.

RESUMO

Os modos de aplicação de zinco podem afetar a nutrição e o desenvolvimento inicial da cultura do trigo. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os modos de aplicação de Zn no solo, na nutrição e na produção de matéria seca do trigo. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram: Zn incorporado no solo, localizado no sulco, tratamento de sementes, via pulverização foliar, além da testemunha (sem aplicação de Zn). A unidade experimental foi composta de um vaso preenchido com 7 L de solo (LATOSSOLO VERMELHO distrófico). Aos 52 dias após a emergência, avaliou-se a altura de plantas, número de entrenós, número de perfilhos e massa seca da parte aérea. Ainda, realizou-se a análise química do solo e da planta. O modo de aplicação de zinco no solo de forma localizada proporcionou maiores concentrações do micronutriente disponível. Os modos de aplicação de Zn, não influenciaram o crescimento inicial das plantas de trigo. O teor foliar de Zn foi influenciado pelos diferentes métodos de aplicação, sendo a aplicação foliar a que ocasionou o maior acúmulo do nutriente na massa seca da parte aérea do trigo.

INTRODUÇÃO

O zinco (Zn) é um dos micronutrientes cuja deficiência mais tem limitado a produção das culturas no Brasil (Galvão, 1994). Entretanto, a aplicação de pequenas doses tem sido suficiente para corrigir essa deficiência e promover um efeito residual (Ritchey et al., 1986; Barbosa Filho et al., 1990). Em geral, essa deficiência ocorre porque o teor de Zn disponível no solo é insuficiente para suprir a necessidade da planta ou porque ocorre aumento do pH pela aplicação de quantidades relativamente alta de calcário reduzindo a disponibilidade desse elemento para as plantas (Ritchey et al., 1986).

A atividade do Zn é efetiva para determinados processos relevantes na homeostase fisiológica e nutricional da planta, atuando como ativador ou componente estrutural de enzimas; participa da fotossíntese nas plantas C₄, através da enzima carboxilase pirúvica; é necessário para a produção de triptofano, aminoácido precursor do ácido indol acético, hormônio vegetal de crescimento, está envolvido no metabolismo do nitrogênio e é necessário

para manutenção da integridade das biomembranas (Malavolta, 2006).

Para a adequada nutrição do trigo com Zn os modos de aplicação são importantes, pois afetam a absorção ou aquisição do nutriente pela planta e consequentemente sua conversão em matéria seca. Assim, tem-se recomendado aos agricultores aplicação de Zn no solo, à lanço, no sulco de semeadura, via foliar ou ainda via tratamento de sementes apesar de não se ter conhecimento da melhor maneira de fazê-lo (Galvão, 1994). Com a pequena quantidade deste micronutriente requerida pelas plantas, a adubação via semente apresenta menores custos de aplicação, melhor uniformidade na distribuição, reduzidas perdas, além da racionalização no uso de reservas naturais não renováveis (Bonnetarrère et al., 2003).

Como pouco se sabe sobre as formas de aplicação do Zn para o cultivo do trigo o presente trabalho tem por objetivo avaliar modos de aplicação de zinco no solo, na nutrição e na produção de matéria seca de plantas de trigo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Campus Jaboticabal, situada nas coordenadas geográficas 21° 15' 20'' de latitude Sul e 48° 16' 47'' de longitude Oeste de Greenwich e altitude média de 614 m. O clima é tipo Cwa, segundo o sistema de classificação de Köppen (Brasil, 1960). A unidade experimental foi constituída por vasos de plásticos com capacidade de 7 L, preenchidos com amostras de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico (LVd) (Embrapa, 1999), caracterizado quimicamente antes da aplicação dos tratamentos: pH=4,5; M.O.=5 g dm⁻³; K=0,4 mmol_c dm⁻³; Ca=4 mmol_c dm⁻³; Mg=2 mmol_c dm⁻³; H+Al=18 mmol_c dm⁻³; P=3 mg dm⁻³; SB=6,4 mmol_c dm⁻³; CTC= 24,4 mmol_c dm⁻³; V=26% e com teor de Zn de 0,4 mg dm⁻³ em DTPA. A calagem foi realizada 30 dias antes da semeadura do trigo, procurando elevar a saturação por bases a 70% (Camargo *et al.*, 1997), sendo utilizado um calcário calcinado com PRNT de 125%.

Após o período de incubação do solo (30 dias) foi realizada a adubação básica, conforme Fageria (2000), com aplicações de 80 mg dm⁻³ de nitrogênio na forma de uréia, 200 mg dm⁻³ de fósforo na forma de superfosfato simples e 180 mg dm⁻³ de potássio na forma de cloreto de potássio. Além desses nutrientes, foram acrescidos os micronutrientes: 0,5 mg dm⁻³ de boro (ácido bórico), 1,5 mg dm⁻³ de cobre (sulfato de cobre), 3 mg dm⁻³ de manganês (sulfato de manganês) e 3 mg dm⁻³ de ferro (sulfato de ferro) conforme recomendações de Malavolta (1980) para ensaios em vaso. Os tratamentos constituíram-se de uma testemunha mais quatro formas de aplicação de Zn, aplicado antes da semeadura e incorporado na dose de 1 mg dm⁻³ de Zn conforme estabelecido por Fageria (2000) para cultura do trigo em condições de casa de vegetação, localizado no sulco, 5 cm ao

lado e abaixo das sementes na dose de 0,7 mg dm⁻³, ou seja, 1/3 da dose aplicada na forma incorporada (Galvão, 1994), Zn no tratamento de sementes, o sulfato de Zn na dose de 1,16 g Zn kg⁻¹ foi aplicado sobre as sementes umedecidas (15 mL de água deionizada por kg de sementes) e Zn via pulverização foliar na dose de 0,6% v/v, aplicado duas vezes com intervalos de 14 dias (Galvão, 2004) iniciando-se na segunda semana após a emergência. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Em todos os tratamentos utilizou-se a fonte sulfato de Zn (23% de Zn).

No dia 11 de agosto de 2006, foi semeado o trigo (*Triticum aestivum* L.), cultivar CD 104, distribuindo-se 10 sementes por vaso e após 9 dias foi realizado o desbaste, deixando-se 4 plantas por vaso (Fageria, 2000) e a umidade dos vasos foi realizada com água deionizada e mantida a 70% da capacidade de campo através do método das pesagens.

Por ocasião do florescimento (52 dias após a emergência das plantas), foram determinados os componentes morfológicos, avaliando a altura de plantas (do colo até a extremidade da última folha), o número de entrenós e o número de perfilhos. Nesta mesma ocasião realizou-se o corte da plantas rente ao solo e todo material foi levado e seco em estufa a 60°C, obtendo-se a massa seca da parte aérea. Em seguida, realizou-se a determinação dos teores de macro e micronutrientes da parte aérea do trigo conforme a metodologia proposta por Bataglia *et al.* (1983). E realizou-se a análise química do solo para fins de fertilidade, incluindo o Zn, sendo as amostras coletadas após o primeiro e segundo cultivo, conforme a metodologia de Raij *et al.* (1987). Foram coletados 5 pontos (amostras simples) na profundidade de 0-0,10m com auxílio de um amostrador para constituição de uma amostra composta por unidade experimental. Realizou-se análise de variância pelo teste

F e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados obtidos, observou-se que os modos de aplicação de zinco (Zn) não

afetaram as variáveis de crescimento das plantas de trigo (altura de planta, número de perfilhos, do número de internós e massa seca da parte aérea), embora tenha incrementado a concentração do micronutriente no solo e na planta (Quadro 1).

Quadro 1. Resultados médios do teor de Zn no solo, no crescimento em altura de planta, número de perfilhos, do número de internós, massa seca da parte aérea (MSPA) e no teor e acúmulo de Zn na parte aérea de plantas de trigo em função dos modos de aplicação de Zn.

Table 1. Medium results of the soil Zn concentration, plant height, tillers number, internodes number, aerial part dry matter (MSPA) and Zn concentration and accumulation in the aerial part of wheat plants in function of the Zn application methods.

Modo de aplicação	Zn no solo	Altura	perfilhos	internós	MSPA	Zn na planta	Acúmulo de Zn
	mg dm ⁻³	cm	Nº	Nº	g/planta	mg kg ⁻¹	mg/planta
Testemunha	0,28 bc	34,8	2,1	2,1	1,63	15,5 c	0,03 b
Solo incorporado	0,43 b	35,9	2,1	2,4	1,75	22,8 b	0,04 b
Solo localizado	1,30 a	31,8	2,2	2,3	1,64	16,5 c	0,03 b
Semente	0,28 bc	32,0	2,1	2,4	1,76	15,0 c	0,03 b
Foliar	0,20 c	30,9	2,1	2,3	1,63	47,0 a	0,09 a
Média geral	0,49	33,1	2,1	2,3	1,68	23,35	0,04
D.M.S.	0,16	5,49	0,26	0,33	0,25	3,03	0,02
Teste F	152,14 **	2,97 ns	0,41 ns	1,63 ns	1,34 ns	385,02 **	36,41 **
C.V. (%)	15,0	7,6	7,6	6,5	6,9	5,9	22,2

n.s. = não significativo; * e ** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observa-se, inicialmente, que o modo de aplicação de Zn no sulco (localizado) proporcionou uma maior concentração de Zn no solo do que o modo de aplicação de Zn incorporado (Quadro 1 e Figura 1), provavelmente porque este último recebeu Zn em um maior volume de solo, o que aumentaria o contato Zn-Solo e, portanto,

maior adsorção do nutriente (Barman *et al.*, 1998; Natale *et al.*, 2002). Esses, por sua vez, foram superiores aos modos de aplicação de Zn na semente e foliar, não diferindo da testemunha, devido a não aplicação do nutriente no solo, concordando com os resultados encontrados por Galrão (1994).

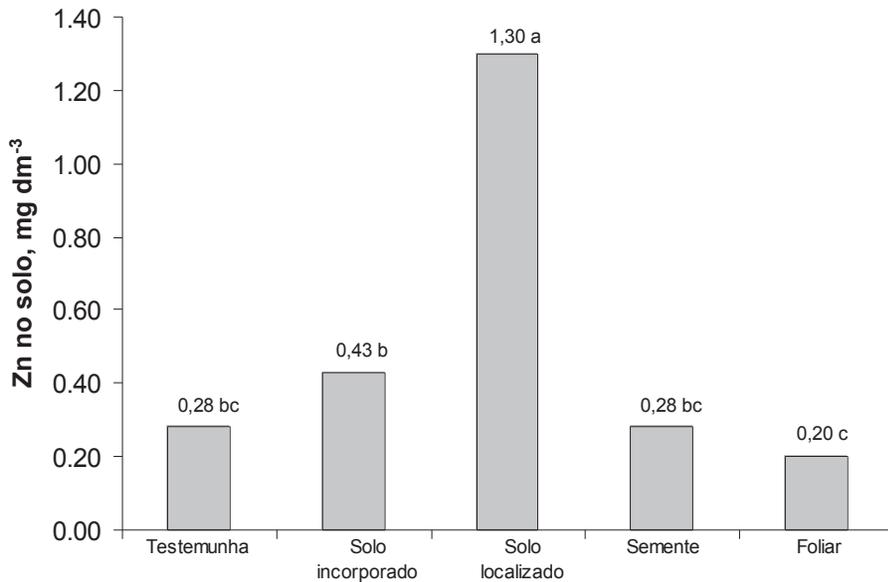


Figura 1. Efeito dos modos de aplicação de zinco na concentração do nutriente no solo.

Figure 1. Effect of the zinc application methods in the nutrient concentration in the soil.

Observa-se que os resultados referentes à massa seca da parte aérea não diferiram em função dos métodos de aplicação de Zn. Enfatiza-se que a aplicação de Zn via semente, assim como nos demais fatores morfológicos avaliados, não propiciou diferenças significativas para a massa seca da parte aérea, concordando com Bonnacarrère *et al.* (2003) e discordando de Giordano & Mortvedt (1973) e Leão (1990), que trabalharam com a aplicação de Zn via semente na cultura do arroz.

A ausência de efeito da aplicação de Zn na altura de plantas concorda com Lopes *et al.* (1984), este trabalhando com a aplicação de Zn em sementes de arroz e discorda de Barbosa Filho *et al.* (1983) e Leão (1990) que também estudaram a aplicação de Zn na semente de arroz.

Quanto ao perfilhamento, a ausência dos efeitos dos modos de aplicação corrobora com Barbosa Filho *et al.* (1983), onde observaram que o número de perfilhos por metro quadrado na cultura do arroz não foi

afetado pelo tratamento de semente com Zn.

Entretanto discorda de Ohse *et al.* (1999), que observaram aumento linear no número de perfilhos do arroz em função da aplicação de Zn. □

Os teores foliares de Zn nos tratamentos, Zn localizado, Zn na semente e testemunha (Quadro 1 e Figura 2), estão muito próximos do valor adequado da faixa de suficiência (15 mg kg^{-1}), sugerido por Fageria *et al.* (1997), não diferindo entre si. Porém, o teor médio de Zn na testemunha ($15,5 \text{ mg kg}^{-1}$) não diferindo do tratamento Zn localizado e Zn na semente. Este fato pode ter recebido contribuição do micronutriente contido na reserva das sementes e também do solo ($0,28 \text{ mg dm}^{-3}$), que foram suficientes manter a nutrição em Zn das plantas da testemunha ($15,5 \text{ mg kg}^{-1}$). A ausência de efeito da aplicação de Zn em sementes na nutrição das plantas de trigo, discorda dos resultados encontrados por Yagi *et al.* (2006) que notaram incremento no teor de Zn aplicado nas sementes no teor do micronutriente na

parte aérea de plantas de sorgo. Essas diferenças possivelmente deve-se a doses utilizadas e especialmente ao sistema de cultivo, pois no trabalho de Yagi *et al.* (2006), as plantas foram cultivadas em areia e no presente trabalho em solo.

É conhecido que o Zn aplicado nas sementes pode ser integralmente absorvido pelas plantas (Muraoka, 1981), especialmente em cultivo em areia que não apresenta perdas do nutriente.

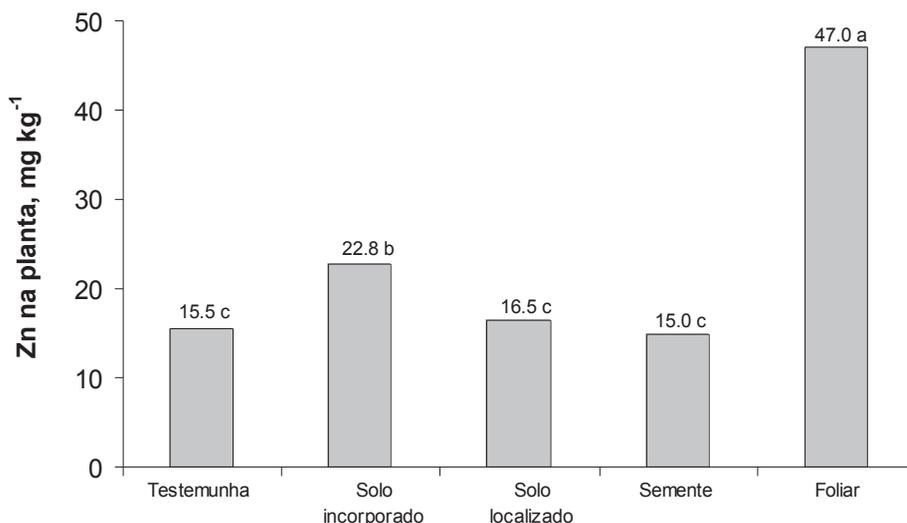


Figura 2. Efeito dos modos de aplicação de zinco nos teores do nutriente na parte aérea do trigo.

Figure 2. Effect of the zinc application methods in the nutrient content in the aerial dry matter in wheat plants.

O maior teor de Zn encontrado na parte aérea ocasionado pelo tratamento aplicação de Zn foliar está relacionado com sua maior eficiência. Segundo Malavolta (2006), a carga negativa predominante da parede celular e da cutícula da folhas faz com que, tal como acontece no solo, a CTC seja maior que a CTA, o que favorece a absorção de cátions como o Zn. Resultados semelhantes foram encontrados por Galvão (1994) em relação aos tratamentos Zn Foliar, Zn na semente e Zn localizado, obtendo respectivamente, 46 mg kg⁻¹, 13 mg kg⁻¹ e 16 mg kg⁻¹. Salienta-se que o elevado teor de Zn foliar obtido no tratamento Zn incorporado (22,8 mg kg⁻¹) pode ser

explicado devido ao fato de nesse tratamento haver um maior volume de solo que contém o nutriente, assim como um maior volume de solo explorado pelas raízes, o que favorece o processo de contato íon-raiz, que no caso do Zn se dá por difusão (Malavolta, 2006).

Observa-se que a aplicação de Zn foliar proporcionou além do maior teor e um maior acúmulo do micronutriente na parte aérea das plantas, diferenciando dos demais tratamentos. Apesar da aplicação incorporada ter proporcionado maior teor de Zn na parte aérea das plantas em relação a aplicação localizada e via semente, assim como da testemunha, o mesmo não foi

observado no acúmulo de Zn na parte aérea, onde esta proporcionou resultados semelhantes, destacando-se apenas a aplicação foliar.

Chama-se a atenção para a possibilidade de adubações foliares corretivas utilizando-se a dose avaliada, pois houve aumento no teor de Zn na planta, possibilitando a adequada nutrição das plantas e não ocasionando toxicidade, especialmente em cultivos implantados em solos de textura argilosa, onde ocorre forte adsorção deste micronutriente por óxidos de Fe, Al e Mn (Muniz, 1995).

Por fim, é pertinente salientar que a ausência de resposta do trigo à aplicação de Zn, pode ser explicada pelo fato que os teores no solo ($0,3 \text{ mg dm}^{-3}$) da testemunha atenderiam a exigência da planta conforme, Fageria (2000), pois indica como teor adequado de Zn no solo para o trigo é de $0,3 \text{ mg dm}^{-3}$ (em DTPA). Além disso, soma-se o fato que o teor de Zn na folha da testemunha foi de $15,5 \text{ mg kg}^{-1}$, segundo Fageria *et al.* (1997), o teor adequado de Zn na parte aérea do trigo é de 15 mg kg^{-1} de massa seca na fase inicial de crescimento da cultura. Assim, estes resultados confirmam as indicações da literatura que em relação a outras gramíneas, como o arroz, o trigo mostra-se como uma cultura tolerante à deficiência de Zn (Fageria, 2000).

CONCLUSÃO

- 1- O modo de aplicação de zinco no solo de forma localizada proporcionou maiores concentrações do micronutriente disponível.
- 2- Os modos de aplicação de Zn, não influenciaram o crescimento inicial das plantas de trigo.
- 3- O teor foliar de Zn foi influenciado pelos diferentes métodos de aplicação, sendo a aplicação foliar a que ocasionou o maior acúmulo do nutriente na massa seca da parte aérea do trigo.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio à Pesquisa concedido.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA FILHO, M.P., DYNIA, J.F., ZIMMERMANN, F.J.P. 1990. Resposta do arroz de sequeiro ao zinco e ao cobre, com efeito residual para o milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 14 (3) 333-338.
- BARBOSA FILHO, M. P., FAGERIA, N. K., FONSECA, J. R. 1983. Tratamento de sementes de arroz com micronutrientes sobre o rendimento e qualidade de grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 18 (3) 219-222.
- BARMAN, K.K., GANESHAMURTHY, A.N., TAKKAR, P.N. 1998. Zinc requirement of soybean (*Glycine max*) – wheat (*Triticum aestivum*) cropping sequence in some swell-shrink soils. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 68 (12) 759-761.
- BATAGLIA, O.C., FURLANI, A.M.C., TEIXEIRA, J.P.F., FURLANI, P. R., GALLO, J.R. 1983. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agrônomo, 48p. (Boletim técnico).
- BONNECARRÈRE, R.A.G., LONDERO, F.A.A., SANTOS, O., SCHMIDT, D., PILAU, F.P., MANFRON, P.A., DOURADO NETO, D. 2003. Resposta de genótipos de arroz irrigado à aplicação de zinco. *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia* 10 214-222.

- CAMARGO, C.E.O.; FREITAS, J.G.; CANTARELLA, H. 1997. Trigo e triticale irrigado. In RAIJ, B. van, CANTARELLA, H., GUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo, 285p. (Boletim técnico, 100).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. 1999. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 412p.
- FAGERIA, N.K. 2000. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo do cerrado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 4 (3) 390-395.
- FAGERIA, N. K., BALIGAR, V. C., JONES, C. A. 1997. Growth and mineral nutrition of field crops. 2. ed., New York, M. Dekker, 624 p.
- GALRÃO, E.Z. 1994. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo do milho num Latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo 18 229-233
- GALRÃO, E. Z. 2004. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.) Cerrado: correção do solo e adubação. Brasília, Embrapa Informação e Tecnologia, 207 – 208.
- GIORDANO, P. M., MORTVEDT, J. J. 1973. Zinc sources and methods of application for rice. Agronomy Journal, Madison 65 51-53.
- LEÃO, R. M. A. 1990. Efeitos do fósforo e do zinco no comportamento do arroz de sequeiro em latossolo vermelho escuro sob vegetação de cerrado. Dissertação de mestrado em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, 121p.
- LOPES, M. S., SANTOS, O. S., CABRAL, J. T., IOCHPE, B. 1984. Efeito de micronutrientes sobre o rendimento de grãos de arroz irrigado. In REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 13, Camboriú, SC. Anais... Florianópolis, EMPASC, 182-189.
- MALAVOLTA, E. 1980. Elementos de nutrição de plantas. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 251p.
- MALAVOLTA, E. 2006. Manual de nutrição de plantas. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 638p.
- MUNIZ, L.L.F. 1995. Absorção de zinco em solos do Vale do Aço mineiro, afetada pela remoção de matéria orgânica, óxido de ferro e óxido de manganês. Dissertação de mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, 81 f.
- MURAOKA, T. 1981. Solubilidade do zinco e do manganês em diversos extratores e disponibilidade desses dois micronutrientes para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca. Tese de doutorado em agronomia, ESALQ/USP, 141 p.
- NATALE, W., PRADO, R.M., CORREA, M.C.M. 2002. Resposta de mudas de goiabeira à aplicação de Zn. Revista Brasileira de Fruticultura 24 (3) 770-773.
- OHSE, S., SANTOS, O. S., MORODIM, V., MANFRON, P. A. 1999. Efeito do tratamento de sementes de arroz irrigado com zinco em relação a aplicação no substrato. Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia 5/6 (1) 35-41.
- RAIJ, B. van, QUAGGIO, J.A., CANTARELLA, H., FERREIRA, M.E., LOPES, A.S., BATAGLIA, O.C. 1987. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill, 170 p.

RITCHEY, K.D., COX, F.R., GALRÃO, E.Z., YOST, R.S. 1986. Disponibilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e soja em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. Pesquisa Agropecuária Brasileira 21 215-225.

YAGI, R.; SIMILI, F.F.; ARAÚJO, J.C.; PRADO, R.M.; SANCHEZ, S.V.; RIBEIRO, C.E.R.; BARRETTO, V.C.M. 2006. Aplicação de zinco via sementes e seu efeito na germinação, nutrição e desenvolvimento inicial do sorgo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília 41 (4) 655-660.