

## AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997; (impresso): 1981-1160

v.5, n.3, p.336-340, jul.-set., 2010

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI: 10.5039/agraria.v5i3a652

Protocolo 652 – 19/08/2009 \*Aprovado em 16/05/2010

Thais M. R. da Silva<sup>1,3</sup>

Renato de M. Prado<sup>1,2</sup>

Diego W. do Vale<sup>1,3</sup>

Cíntia C. Avalhães<sup>1</sup>

Aline P. Puga<sup>1,3</sup>

Ivana M. Fonseca<sup>1,3</sup>

# Toxicidade do zinco em milho cultivado em Latossolo Vermelho Distrófico

## RESUMO

A toxicidade de zinco promove desordens nutricionais específicas para plantas de milho, com prejuízos na produção de matéria seca. Objetivou-se com esse experimento avaliar os efeitos da aplicação de zinco no crescimento, na nutrição e na produção de matéria seca de plantas de milho cultivadas em condições de casa de vegetação. O experimento foi desenvolvido na FCAV/UNESP em vasos preenchidos com 3 dm<sup>3</sup> de amostra do horizonte superficial de um Latossolo Vermelho Distrófico, textura média, no período de outubro a dezembro de 2008. Para isso, foram utilizadas seis doses de zinco (0, 15, 30, 60, 120 e 360 mg dm<sup>-3</sup>), na forma de sulfato de zinco, dispostas em um delineamento experimental inteiramente casualizado e com quatro repetições. Aos 45 dias após a emergência, realizou-se o corte das plantas, sendo avaliadas a altura, o diâmetro dos perfilhos, o número de perfilhos, a área foliar, a massa foliar e o teor de Zn na matéria seca da parte aérea. O uso de altas doses de zinco diminuiu o crescimento e a produção de matéria seca do milho, atingindo a toxicidade com teor de Zn na parte aérea de 451 mg kg<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** Desordem nutricional, micronutriente, nutrição de plantas, *Pennisetum glaucum* L.

## Zinc toxicity in millet grown in a Red Dystrophic Oxisol

## ABSTRACT

Zinc toxicity causes nutritional disorders specific for millet plants, damaging dry matter production. The objective of this experiment was to evaluate the effects of zinc application on millet dry matter growth, nutrition and production, grown under greenhouse conditions. The experiment was carried out in FCAV / UNESP in pots filled with a 3 dm<sup>3</sup> sample of the superficial horizon of a medium textured Red Dystrophic Oxisol, during the period of October to December 2008. Six doses of zinc (0, 15, 30, 60, 120 and 360 mg dm<sup>-3</sup>), in the form of zinc sulphate, were applied to the soil. The experiment was arranged in a completely randomized design with four replications. 45 days after emergence, the plants were cut and height, diameter of tillers, number of tillers, leaf area and mass and Zn content in shoot dry matter were evaluated. The use of high doses of zinc decreased millet growth and dry matter production, reaching Zn the toxicity levels in the shoots of 451 mg kg<sup>-1</sup>.

**Key words:** Nutritional disorder, micronutrients, plant nutrition, *Pennisetum glaucum* L.

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n., CEP 14884-900. Jaboticabal-SP, Brasil. Fone/Fax: (16) 3209 2672. E-mail: thaismeirellesrs@hotmail.com;

rmprado@fcav.unesp.br; cintiavalhaes@hotmail.com

<sup>2</sup> Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

<sup>3</sup> Bolsista FAPESP

## INTRODUÇÃO

O milheto *Pennisetum glaucum* (L) é uma gramínea anual de grande importância, principalmente, pelo seu alto valor protéico, maior que o do milho e do sorgo, bem como pelo enorme potencial de cobertura do solo oferecido para a prática do plantio direto, sendo utilizado como forrageiro na pecuária de corte ou de leite. Cerca de um milhão de hectares são plantados anualmente com milheto no Cerrado. A demanda por essa cultura é crescente, pois ela apresenta grande potencial no que se refere à sua versatilidade, rusticidade e crescimento rápido, sobretudo nos estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Paraná (Martins Netto, 1998).

A necessidade de alcançar altos patamares de produtividade tem levado a uma crescente preocupação com a adubação com micronutrientes. No Brasil, o zinco é o micronutriente mais limitante para a produção das gramíneas. Sua presença nas plantas é fundamental, exercendo diversas funções no metabolismo, atuando na síntese do AIA, na síntese do RNA, na redução do nitrato, e ainda, como constituinte enzimático (Prado, 2008).

O zinco é ativador enzimático de diversos processos metabólicos, como a produção do triptofano, precursor das auxinas responsáveis pelo crescimento dos tecidos da planta (Mengel & Kirkby, 1987).

A exigência em zinco, para a maioria das culturas, não atinge 1 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que os teores de Zn adequados no solo variam de 1-10 mg kg<sup>-1</sup> de solo, enquanto que os tóxicos variam de 40-110 mg kg<sup>-1</sup> de solo. Na planta, os teores adequados e tóxicos variam, respectivamente de 18-67 e 100-673 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca da parte aérea (Fageria, 2000). Devido ao baixo requerimento desse micronutriente, elevadas doses podem causar toxicidade às plantas, o principal sintoma é o aparecimento de um pigmento pardo-avermelhado nas folhas, um fenol que acumulado no xilema resulta em tampões “plugs” contendo o elemento, que dificultam a ascensão da seiva bruta (Malavolta et al., 1997).

Não foram encontrados trabalhos na literatura sobre os efeitos da desordem nutricional referente à toxicidade de zinco em plantas de milheto. Diante deste contexto, objetivou-se, neste trabalho, avaliar os efeitos da aplicação de zinco no crescimento, nutrição e produção de matéria seca de plantas de milheto cultivadas em condições de casa de vegetação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado com milheto forrageiro, em casa de vegetação do Departamento de Solos e Adubos da FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal, com coordenadas geográficas 21°15'22" Sul, 48°18'58" Oeste e altitude de 575 m.

O solo utilizado, coletado da Fazenda de Ensino e Pesquisa da UNESP, foi classificado originalmente como Latossolo Vermelho Distrófico, textura média (Embrapa, 2006), apresentando os seguintes atributos químicos na camada de 0 a 20 cm de profundidade: pH=5,2; M.O.=9 g dm<sup>-3</sup>; P=3 mg dm<sup>-3</sup>; K=0,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca=22 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg=

8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al=19 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB=30 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; T=49,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V=60%; B=0,17 mg dm<sup>-3</sup>; Cu=0,3 mg dm<sup>-3</sup>; Fe=7,0 mg dm<sup>-3</sup>; Mn=2,2 mg dm<sup>-3</sup>; Zn=0,1 mg dm<sup>-3</sup>. O teor de Zn do solo utilizado foi considerado baixo, segundo Raij et al. (1997).

A calagem foi realizada objetivando elevar a saturação por bases a 70%, seguindo as recomendações para forrageiras do grupo I no Estado de São Paulo, segundo Raij et al. (1997), sendo empregado um material corretivo calcinado (CaO=420g kg<sup>-1</sup>; MgO = 250 g kg<sup>-1</sup>; PN = 137%; RE = 96% e PRNT = 131%).

Após o período de incubação do solo (30 dias), foi realizada a adubação básica segundo as indicações de Bonfim et al. (2004), aplicando-se 200 mg dm<sup>-3</sup> de K (KCl p.a.), 1,2 mg dm<sup>-3</sup> de Cu (CuSO<sub>4</sub>. 5H<sub>2</sub>O p.a.), 0,8 mg dm<sup>-3</sup> de B (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> p.a.), 1,5 mg dm<sup>-3</sup> de Fe (Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>. 4H<sub>2</sub>O p.a.), 3,5 mg dm<sup>-3</sup> de Mn (MnCl<sub>2</sub>. 6H<sub>2</sub>O p.a.) e 0,15 mg dm<sup>-3</sup> de Mo (NaMoO<sub>4</sub>. 2H<sub>2</sub>O p.a.). Foram ainda aplicados 305 mg de P dm<sup>-3</sup> na forma de superfosfato simples (Mesquita et al., 2004). A dose de nitrogênio foi 150 mg de N dm<sup>-3</sup> na forma de uréia, sendo parte aplicada na semeadura (100 mg de N dm<sup>-3</sup>) e o restante (50 mg de N dm<sup>-3</sup>) aos 30 dias após a emergência.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições, no qual cada unidade experimental constou de um vaso com capacidade de 4 dm<sup>3</sup>, preenchido com 3 dm<sup>3</sup> de solo. Os tratamentos foram constituídos por doses de zinco de 0, 15, 30, 60, 120 e 360 mg dm<sup>-3</sup>. A fonte de zinco utilizada foi o sulfato de zinco (23% de Zn), aplicado e incorporado na massa de solo do respectivo tratamento.

O plantio foi realizado no dia 25 de outubro do ano de 2008, e 15 dias após a emergência, foi realizado o desbaste deixando apenas seis plantas por vaso. Nessa época foi realizada a amostragem de solo para análise da concentração de Zn, conforme metodologia descrita por Raij et al. (2001).

A irrigação foi feita pelo método de pesagens dos vasos, mantendo-se a umidade correspondente a 60% da capacidade de retenção utilizando água deionizada.

As plantas de milheto foram avaliadas diariamente quanto à sintomatologia de desordem nutricional e aos 45 dias após a emergência, foi realizado o corte das plantas e determinadas as características do ciclo de crescimento da forrageira (altura, área foliar, número de perfilhos e diâmetro médio). A altura foi determinada medindo-se da base da planta até a extremidade da folha mais alta; a área foliar foi determinada por meio do medidor “Área Meter”, modelo LICOR LI-3000; o número de perfilhos a partir da contagem de todas os perfilhos presentes no vaso; e o diâmetro foi determinado com auxílio de um paquímetro (Starrett 727-2001®), medindo-se logo acima da superfície do solo, na base do perfilho. Em seguida a parte aérea foi coletada e lavada com solução de ácido clorídrico (0,01 mol L<sup>-1</sup>) e água destilada, para posterior secagem em estufa, e determinação da massa seca das plantas.

No tecido vegetal, foi avaliado o teor de Zn na parte aérea do milheto, segundo método descrito por Bataglia et al. (1983), e com os dados da matéria seca foi calculado o acúmulo do nutriente na parte aérea.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de zinco promoveu incremento com ajuste linear na sua concentração no solo [ $Y$  (teor de Zn,  $\text{mg dm}^{-3}$ ) =  $0,724Zn - 12,93$ ,  $R^2 = 0,98^{**}$ ] cultivado com milho. O teor de Zn no solo variou de 0,3 até  $255 \text{ mg dm}^{-3}$ , atingindo, como esperado, altos teores deste micronutriente ( $Zn = >1,2 \text{ mg dm}^{-3}$ ), conforme a interpretação de Raij et al. (1997).

A aplicação de zinco acarretou decréscimo, com ajuste linear, na altura (Figura 1a), no diâmetro médio dos perfilhos (Figura 1b), no número de perfilhos (Figura 1c), na área foliar (Figura 1d) e na matéria seca da parte aérea (Figura 1e).

Observou-se que, na ausência da aplicação de zinco, houve maior crescimento referente às variáveis biológicas analisadas das plantas de milho. Oliveira et al. (2000) também observaram efeito depressivo da aplicação de zinco na altura de plantas, no número de perfilhos e na massa seca de capim-tanzânia cultivado em Latossolo Vermelho-Escuro ( $Zn = 0,6 \text{ mg kg}^{-1}$ ), e Hernandes et al. (2009), em um experimento em vasos, notaram decréscimo no crescimento do capim Tanzânia em função da aplicação de altas doses deste

micronutriente. Outros autores também observaram efeito depressivo do zinco no crescimento de gramíneas, como arroz cultivado em um Inceptissolo ( $Zn = 1,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Fageria, 2001), em plantas de sorgo, cultivadas em três solos ( $Zn = 0,3$  até  $1,1 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Santos et al., 2009) e em plantas de milho cultivadas em um Cambissolo Húmico (Pereira et al., 2007).

A ausência do efeito do zinco no incremento do crescimento das plantas de milho provavelmente ocorreu pela baixa exigência da cultura em relação ao micronutriente na fase inicial de crescimento, pois Braz et al. (2004) observaram que a máxima absorção de Zn em milho ocorreu somente após 56 dias da emergência. Por outro lado, a presença do micronutriente na semente ou no solo poderia ter atendido essa pequena exigência nutricional da planta na fase inicial. Na literatura é relatado que a exigência nutricional de Zn das plantas varia com o genótipo, a exemplo do milho, onde cultivares testadas exigiram quantidades diferenciadas de zinco para seu crescimento, principalmente quando foram comparados os híbridos, que são mais exigentes em Zn, com as variedades (Coutinho et al., 2007).

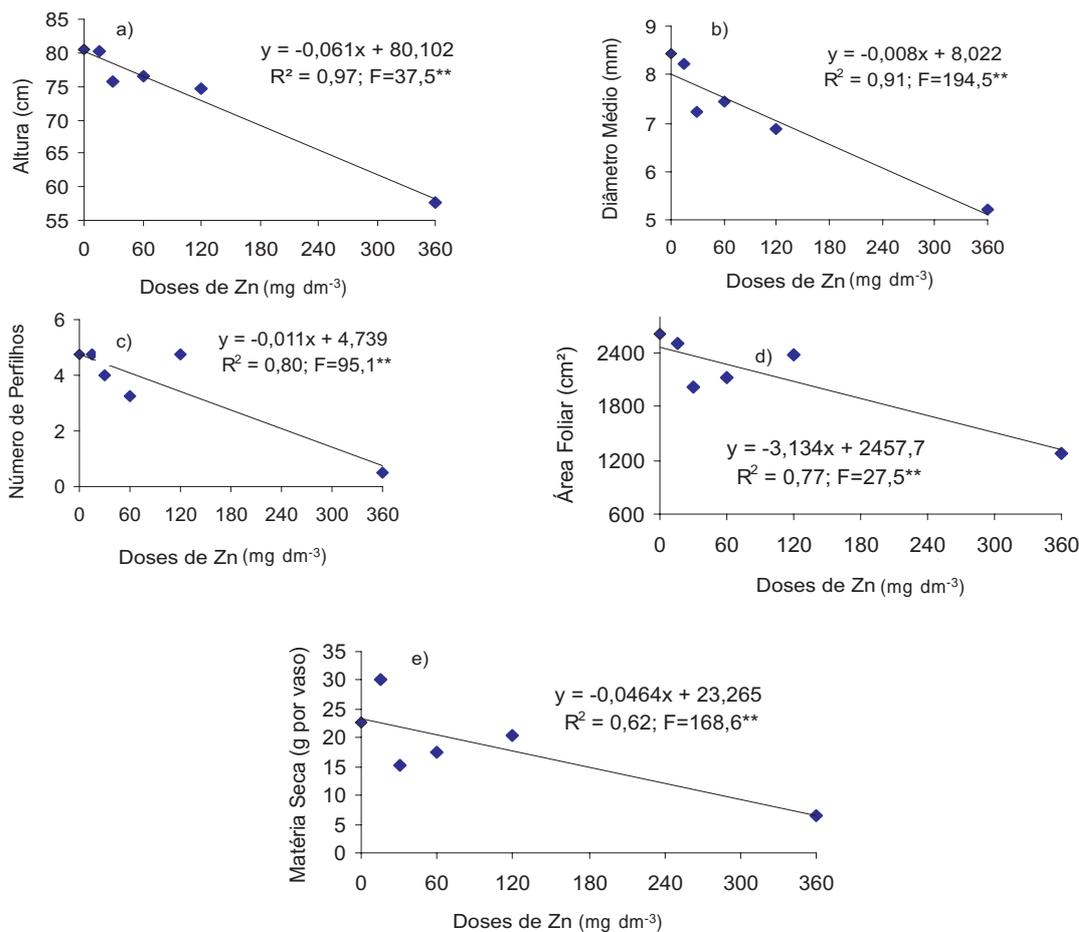


Figura 1. Efeito da aplicação de zinco na altura (a), no diâmetro médio dos perfilhos (b), no número de perfilhos (c), na área foliar (d) e na matéria seca da parte aérea (e) do milho. \*\* Teste F significativo ( $p < 0,01$ )

Figure 1. Effect of zinc application in height (a), in tillers average diameter (b), in tillers number (c), in the leaf area (d) and in the shoot dry matter (e) of millet. \*\* Significant F test ( $p < 0.01$ )

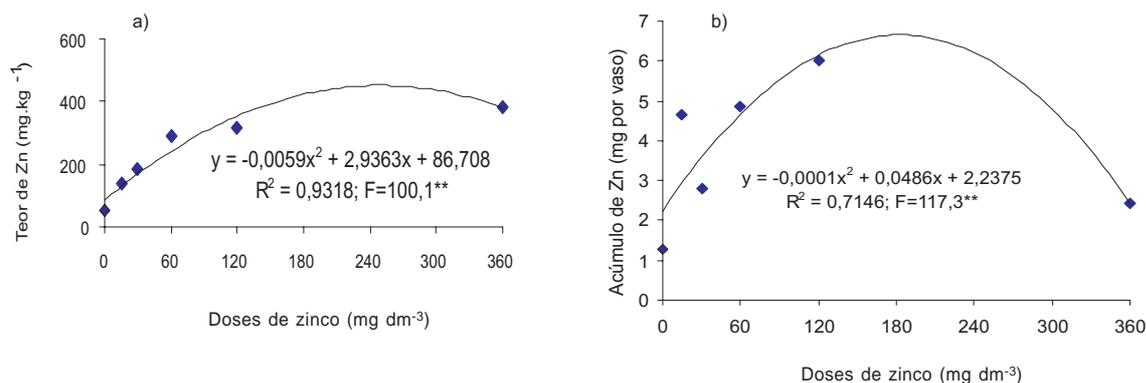


Figura 2. Efeito da aplicação de zinco no teor (a) e no acúmulo (b) de Zn na parte aérea de plantas de milheto

Figure 2. Effect of zinc application in the content (a) and in the accumulation (b) of Zn in the shoot area of millet

O teor de Zn da parte aérea das plantas do tratamento testemunha, foi de 50 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 2a), acima do teor adequado (35 mg kg<sup>-1</sup>) indicado por Werner et al. (1997) para forrageiras classificadas como exigentes, do grupo I (*Panicum maximum*; *Pennisetum purpureum*; *Chloris*, entre outras). Entretanto, para outras culturas como o milho, o nível crítico é de 81 mg kg<sup>-1</sup> (Takkan e Mann, 1978). Esses teores de Zn do milheto são diferentes no presente trabalho devido ao fato das plantas serem distintas e das condições de cultivo em vasos, enquanto a literatura cita culturas em condições de campo.

Com o emprego de altas doses do micronutriente, observou-se diminuição no crescimento do milheto, conforme dito anteriormente, e foi possível observar sintomas de toxicidade, com as folhas apresentando coloração pardo-avermelhada. Esses sintomas de toxicidade do zinco estão de acordo com os descritos por Prado (2008). No xilema de algumas plantas intoxicadas por Zn acumulam-se tampões “plugs”, contendo o elemento, os quais dificultam a ascensão da seiva bruta (Malavolta et al., 1997), diminuindo a concentração de clorofila (a, b) e proteínas solúveis nas plantas (Khurana & Chatterjee, 2001). O excesso deste micronutriente geralmente induz danos oxidativos em várias espécies de plantas, dando início à peroxidação de lipídios e à degradação de outros compostos na planta. Esses fatores somados explicam os sintomas de toxicidade que refletem a redução da produção de matéria seca da planta.

A aplicação de zinco no milheto promoveu incremento com ajuste quadrático no teor desse micronutriente na parte aérea da forrageira, atingindo ponto máximo na planta de 451 mg kg<sup>-1</sup>, com emprego da dose de 243 mg Zn dm<sup>-3</sup> (Figura 2a). Leite et al. (2003) também observaram incremento, com ajuste quadrático, no teor de Zn em plantas de milho cultivadas em vasos, atingindo alto teor do micronutriente na planta (360 mg kg<sup>-1</sup>), entretanto, com menor dose do nutriente (32 mg kg<sup>-1</sup>).

Observou-se que, assim como ocorrido com o teor de zinco na planta, houve incremento com ajuste quadrático para o acúmulo desse micronutriente na parte aérea da planta, em

função da aplicação de zinco (Figura 2b). As maiores doses de Zn diminuíram a sua absorção pela planta devido à toxicidade, fato explicado pelo efeito depressivo nas variáveis de crescimento da planta (Figuras 1a,b,c) e na matéria seca (Figura 1d).

Observa-se que a dose de zinco que diminuiu 50% na matéria seca da parte aérea foi de 253 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 1e) e essa dose está associada com teor de Zn na parte aérea de 451 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 2a). Na literatura, em experimentos semelhantes com plantas cultivadas em vasos, Fageria et al. (2000) observaram teor crítico de toxicidade de Zn na parte aérea de 673 e 427 mg kg<sup>-1</sup> para as culturas de arroz e milho, respectivamente. Os resultados obtidos neste trabalho indicam que o nível crítico tóxico do milheto está abaixo daquele do arroz e próximo do milho. Shu et al. (2002) observaram em *Cynodon dactylon*, que o alto teor do nutriente na parte aérea (688 mg kg<sup>-1</sup>) não foi suficiente para o surgimento de sintomas de toxicidade. Ernani et al. (2001) também não encontraram sintomas de toxidez de Zn em milho, mesmo quando a concentração do nutriente no tecido atingiu valores maiores que 300 mg kg<sup>-1</sup>. Por outro lado, para o milheto, o alto teor de zinco na parte aérea (451 mg kg<sup>-1</sup>) se refletiu em sintomas de toxicidade, o que indica que esta gramínea é menos tolerante a altas doses desse micronutriente em comparação com outras plantas, como a forrageira *Cynodon dactylon*.

## CONCLUSÕES

O uso de altas doses de zinco diminuiu o crescimento e a produção de matéria seca do milheto, atingindo a toxicidade com teor de Zn na parte aérea de 451 mg kg<sup>-1</sup>.

## LITERATURA CITADA

Bataglia, O.C.; Furlani, A.M.C.; Teixeira, J.P.F.; Furlani, P.R.; Gallo, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. (Boletim Técnico, 78).

- Bonfim, E. M. S.; Freire, F. J.; Santos, M. V. F.; Silva, T.J.A.; Freire, M.B.G.S. Soil and plant phosphorus critical levels for *Brachiaria brizanta* related to physical and chemical characteristics of soils in the State of Pernambuco, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, n.2, p.281-288, 2004.
- Braz, A.J.B.P.; Silveira, P.M.; Kliemann, H.J.; Zimmermann, F.J.P. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins Braquiária e Mombaça. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.34, n.2, p.83-87, 2004.
- Coutinho, E. L. M. ; Silva, E. J. ; Silva, A. R. da . Crescimento diferencial e eficiência de uso em zinco de cultivares de milho submetidos a doses de zinco em Latossolo Vermelho. *Acta Scientiarum.Agronomy*, v.29, n.2, p.227-234, 2007.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306p.
- Ernani, P. R.; Bittencourt, F.; Valmorbidia, J.; Cristani, J. Influência de adições sucessivas de zinco, na forma de esterco suíno e de óxido, no rendimento de matéria seca de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, n.4, p.905-911, 2001.
- Fageria, N.K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.3, p.390-395, 2000.
- Fageria, N.K. Screening method of lowland rice genotypes for zinc uptake efficiency. *Scientia Agrícola*, v.58, n.3, p.623-626, 2001.
- Hernandes, A.; Prado, R.M.; Pereira, F.S.; Moda, L.R.; Ichinose, J.G.S.; Guimaraes, R.C.M. Desenvolvimento e nutrição do capim-tanzânia em função da aplicação de zinco. *Scientia Agrícola*, v.10, n.5, p. 383-389, 2009.
- Leite, U. T.; Aquino, B. F.; Rocha, R. N. C.; Silva, J. Níveis críticos foliares de boro, cobre, manganês e zinco em milho. *Bioscience Journal*, v.19, n.2, p. 115-125, 2003.
- Khurana, N.; Chatterjee, C. Influence of variable zinc on yield, oil content, and physiology of sunflower. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.32, n.19-20, p.3023-3030, 2001.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- Mengel, K.; Kirkby, E.A. Principles of plant nutrition. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- Mesquita, E.E.; Pinto, J.C.; Furtini Neto, A.E.; Santos, I.P.A.; Tavares, V.B. Critical phosphorus concentrations in three soils for the establishment of mombaça grass, marandu grass and andropogongrass. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.2, p.290-301, 2004.
- Martins Netto, D. A. M. A cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1998. 6p. (Embrapa Milho e Sorgo .Comunicado Técnico,11).
- Oliveira, I.P.; Castro, F.G.F.; Paixão, V.V. da; Moreira, F.P.; Custódio, D.P.; Santos, R.S.M. dos; Faria, C.D. de. Efeitos qualitativo e quantitativo de aplicação do zinco no capim tanzânia-1. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.30, n.1, p.43-48, 2000.
- Pereira, N.M.Z.; Ernani, P.R.; Sangoi, L. Disponibilidade de zinco para o milho afetada pela adição de Zn e pelo pH do solo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.6, n.3, p.273-284, 2007.
- Prado, R.M. Nutrição de Plantas, São Paulo: Editora Unesp, 2008. 407p.
- Raij, B. van.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2ª ed. Campinas: Instituto Agrônomico de Campinas, 1997. 285p. (Boletim Técnico 100).
- Raij, B.van.; Andrade, J.C.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A.(Eds.). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomico de Campinas, 2001. 285p.
- Santos, H. C.; Fraga, V. S.; Raposo, R. W. C.; Pereira, W. E. Cu e Zn na cultura do sorgo cultivado em três classes de solos I. Crescimento vegetativo e produção. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.2, p.125-130, 2009.
- Shu, W.S. Ye, Z.H.; Lan, C.Y.; Zhang, Z.Q.; Wong, M.H. Lead, zinc and copper accumulation and tolerance in populations of *Paspalum distichum* and *Cynodon dactylon*. *Environment Pollution*, v.130, n.2, p.445-453, 2002.
- Takkan, P. N.; Mann, M. S. Toxic levels of soil and plant zinc for maize and wheat. *Plant and Soil*, v.49, n.3, p.667-669, 1978.
- Werner, J. C; Paulino, V. T.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Andrade, N. O. Forrageiras. In: Raij, B. Van; Cantarella, H.; Quaggio, J.A; Furlani, A.M.C. (Eds.). Recomendações de Adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomico/Fundação IAC, 1997. p.263-273. (Boletim Técnico, 100).