

PRODUÇÃO E ESTADO NUTRICIONAL DO MILHO PARA SILAGEM EM FUNÇÃO DOS MODOS DE APLICAÇÃO DE ZINCO

COUTINHO NETO, André Mendes¹
 ORIOLI JÚNIOR, Valdeci²
 COSTA, Leandro Hernandez da³
 CARDOSO, Saulo Strazeio¹
 COUTINHO, Edson Luiz Mendes⁴
 BARBOSA, José Carlos⁵

Recebido em: 2010.05.16 Aprovado em: 2010.08.24

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278-359

RESUMO: No Brasil são raras as pesquisas de adubação com o milho destinado à produção de silagem. Adicionalmente, em solos com altos valores de pH, a aplicação foliar do micronutriente pode-se justificar em função da diminuição da solubilidade do Zn aplicado via solo. O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos da aplicação de Zn via foliar e via sementes na produção de matéria seca (silagem) e nas concentrações do micronutriente nas folhas de milho. Procurou-se avaliar ainda, o comportamento de três fontes de Zn aplicadas sobre as folhas. O experimento foi conduzido em condições de campo, num Latossolo Vermelho distrófico textura média com pH (CaCl₂) 6,0 e teor de Zn (DTPA) = 0,6 mg dm⁻³. As doses de Zn (1 e 2 g L⁻¹) foram aplicadas na forma de ZnSO₄, Zn-EDTA e ZnSO₄ + 5 g L⁻¹ KCl, nos estádios de desenvolvimento do milho V₆ e V₉. Foram gastos 224 e 280 L ha⁻¹ de água, na primeira e segunda aplicação, respectivamente. As sementes de milho foram misturadas com ZnO na proporção de 10 g de Zn/kg de sementes. Foi incluído ainda, um tratamento testemunha sem Zn. Independentemente da fonte de Zn utilizada, a adubação foliar, principalmente associada à aplicação de Zn via sementes, aumentou as concentrações do micronutriente nas folhas de milho. Apesar disso, não houve reflexos positivos na produtividade de matéria seca de milho para silagem.

Palavras-chave: Adubação foliar. Fontes de zinco. Micronutriente. Quelato de zinco. *Zea mays*.

YIELD AND NUTRITIONAL STATUS OF MAIZE (SILAGE) AS AFFECTED BY METHODS OF ZINC APPLICATION

SUMMARY: In Brazil are seldom the researches with the corn fertilization destined to the silage production. Additionally, in soils with high pH values, the foliar application of Zn it can be justified in function of the decrease of the solubility of Zn applied in soil. The objective of this work was to verify the effects of the foliar application of Zn and seed treatment (coating ZnO) on the dry matter (silage) yield and in the contents of the micronutrient in the corn leaves. It was evaluate still, the behavior of three sources of Zn by spray application on plant foliage. The experiment was carried out in field conditions, in a sandy clay loam Typic Haplustox with pH (CaCl₂) 6.0 and content of Zn (DTPA) = 0.6 mg dm⁻³. The rates of Zn (1 and 2 g L⁻¹) were foliar spraying like ZnSO₄, Zn-EDTA, and ZnSO₄ + 5 g L⁻¹ KCl, in the maize V6 and V9 growth stage. The fertilizers were diluted in water and sprayed at the rate of 224 and 280 L ha⁻¹, in the first and second application, respectively. The maize seeds were treated with ZnO in the proportion of 10 g of Zn/kg of seeds. It was still included, a treatment

¹ Mestrandos do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal. Bolsistas CNPq e CAPES, respectivamente.

² Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal. FCAV, UNESP, Campus de Jaboticabal. Bolsista da CAPES.

³ Engenheiro Agrônomo. Ex-estagiário. FCAV, UNESP, Campus de Jaboticabal, Departamento de Solos e Adubos.

⁴ Professor Titular. FCAV, UNESP, Campus de Jaboticabal, Departamento de Solos e Adubos. E-mail: coutinho@fcav.unesp.br

⁵ Professor Titular. FCAV, UNESP, Campus de Jaboticabal, Departamento de Ciências Exatas.

control without Zn. Independently of the Zn source used in the foliar fertilization, mainly associated to the application of Zn in seed treatment, increased the contents of the micronutrient in the maize leaves. In spite of that, there were not positive reflexes in the productivity of dry matter of silage maize.

Keywords: Zinc chelate. Foliar fertilization. Micronutrient. Zinc sources. *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

A deficiência de Zn é um problema comum em muitas áreas produtoras de milho, causando, em muitas situações, redução na produtividade (GALRÃO, 1994; 1996; SOUZA et al., 1998; OBRADOR et al., 2003; CONSOLINI; COUTINHO, 2004; COUTINHO et al., 2007).

A causa primária dessa desordem nutricional é a baixa concentração de Zn no solo, agravada com a intensificação na remoção do micronutriente pelas colheitas e em algumas situações, pelo aumento excessivo do pH do solo através da calagem (ABREU et al., 2007). Em condições de alto pH, a disponibilidade de Zn para as plantas diminui devido a redução na solubilidade e redistribuição do micronutriente da fração trocável para as frações oxídicas (óxidos de Fe e Al cristalino e amorfo), menos disponível para as plantas (BORGES; COUTINHO, 2004; ABREU et al., 2007).

As quantidades de micronutrientes recomendadas são geralmente pequenas, o que dificulta a aplicação uniforme no solo (KORNDÖRFER et al., 1987). Assim, a adubação foliar surge como alternativa à adubação via solo, destacando-se a possibilidade de economia na quantidade de fertilizante a ser utilizada, uma vez que, Arzolla et al. (1962) observaram que a absorção do ⁶⁵Zn foi oito vezes mais intensa quando aplicado via foliar em comparação com o fornecimento via radicular. Vários autores observaram ganhos significativos na produtividade, decorrentes da adubação foliar com Zn na cultura do milho cultivada em solos deficientes nesse nutriente (GALRÃO, 1994, 1996; LEBLANC et al., 1997).

Outra possibilidade é associar à adubação foliar a aplicação de Zn via sementes, pressupondo nesse caso, atender as necessidades iniciais da cultura, prevenindo o aparecimento de sintomas de deficiência no início do ciclo (RIBEIRO; SANTOS, 1996). Yilmaz et al. (1997) demonstraram a eficiência dessa técnica para a cultura do trigo.

Por outro lado, o sucesso da adubação foliar não depende apenas da dose recomendada, mas também da fonte utilizada, uma vez que as mesmas estão associadas diretamente à velocidade e a quantidade absorvida, assim como ao processo de translocação do Zn para outros tecidos. Neste sentido, Ferrandon e Chamel (1988) observaram em frutos de tomateiro que a absorção de Zn era maior quando a fonte era o ZnSO₄ ou ZnCl₂ em comparação ao quelato (Zn-EDTA); quando se considerou apenas os sais, a absorção era

substancialmente maior quando o micronutriente era fornecido na forma de $ZnCl_2$.

As recomendações de adubação para o milho silagem constituem-se em adaptações de resultados experimentais obtidos com o milho para grãos. Adicionalmente, em função da maior produtividade obtida com os híbridos de milho utilizados atualmente, principalmente aqueles destinados à produção de silagem, tornam-se necessários estudos que procurem avaliar a necessidade de novos valores de referência para interpretação e recomendação de Zn. A aplicação foliar do micronutriente pode-se justificar em solos com altos valores de pH, em função da baixa disponibilidade do Zn aplicado via solo. É importante ainda, averiguar a eficiência das fontes fornecedoras desse micronutriente, uma vez que existe um apelo comercial muito grande sobre a utilização de determinadas fontes de Zn por via foliar, sem, contudo, existir o respaldo da pesquisa realizada em condições de campo.

O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos da aplicação de Zn via foliar e via sementes na produção de matéria seca e nas concentrações do micronutriente nas folhas de milho (silagem). Procurou-se avaliar ainda, na adubação foliar, o comportamento de três fontes de Zn.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo, durante o ano agrícola 2007/2008, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP – Campus de Jaboticabal-SP. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico textura média (EMBRAPA, 2006), o qual apresentava na camada arável os seguintes atributos químicos: pH ($CaCl_2$) 6,0; matéria orgânica = 18 g dm^{-3} ; P (resina) = 33 mg dm^{-3} ; K = $1,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Ca = $48 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg = $22 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; H+Al = $15 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; CTC = $86,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; V = 83% e Zn (DTPA) = $0,6 \text{ mg dm}^{-3}$.

A análise química para fins de fertilidade do solo foi realizada segundo Raij et al. (1987). O Zn do solo foi extraído utilizando-se a solução de DTPA, conforme metodologia descrita por Lindsay e Norvell (1978).

O experimento foi instalado segundo o delineamento em blocos casualizados, com três repetições, em esquema fatorial $2 \times 3 \times 2 + 1$, sendo duas concentrações de Zn via foliar (1 e 2 g L^{-1} de Zn), três fontes [$ZnSO_4$, $ZnSO_4$ quelatado com EDTA (Zn-EDTA) e $ZnSO_4 + 5 \text{ g L}^{-1}$ de KCl], duas doses de Zn via semente (0 e 10 g de Zn/kg de sementes) e uma testemunha (sem adição de Zn).

Os fertilizantes utilizados por via foliar, $ZnSO_4$ e Zn-ETDA, apresentavam os seguintes teores de Zn: 21% de Zn e 7,5% de Zn (densidade de $1,34 \text{ g mL}^{-1}$; 50% quelatado),

respectivamente.

Na aplicação via sementes, a fonte de Zn utilizada foi o ZnO (74% de Zn) misturado na proporção de 13,5 g de ZnO por quilograma de sementes umedecidas (relação de 12 mL de água mais açúcar por quilograma de sementes).

A aplicação foliar de Zn foi realizada nos seguintes estádios de desenvolvimento do milho: V₆ e V₉, correspondendo respectivamente, a terceira e quinta semana de desenvolvimento das plantas. Foram gastos 224 e 280 L ha⁻¹ de água, na primeira e segunda aplicação, respectivamente. As parcelas adjacentes a que estava recebendo o adubo foliar foram protegidas com lona de plástico para evitar contaminações. A adubação foliar foi realizada no período da manhã, até às 10 horas e trinta minutos.

As parcelas eram constituídas de seis linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,90 m, correspondendo a uma área total de 27,0 m² e uma área útil de 18,0 m², pois se desprezou as linhas externas das parcelas, que representavam a bordadura.

A semeadura do milho híbrido Pioneer 30S40 foi realizada em 14/12/2008 com uso de matracas. Foi realizado um desbaste, visando proporcionar uma população final de 55.000 plantas/ha. Todas as parcelas receberam adubação de plantio com 350 kg ha⁻¹ da formulação 4-20-20 (14 kg ha⁻¹ de N; 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 70 kg ha⁻¹ de K₂O). Foram realizadas duas adubações de cobertura: a primeira, quando a cultura estava no estágio vegetativo V₅, empregou-se 80 kg ha⁻¹ de N e 80 kg ha⁻¹ de K₂O (400 kg ha⁻¹ da fórmula comercial 20-0-20) e a segunda, dez dias após a primeira adubação de cobertura, com a aplicação de 40 kg ha⁻¹ de N e 46 kg ha⁻¹ de S, utilizando-se o sulfato de amônio.

Para avaliação do estado nutricional da cultura, coletou-se de 20 plantas, da área útil de cada parcela, o terço central da folha da base da espiga, quando 50% das plantas apresentavam-se pendoadas (CANTARELLA et al., 1996).

No processo de preparo do tecido vegetal para análise, ou seja, durante a lavagem das folhas, além de água (corrente e destilada) e solução diluída de detergente, utilizou-se também uma solução de HCl 0,1 mol L⁻¹ com o objetivo de remover o Zn retido pela cutícula (CHAMEL; GAMBONNET, 1982). Posteriormente, as amostras foram secas em estufa a temperatura de aproximadamente 65°C e moídas. O material vegetal foi analisado para Zn segundo Bataglia et al. (1983).

A colheita foi realizada em 02/04/2008 (109 dias após a semeadura), quando os grãos do terço central da espiga apresentavam a linha do leite próximo a 2/3 do grão, seguindo a recomendação de Nussio e Manzano (1999). Neste momento as plantas apresentaram 37% de matéria seca. A avaliação da produtividade foi realizada colhendo-se as plantas de três linhas

da área útil de cada parcela.

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando o teste F era significativo, procedeu-se ao ajuste de regressões. As análises foram realizadas empregando-se o programa estatístico AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se na Figura 1 que as concentrações de Zn nas folhas foram dependentes das doses e fontes do micronutriente aplicadas por via foliar. Os teores médios de Zn nas folhas variaram de 18 a 43 mg kg⁻¹, estando os mesmos associados, respectivamente, às plantas das parcelas que não receberam Zn e aquelas que foram reflexo da aplicação da dose de 2 g L⁻¹ de Zn na forma de ZnSO₄ + 5 g L⁻¹ de KCl. Segundo Cantarella et al. (1996), essas concentrações de Zn nas folhas de milho estiveram dentro da faixa de teores considerada adequada para a cultura.

É importante destacar a viabilidade de utilização de qualquer das fontes empregadas, uma vez que todas elas promoveram incrementos significativos nos teores do micronutriente nas folhas.

Os valores do coeficiente angular das equações apresentadas na Figura 1 indicam as quantidades de Zn aplicadas, em função de cada fonte, que foram recuperadas na folha diagnóstica. Nota-se que as fontes ZnSO₄, Zn-EDTA e ZnSO₄ + 5 g L⁻¹ de KCl proporcionaram, para cada g de Zn L⁻¹ aplicado por via foliar, aumentos nos teores de Zn nas folhas de respectivamente 6,85, 8,45 e 12,4 mg kg⁻¹.

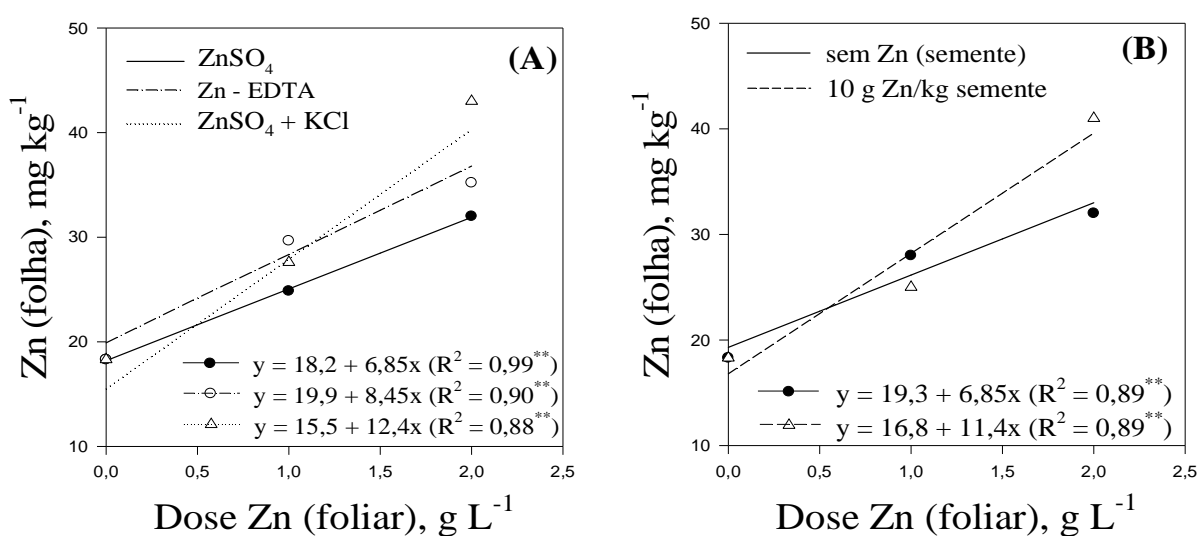


Figura 1: Efeitos nas concentrações de Zn nas folhas de milho em função de doses e fontes de zinco aplicadas via foliar (A) e via sementes (B).

Esses resultados discordam daqueles obtidos por Ferrandon e Chamel (1988), onde o quelato (Zn-EDTA) foi menos eficiente do que o Zn fornecido na forma inorgânica (ZnSO₄). Essa divergência nos resultados pode ser atribuída ao fato de nos trabalhos não ser informado a quantidade do cátion que está quelatado. No Brasil, acredita-se que a quantidade não é muito alta, uma vez que ela se reflete diretamente no custo de produção, o que pode inviabilizar a comercialização do produto. Corroborando esta observação, houve uma tentativa da legislação brasileira de fertilizantes (BRASIL, 2004) em procurar garantir um mínimo de 50% do cátion quelatado ou complexado. Em função disto, pode-se estar comparando produtos com o mesmo agente quelatante, mas com o cátion quelatado em quantidades diferentes.

Nota-se ainda na Figura 1, que a inclusão na solução aquosa do ânion cloreto, na forma de KCl, proporcionou um desempenho superior da fonte sulfato, principalmente na dose mais elevada de Zn (2 g L⁻¹). Esse resultado confirma afirmações de Guimarães et al. (1999), segundo os quais, a adição de KCl à calda de sulfato de zinco melhora a absorção do micronutriente. Nessa mistura em solução, existe a formação de ZnCl₂, o qual em vários trabalhos tem sido evidenciado como aquela fonte que proporciona a maior absorção de Zn (FERRANDON; CHAMEL, 1988; SANTOS et al., 1999; BOARETTO et al., 2002). Especula-se que o cloreto de zinco, em função do pH da solução, forma complexos de carga zero ou carga negativa (LINDSAY, 1979), o que faz com que o Zn não seja retido nos pontos de carga negativa na cutícula.

Deve-se mencionar, entretanto, que apesar da aplicação dos produtos por via foliar ter sido realizada no período da manhã, evitando assim as horas mais quentes do dia, as soluções de ZnSO₄ e ZnSO₄ + 5 g L⁻¹ de KCl, na concentração de 2 g L⁻¹, causaram alguns dias após a aplicação, pontuações necrosadas nas folhas, indicando fitotoxicidade.

Por outro lado, a concentração foliar de Zn foi dependente da interação (significativa) entre as doses de Zn aplicadas via foliar e o fornecimento de Zn via sementes. Observa-se na Figura 1, que quando se considera a aplicação desse micronutriente nas sementes, a dose de 2 g L⁻¹ de Zn promoveu a maior concentração de Zn nas folhas, atingindo o valor de 41 mg kg⁻¹.

Apesar dos incrementos nos teores foliares de Zn em decorrência do fornecimento do micronutriente, não houve alteração significativa na produtividade de matéria seca de milho, em função de doses e fontes de Zn via foliar ou da aplicação via sementes (Figura 2). Consolini e Coutinho (2004) também não observaram alterações significativas na produção de matéria seca de milho, cultivado em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico com pH (CaCl₂) 5,7 e teor de Zn (DTPA) de 0,6 mg kg⁻¹.

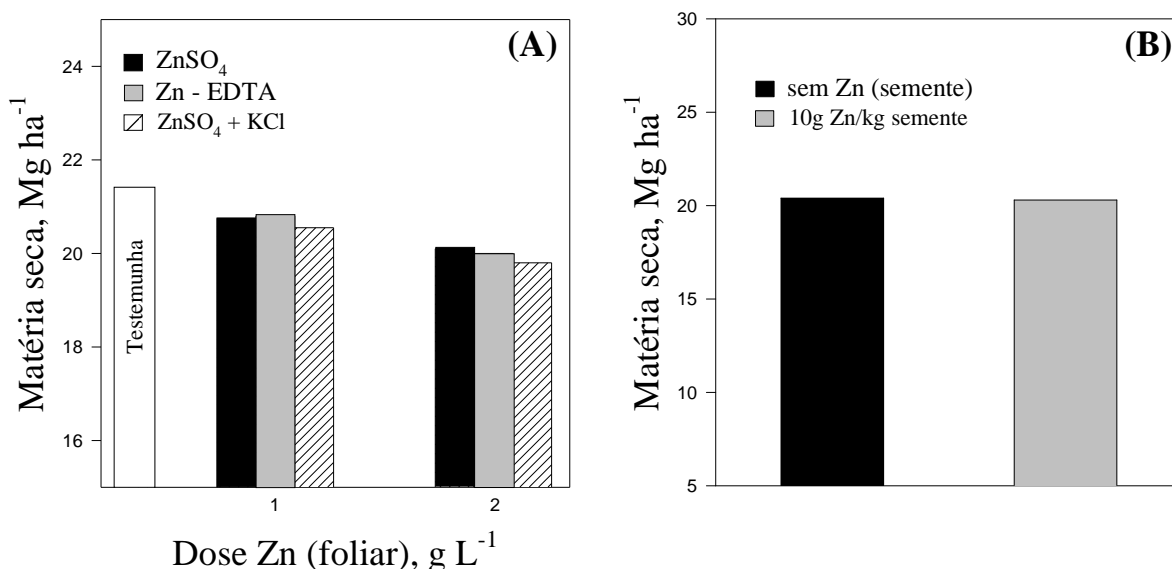


Figura 2: Efeitos de doses e fontes de zinco aplicadas via foliar (A) e via sementes (B) na produção de matéria seca de milho para silagem.

Por outro lado, há relatos na literatura de aumento significativo na produção de matéria seca ou de grãos com aplicação de Zn via foliar ou em mistura com as sementes. Dessa maneira, incrementos na produção de matéria seca de milho, em condições de deficiência de Zn [$\text{Zn (Mehlich 3)} = 0,8 \text{ mg kg}^{-1}$], foi verificado por Leblanc et al. (1997), ao realizarem apenas uma aplicação foliar de $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de Zn, quando as plantas apresentavam, em média, 50 cm de altura. Da mesma maneira, durante três anos sucessivos de cultivo de milho em um solo com concentração de Zn ($\text{Mehlich 1} = 0,3 \text{ mg dm}^{-3}$, Galvão (1996) obteve aumento na produção de grãos ao realizar duas aplicações foliares de ZnSO_4 a 10 g L^{-1} (terceira e na quinta semana após a emergência) ou com a aplicação de Zn nas sementes (1 kg de ZnO por 20 kg de sementes). Deve-se considerar, entretanto, que esses resultados foram observados em solos com teores de Zn abaixo do nível crítico determinado por Galvão (1996), sendo ainda, as doses de Zn aplicadas por via foliar e sementes superiores as utilizadas nesse experimento.

Nas condições desse experimento ainda, possivelmente, o teor inicial de Zn no solo [$0,6 \text{ mg dm}^{-3}$ (DTPA)] foi suficiente para suprir as necessidades da cultura, uma vez que, de acordo com Galvão (1996), para o extrator DTPA, o nível crítico de Zn no solo é $0,6 \text{ mg dm}^{-3}$. Adicionalmente, Coutinho et al. (2007), verificaram que o requerimento de Zn para o adequado crescimento pode variar com o cultivar de milho utilizado. Furlani et al. (2005) também observaram diferenças na eficiência de absorção e utilização de Zn por 24 cultivares comerciais de milho, sendo que o aumento da disponibilidade de Zn para a planta, demonstrando pelo teor foliar, não necessariamente refletiu em ganhos na produção de

matéria seca. Assim, talvez à aplicação de Zn via sementes e/ou foliar não promoveu incrementos significativos na produção de matéria seca devido o cultivar de milho utilizado ser eficiente no uso de Zn.

CONCLUSÃO

Em solo com alto valor de pH, independentemente da fonte de Zn utilizada, a adubação foliar, principalmente associada à aplicação de Zn via sementes, aumentou as concentrações do micronutriente nas folhas de milho. Apesar disso, não houve reflexos positivos na produtividade de matéria seca de milho para silagem.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C.A.; LOPES, A.S.; SANTOS, G.C.G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.645-736.
- ARZOLLA, J.D.P.; HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E. Estudo sobre alimentação mineral do cafeeiro. VIII. Estudo da absorção e da translocação do radiozinc no cafeeiro. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v.19, p.35-52, 1962.
- BARBOSA, J.C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agronômicos**, Versão 1.0. 2010.
- BATAGLIA, O. C. et al. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).
- BOARETTO, A. E. et al. Foliar micronutrient application effects on citrus fruit yield, soil and leaf Zn concentrations and ⁶⁵Zn mobilization within the plant. **Acta Horticulturae**, v.594, p.203-209, 2002.
- BORGES, M.R.; COUTINHO, E.L.M. Metais pesados do solo após a aplicação de biossólido. I - Fracionamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.543-555, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Instrução normativa nº 10, de 28 de outubro de 2004. Definições e normas sobre especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes minerais, destinados à agricultura. Disponível em: <<http://oc4j.agricultura.gov.br/agrolegis/do/consultaLei?op=viewTextual&codigo=9851>> Acesso em: 03 jan.2005
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van et al. (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. p.45-47.
- CHAMEL, A.; GAMBONNET, B. Study with isolated cuticles of the behavior of zinc applied to leaves. **Journal of Plant Nutrition**, v.5, p.153-171, 1982.

CONSOLINI, F.; COUTINHO, E. L. M.; Efeito da aplicação de zinco e do pH do solo na disponibilidade do micronutriente. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.26, p.7-12, 2004.

COUTINHO, E. L. M.; SILVA, E.J.; SILVA, A. R. Crescimento diferencial e eficiência de uso em zinco de cultivares de milho submetidos a doses de zinco em um Latossolo Vermelho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.29, p.227-234, 2007.

EMPRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FERRADON, M.; CHAMEL, A. R. Cuticular retention, foliar absorption and translocation of iron, manganese and zinc supplied in inorganic form. **Journal of Plant Nutrition**, v.11, p.247-263, 1988.

FURLANI, A. M. C. et al. Efficiency of maize cultivars for zinc uptake and use. **Scientia Agricola**, v.62, p.264-273, 2005.

GALRÃO, E. Z. Métodos de correção de deficiência de zinco para o cultivo de milho num latossolo vermelho-escuro argiloso sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.229-233, 1994.

GALRÃO E. Z. Métodos de aplicação de zinco e avaliação de disponibilidade para o milho num latossolo vermelho-escuro, argiloso, sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.283-289, 1996.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds.) **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 1999. p.289-302.

KORNDÖRFER, G. H.; EIMORI, I. E.; TELLECHEA, M. C. R. Efeitos 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.329-332, 1987.

LEBLANC, P. V.; GUPTA, U. C.; CHRISTIE, B. R. Zinc nutrition of silage corn grown on acid Podzols. **Journal of Plant Nutrition**, v.20, p.345-353, 1997.

LINDSAY, W. L. **Chemical equilibria in soils**. New York: John Wiley & Sons, 1979. 449p.

LINDSAY, W. L.; NORVELL, W. A.; Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and cooper. **Soil Science Society American Journal**, v.42, p.421-428, 1978.

NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P. Silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS: alimentação suplementar, 7, Piracicaba, 1999. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz...** Piracicaba: FEALQ, 1999, p.27-46.

OBRADOR, A.; NOVILLO, J.; ALVAREZ, J. M. Mobility and availability to plants of two zinc sources applied to a calcareous soil. **Soil Science Society America Journal**, v.67, p.564-572, 2003.

RAIJ, B. van et al. **Análise química de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

RIBEIRO, N. D.; SANTOS, O. S. Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. **Ciência Rural**, v.26, p.159-165, 1996.

SANTOS et al. Adubos foliares quelatizados e sais na absorção de boro, manganês e zinco em laranjeira 'Pera'. **Scientia Agricola**, v.56, p.999-1004, 1999.

SOUZA, E. C. A. et al. Resposta do milho à adubação com fósforo e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.1031-1036, 1998.

YILMAZ, A. et al. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc-deficient calcareous soils. **Journal of Plant Nutrition**, v.20, p.461-471, 1997.