

# MODOS DE APLICAÇÃO DE ZINCO NA NUTRIÇÃO E NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DO MILHO BRS 1001

## METHOD OF ZINC APPLICATION IN THE NUTRITION AND THE PRODUCTION OF DRY MATTER OF MAIZE BRS 1001

Renato Mello PRADO<sup>1</sup>; Liliane Maria ROMUALDO<sup>2</sup>; Danilo Eduardo ROZANE<sup>3</sup>; Anelisa de Aquino VIDAL<sup>3</sup>; Adolfo Valente MARCELO<sup>2</sup>

1. Professor, Doutor, Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal - SP. [rmprado@fcav.unesp.br](mailto:rmprado@fcav.unesp.br); 2. Mestrando, FCAV – UNESP; 3. Engenheiro Agrônomo, Doutorando, FCAV – UNESP.

**RESUMO:** A cultura do milho é responsivo a adubação com zinco, entretanto, a sua eficiência pode ser afetada pelo modo de aplicação. Assim, este trabalho objetivou avaliar os efeitos dos métodos de aplicação de zinco no estado nutricional e no crescimento inicial da cultura do milho. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos em quatro repetições. A unidade experimental foi composta por um vaso (7 L) preenchido com um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, com quatro plantas de milho. Os tratamentos foram constituídos por quatro modos de aplicação de zinco: no solo incorporado (3 mg Zn dm<sup>-3</sup>), e localizado (1 mg Zn dm<sup>-3</sup>); foliar (solução de 23 mg Zn L<sup>-1</sup>); e nas sementes (40 g Zn kg<sup>-1</sup> de semente) e além da testemunha (controle). Os tratamentos foram aplicados durante dois cultivos de 42 dias, exceto o Zn incorporado no solo. No final de cada cultivo, foi realizado o corte das plantas para a avaliação das variáveis de crescimento (altura, número de folhas, o diâmetro do caule e massa seca) e a determinação do teor de zinco no solo e na parte aérea. A aplicação de zinco promoveu incremento na altura e na produção de matéria do milho. A aplicação de zinco via solo (incorporado e localizado), foliar e semente foram semelhantes no desenvolvimento inicial da cultura, entretanto, a via foliar promoveu maior absorção do nutriente pela planta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Micronutriente. *Zea mays* L. Aplicação foliar. Métodos de aplicação.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, a cultura do milho (*Zea mays* L.) se destaca como uma das mais importantes, com área cultivada de aproximadamente 12 milhões de hectares e produção de 35 milhões de toneladas, representa o terceiro maior produtor mundial (Agriannual, 2006). O milho constitui um fonte alimentar de alta qualidade, sendo amplamente utilizado na alimentação humana, na forma *in natura* ou industrializada. Na indústria é empregado como matéria-prima para produção de amido, óleo, farinha, glicose, produtos químicos, rações animais e elaboração de formulações alimentícias (PINAZZA, 1993).

A agricultura brasileira atravessa uma fase em que a produtividade, a eficiência, a lucratividade e a sustentabilidade dos processos produtivos são extremamente relevantes, e os micronutrientes passaram a ser usados em adubações da cultura do milho em todas as regiões brasileiras sob diferentes condições de clima e solo (LOPES, 1999).

O milho tem alta sensibilidade à deficiência de zinco, pois, no Brasil, este é o micronutriente que mais limita a produção desta cultura devido à baixa concentração do nutriente em solos tropicais. Sendo assim, é uma das plantas que mais responde positivamente à aplicação de zinco no solo, com

ganhos na produção de matéria seca (GALRÃO; MESQUITA FILHO, 1981a,b; COUTINHO et al., 1992). O zinco é considerado um elemento de grande importância na nutrição da planta, pois participa como componente de um grande número de enzimas, tais como as desidrogenases, proteinases, peptidases e fosfotransferases, sendo que suas funções básicas na planta estão relacionadas ao metabolismo de carboidratos, proteínas e fosfatos, e na formação de estruturas das auxinas, RNA e ribossomos (BORKERT, 1989) e no metabolismo de fenóis, no aumento no tamanho e multiplicação celular e na fertilidade do grão de pólen (MALAVOLTA et al, 1991).

Com relação aos métodos de aplicação de zinco em sistemas de produção de milho, pode-se destacar: no solo (localizado ou incorporado), nas folhas ou nas sementes. Neste sentido, Ritchey et al. (1986) observaram que aplicações de zinco no solo incorporadas proporcionaram efeito residual importante na produção do milho. Enquanto, Galvão (1994) observou que o modo de aplicação de Zn incorporado ao solo (a lanço) teve efeito superior no primeiro cultivo; no segundo cultivo as aplicações tanto no solo, como nas folhas ou sementes proporcionaram os mesmos efeitos na produção da cultura. Sakal et al. (1983) verificaram que aplicações foliares de zinco foram semelhantes às

aplicações no solo, seja a lanço ou localizado no sulco de semeadura.

Tendo em vista que as doses de zinco requeridas pelas culturas são pequenas (FURLANI; FURLANI, 1996), existem dificuldades em se distribuir uniformemente os adubos na aplicação via solo (RIBEIRO; SANTOS, 1996; LOPES; GUILHERME, 1992), e assim, tem-se como alternativa a aplicação foliar, entretanto, as pulverizações têm a desvantagem da baixa mobilidade do zinco no floema (LONGNECKER; ROBSON, 1993; SILVA, 1979). Por outro lado, pesquisas têm demonstrado outra forma de aplicação de Zn, via semente, sendo viável para o fornecimento deste micronutriente a cultura do milho, especialmente para atender a fase inicial de crescimento da planta (SANTOS; RIBEIRO, 1986). Os autores complementam que o uso desta técnica da aplicação de Zn via semente, permite a redução da adubação via solo, resultando na racionalização do uso de matéria-prima não renovável, economizando divisas ao País.

Apesar dos trabalhos têm indicado resposta positiva do milho à aplicação de zinco no Brasil, muitas dúvidas ainda surgem com relação ao modo mais adequado de aplicação do nutriente e que promova melhor nutrição da planta.

Assim, este trabalho objetivou avaliar os efeitos dos métodos de aplicação de zinco no estado nutricional e no crescimento inicial da cultura do milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em casa-de-vegetação no Departamento de Solos e Adubos da FCAV/Unesp – câmpus de Jaboticabal, utilizando-se a cultura do milho cv. BRS 1001.

O solo utilizado no experimento foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, com as seguintes propriedades químicas: pH (CaCl<sub>2</sub>) 6,5; M.O. = 14 g dm<sup>-3</sup>; P (resina): 4 mg dm<sup>-3</sup>; K = 0,3; Ca = 25; Mg = 19; (H+Al) = 13; SB = 44,3 e CTC = 57,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V = 77%; Zn (DTPA): 0,4 mg dm<sup>-3</sup>. A composição granulométrica, segundo metodologia proposta por Camargo et al. (1986), revelou 210 g kg<sup>-1</sup> de areia grossa, 310 g kg<sup>-1</sup> de areia fina, 420 g kg<sup>-1</sup> de argila e 60 g kg<sup>-1</sup> de silte.

O experimento foi conduzido durante dois cultivos por 42 dias cada. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições, conforme indicado na tabela 1.

**Tabela 1.** Modos de aplicação de Zn aplicados na cultura do milho BRS1001

| Tratamentos                               | Doses                    | Cultivos                 |                          |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|   |                          | 1º                       | 2º                       |
| Testemunha                                | 0                        | 0                        | 0                        |
| Zinco via solo incorporado <sup>(1)</sup> | 3 mg Zn dm <sup>-3</sup> | 3 mg Zn dm <sup>-3</sup> | -                        |
| Zinco via solo localizado <sup>(2)</sup>  | 2 mg Zn dm <sup>-3</sup> | 1 mg Zn dm <sup>-3</sup> | 1 mg Zn dm <sup>-3</sup> |
| Zinco via foliar <sup>(3)</sup>           | Solução 1%               | 1%                       | 1%                       |
| Zinco via semente <sup>(4)</sup>          | 40 g Zn kg <sup>-1</sup> | 40 g Zn kg <sup>-1</sup> | 40 g Zn kg <sup>-1</sup> |

<sup>(1)</sup> Dose padrão de zinco (sulfato de zinco), estabelecida por Fageria (2000) para a cultura do milho, em condições de casa de vegetação;

<sup>(2)</sup> Para o estabelecimento da dose a ser aplicada, adotou-se a relação de 1/3 da dose aplicada na forma incorporada (GALRÃO, 2004); <sup>(3)</sup> Solução 1% de sulfato de zinco (23% de Zn), aplicado duas vezes, com intervalos de 14 dias, iniciando-se na segunda semana após a emergência (Galvão, 1996); <sup>(4)</sup> Nas sementes foi utilizada a dose de 40 g de Zn por kg de semente (GALRÃO, 1996).

Os tratamentos com aplicação de zinco no solo foram incorporados através da mistura do fertilizante com toda massa de solo (Zn via solo incorporado); a 5 cm abaixo e ao lado das sementes (Zn via solo localizado); para o tratamento foliar aplicou-se cerca de 5,8 mL de solução de sulfato de zinco, correspondendo a 6,7 mg Zn por vaso. As pulverizações foram aplicadas duas vezes, com intervalos de 14 dias, iniciando-se na segunda semana após a emergência das plantas. Para a aplicação de zinco nas sementes, utilizou-se a técnica de umedecimento estabelecida segundo indicações de Volkweiss (1991). Utilizou-se como fonte de Zn, o sulfato, exceto no tratamento com

aplicação do elemento via semente, que foi o óxido. Em seguida, procedeu-se à semeadura do híbrido de milho BRS1001, deixando quatro plantas por vaso (7 L).

Antes da semeadura do milho, foi realizada a adubação básica, baseada em Fageria (2000), com aplicação de 80 mg N dm<sup>-3</sup> (uréia), 200 mg P dm<sup>-3</sup> (superfosfato simples) e 180 mg K dm<sup>-3</sup> (cloreto de potássio). Além destes nutrientes, foram acrescidos os micronutrientes boro (0,5 mg dm<sup>-3</sup>) cobre (1,5 mg dm<sup>-3</sup>), manganês (3,0 mg dm<sup>-3</sup>) e ferro (5,0 mg dm<sup>-3</sup>), na forma de ácido bórico, sulfato de cobre, sulfato de manganês e sulfato de ferro,

respectivamente, conforme indicação de Malavolta (1980) para ensaios em vasos.

Os vasos foram irrigados continuamente durante a condução do experimento, tomando-se como base à umidade correspondente a 70% da capacidade de campo do solo, pelo método das pesagens. Aplicou-se cipermetrina a 1 ml L<sup>-1</sup> aos 15 dias após o plantio para o controle de lagartas de cartucho.

Aos 42 dias após a emergência, foram avaliadas as variáveis de crescimento como: número de folhas, diâmetro do caule e altura das plantas. Após essas determinações, as plantas foram coletadas, sendo que do primeiro cultivo foram colhidas somente as partes aéreas da planta e, no segundo a parte aérea e a raiz. As amostras foram lavadas com solução de ácido clorídrico (0,01M) e água destilada, e posteriormente secas em estufa a 65° C por 72 horas para a determinação da massa seca. No tecido vegetal avaliou-se o teor de Zn segundo método descrito por Bataglia et al. (1983) e também o acúmulo do nutriente. Além disso, avaliou-se a taxa de recuperação do Zn (TR) =  $(AN_{cf} - AN_{sf}) / (QN_a) \times 100$ , dada em porcentagem, onde: AN<sub>cf</sub> = acumulação de nutriente com fertilizante, AN<sub>sf</sub> = acumulação de nutriente sem fertilizante e QN<sub>a</sub> = quantidade de nutriente aplicado (FAGERIA, 1998).

As amostragens de solo foram realizadas após o segundo cultivo, e feitas determinações analíticas da fertilidade do solo, segundo indicações de Raij et al. (2001).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentados os teores de zinco do solo. Nota-se que a aplicação de zinco na camada de 0-5 cm, que proporcionou aumento dos teores deste nutriente no solo, foi o tratamento com a aplicação foliar. Esses resultados foram obtidos devido ao fato de ter escorrido pelos colmos parte da solução contendo o zinco, aumentando o teor do nutriente no solo próximo à planta. A quantidade de zinco que escorreu foi suficiente para interferir nos resultados do Zn no solo obtidos, visto que o teor inicial de zinco no solo era baixo 0,4 mg Zn dm<sup>-3</sup>. Quaggio et al. (2003) também constataram no citruss aumento no teor de Zn do solo advindo da aplicação foliar do nutriente. Enquanto nas camadas de 5-10 e 10-20 cm, os teores de zinco para a aplicação foliar diminuíram, o que justifica que os resultados foram influenciados pela solução apenas na camada superficial do solo e em uma área restrita em torno da planta. Este efeito do Zn presente no solo provindo da aplicação foliar, possivelmente não foi importante na nutrição da planta, pois o zinco do solo rizosférico do tratamento com aplicação foliar foi semelhante à testemunha (Tabela 2).

**Tabela 2.** Efeitos dos modos de aplicação de zinco nos teores do nutriente, nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 cm de profundidade, e do solo rizosférico

| Tratamentos                | Camadas (cm)                         |                     |                     | Solo rizosférico   |
|----------------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
|                            | 0-5                                  | 5-10                | 10-20               |                    |
|                            | Zn disponível (mg dm <sup>-3</sup> ) |                     |                     |                    |
| Testemunha                 | 0,2 <sup>c</sup>                     | 0,1 <sup>c</sup>    | 0,1 <sup>c</sup>    | 0,1 <sup>c</sup>   |
| Zinco via solo incorporado | 1,5 <sup>b</sup>                     | 1,2 <sup>b</sup>    | 1,2 <sup>a</sup>    | 1,2 <sup>b</sup>   |
| Zinco via solo localizado  | 1,9 <sup>b</sup>                     | 6,3 <sup>a</sup>    | 0,6 <sup>b</sup>    | 1,5 <sup>a</sup>   |
| Zinco via foliar           | 4,7 <sup>a</sup>                     | 0,8 <sup>b</sup>    | 0,3 <sup>c</sup>    | 0,4 <sup>c</sup>   |
| Zinco via semente          | 1,9 <sup>b</sup>                     | 0,9 <sup>b</sup>    | 0,1 <sup>c</sup>    | 0,2 <sup>c</sup>   |
| Teste F                    | 162,8 <sup>**</sup>                  | 265,6 <sup>**</sup> | 102,5 <sup>**</sup> | 98,8 <sup>**</sup> |
| DMS                        | 0,6                                  | 0,7                 | 0,2                 | 0,7                |
| C.V. (%)                   | 12,9                                 | 16,5                | 19,8                | 18,9               |

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Da mesma forma ocorreu com a aplicação do Zn via foliar e semente que apresentou menor concentração do elemento na camada subsuperficial (10-20 cm), ao passo que a aplicação do zinco incorporado manteve a concentração de Zn

semelhante em todas as camadas do solo (1,2 a 1,5 mg Zn dm<sup>-3</sup>) (Tabela 2).

Observou-se que o maior teor de Zn (6,3 mg dm<sup>-3</sup>) na camada de 5-10 cm ocorreu com a aplicação de zinco na forma localizada (Tabela 2), entretanto, está abaixo do considerado tóxico ao

milho ( $60 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (FAGERIA, 2000). Na camada subsuperficial (10-20 cm), os teores de zinco no solo nos tratamentos via semente e foliar, não diferenciaram significativamente da testemunha. Ainda nesta camada o teor de Zn no tratamento localizado foi inferior ao incorporado, o contrário ocorreu na camada de 5-10 cm. Isso indica que o Zn presente nas camadas de 0-5 ou 5-10 cm independente do modo de aplicação, não movimentou-se para a camada mais profunda do solo. Oliveira (2002), também não observou

movimento do Zn aplicado em colunas de solo. Este fato pode ser explicado pelo processo de movimentação do elemento no solo, que é por difusão (MALAVOLTA, 1997) caracterizado por percorrer pequenas distâncias no solo.

Observa-se pelo teste F que não houve interação entre os modos de aplicação de zinco e os cultivos para as variáveis de crescimento analisadas, o que justifica a análise dos resultados utilizando a média dos dois cultivos (Tabela 3).

**Tabela 3.** Valor F dos resultados de análise de variância referente à altura, diâmetro, número de folhas, matéria seca da parte aérea, teor e acúmulo de zinco da parte aérea, em função dos diferentes modos de aplicação de zinco e em dois cultivos do milho cultivar BRS 1001

| Causas de Variação     | Altura (cm)         | Diâmetro (mm)      | Número de folhas   | Matéria seca parte aérea (g por planta) | Teor Zn ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) | Acúmulo Zn (mg por planta) |
|------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---|---------------------------------|----------------------------|
| Modos de aplicação (M) | 2,7 <sup>ns</sup>   | 0,6 <sup>ns</sup>  | 0,3 <sup>ns</sup>  | 1,7 <sup>ns</sup>                       | 619,1 <sup>**</sup>             | 792,5 <sup>**</sup>        |
| Cultivos (C)           | 282,1 <sup>**</sup> | 32,0 <sup>**</sup> | 29,4 <sup>**</sup> | 706,1 <sup>**</sup>                     | 257,4 <sup>**</sup>             | 222,4 <sup>**</sup>        |
| M x C                  | 0,2 <sup>ns</sup>   | 3,2 <sup>ns</sup>  | 0,9 <sup>ns</sup>  | 2,7 <sup>ns</sup>                       | 132,0 <sup>**</sup>             | 95,5 <sup>**</sup>         |
| C.V. (%)               | 7,6                 | 7,3                | 8,4                | 15,4                                    | 18,8                            | 15,9                       |

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade. <sup>ns</sup> Não significativo.

A aplicação de zinco, independentemente do modo de aplicação, proporcionou aumento na altura das plantas e na matéria seca da parte aérea e raiz, entretanto não influenciou o número de folhas por planta e o diâmetro, quando comparado à testemunha (Tabela 4). A resposta do milho à aplicação de Zn ocorreu pelo fato do baixo teor de Zn no solo ( $< 0,4 \text{ mg dm}^{-3}$ ), onde o fornecimento do nutriente a exemplo da aplicação via solo atingiu teor próximo do adequado ( $1,2 \text{ a } 6,3 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (camada 0-5 e 5-10 cm) (Tabela 2), segundo Fageria (2000) ( $1,0 \text{ a } 10 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Furlani et al. (2005) também observaram efeito significativo do Zn nas variáveis de crescimento altura e matéria seca da planta. Assim, este efeito da aplicação de Zn no solo

no incremento da produção de matéria seca do milho têm sido amplamente relatados na literatura (GALRÃO; MESQUITA FILHO, 1981a, 1981b; COUTINHO et al., 1992). De acordo com Malavolta et al. (1991), a aplicação do Zn nas plantas ocorre pelo fato do nutriente promover maior desenvolvimento, alongando o entre nó do caule com reflexo na altura. Salienta-se que a semelhança dos modos de aplicação de Zn no crescimento do milho, concorda com dados da literatura, a exemplo da aplicação do zinco no solo incorporado e localizado (Martens et al., 1973) e no solo e na semente (GALRÃO, 1996) e também na folha e no solo (SAKAL et al., 1983).

**Tabela 4.** Efeito dos modos de aplicação de zinco na altura, diâmetro do caule, número de folhas, matéria seca da parte aérea (média de dois cultivos) e da raiz (soma dos dois cultivos) de milho cultivar BRS 1001

| Tratamentos                | Altura (cm)        | Diâmetro (mm)     | Número de folhas  | Matéria seca parte aérea (g por planta) | Matéria seca raízes (g por planta) |
|----------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|---|------------------------------------|
| Testemunha                 | 49,9 <sup>b</sup>  | 10,7              | 8,0               | 19,5 <sup>b</sup>                       | 5,3 <sup>b</sup>                   |
| Zinco via solo incorporado | 73,3 <sup>a</sup>  | 10,1              | 7,0               | 33,3 <sup>a</sup>                       | 8,1 <sup>a</sup>                   |
| Zinco via solo localizado  | 72,4 <sup>a</sup>  | 10,3              | 7,0               | 33,9 <sup>a</sup>                       | 7,1 <sup>ab</sup>                  |
| Zinco via foliar           | 65,8 <sup>a</sup>  | 9,9               | 7,0               | 29,2 <sup>a</sup>                       | 8,0 <sup>a</sup>                   |
| Zinco via semente          | 69,2 <sup>a</sup>  | 9,9               | 7,0               | 32,0 <sup>a</sup>                       | 7,7 <sup>a</sup>                   |
| Teste F                    | 19,2 <sup>**</sup> | 2,9 <sup>ns</sup> | 1,5 <sup>ns</sup> | 12,7 <sup>**</sup>                      | 7,3 <sup>**</sup>                  |
| DMS                        | 9,5                | 0,8               | 1,1               | 7,3                                     | 1,9                                |
| C.V. (%)                   | 6,6                | 3,8               | 6,6               | 11,3                                    | 12,1                               |

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve interação entre os modos de aplicação de zinco e os cultivos para as variáveis teor e acúmulo de Zn da parte aérea das plantas de milho (Tabela 3), o que justifica a análise dos resultados para cada cultivo (Tabela 5).

Observa-se na tabela 5, que a aplicação de zinco foliar proporcionou maior teor de zinco na parte aérea das plantas, diferenciando dos demais

tratamentos, em ambos cultivos. Quanto ao acúmulo do nutriente, os tratamentos diferenciaram significativamente da testemunha, com exceção dos tratamentos localizado e na semente. O tratamento do Zn incorporado não diferenciou do localizado e na semente, em ambos cultivos, entretanto, foi superior a testemunha e inferior à aplicação foliar.

**Tabela 5.** Efeito dos modos de aplicação de zinco no teor e acúmulo do nutriente na parte aérea de milho cv. BRS 1001 durante dois cultivos

| Tratamentos                | 1º cultivo                        |                               | 2º cultivo                        |                               |
|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
|                            | Teor Zn<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Acúmulo Zn<br>(mg por planta) | Teor Zn<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Acúmulo Zn<br>(mg por planta) |
| Testemunha                 | 11,3 <sup>b</sup>                 | 0,02 <sup>c</sup>             | 5,5 <sup>b</sup>                  | 0,04 <sup>c</sup>             |
| Zinco via solo incorporado | 25,0 <sup>b</sup>                 | 0,09 <sup>b</sup>             | 12,0 <sup>b</sup>                 | 0,16 <sup>b</sup>             |
| Zinco via solo localizado  | 19,8 <sup>b</sup>                 | 0,05 <sup>bc</sup>            | 9,0 <sup>b</sup>                  | 0,13 <sup>bc</sup>            |
| Zinco via foliar           | 222,5 <sup>a</sup>                | 0,51 <sup>a</sup>             | 83,0 <sup>a</sup>                 | 1,10 <sup>a</sup>             |
| Zinco via semente          | 20,3 <sup>b</sup>                 | 0,04 <sup>c</sup>             | 6,3 <sup>b</sup>                  | 0,09 <sup>c</sup>             |
| Teste F                    | 308,0 <sup>**</sup>               | 408,1 <sup>**</sup>           | 316,1 <sup>**</sup>               | 365,8 <sup>**</sup>           |
| DMS                        | 22,7                              | 0,05                          | 8,2                               | 0,1                           |
| C.V. (%)                   | 17,4                              | 14,3                          | 16,3                              | 15,2                          |

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verifica-se que os maiores acúmulos de zinco na parte aérea das plantas foram obtidos no tratamento em que este nutriente foi aplicado via foliar, diferenciando dos demais tratamentos. O alto teor de Zn obtido com a aplicação foliar pode ter recebido em contribuição de resíduo do Zn fertilizante, embora tenha sido feito a lavagem das folhas fato também ressaltado por Peryea (2005). Embora, os teores de Zn da parte aérea em função da aplicação foliar tenham atingido no primeiro (222 mg kg<sup>-1</sup>) e no segundo cultivo (83 mg kg<sup>-1</sup>) valores maiores que o teor adequado (20 mg kg<sup>-1</sup>) (FAGERIA et al., 1997) e abaixo da faixa considerada tóxica (427 mg kg<sup>-1</sup>) (FAGERIA, 2000) para o milho. O efeito positivo da aplicação foliar de Zn na cultura do milho concorda com Galvão (1996) e Rastija et al. (2002), onde obtiveram resposta do milho a aplicação de Zn foliar na forma de sulfato. Entretanto, esses resultados discordam dos encontrados por Hibberd (1970) e Pumphrey et al. (1963), que em aplicações de zinco na cultura do milho, via solo obtiveram maiores produtividades comparativamente ao tratamento foliar.

Na tabela 5, observa-se que o acúmulo de zinco foi maior no segundo cultivo, independentemente do modo de aplicação, embora tenha apresentado menor teor do nutriente, esse fato pode ser explicado pelo efeito diluição, pois a

produção de matéria seca do segundo cultivo foi maior que do primeiro cultivo.

A maior eficiência da adubação de Zn aplicado nas folhas, em relação ao solo na cultura do milho, também foi verificado por Quaggio et al. (2003) em citrus e por Arzolla et al. (1962) em cafeeiro. Chapman (1968), acrescenta ainda, que as vantagens da aplicação do Zn via foliar, em comparação ao solo, são maiores em plantas instalados em solos com pH próximo à neutralidade, a exemplo do presente trabalho (pH=6,5 e V=77%). Este fato ocorre devido a altas perdas do Zn aplicado no solo pois há alta adsorção do elemento com os colóides do solo (LOPES, 1999). E assim é conhecido baixa recuperação do nutriente (31%) aplicado no solo pelo extrator (DTPA) (BARMAN et al., 1998) e menor ainda a recuperação pelas plantas (Fageria, 1998), atingindo em média 5 a 10% para os micronutrientes em geral (MORTVEDT, 1994) e cerca de 13% para o Zn (FAGERIA; BALIGAR, 2005).

## CONCLUSÕES

A aplicação de zinco promoveu incremento na altura e na produção de matéria do milho;

A aplicação de zinco via solo (incorporado e localizado), foliar e semente foram semelhantes no

desenvolvimento inicial da cultura, entretanto, a via foliar promoveu maior absorção do nutriente pela planta.

## AGRADECIMENTOS

A FAPESP pelo auxílio financeiro concedido (Processo 2004/14662-6).

**ABSTRACT:** The culture of the maize is responsive the fertilization with zinc, however, its efficiency can be affected by the method of application. Thus, this work had as objective to evaluate the effect of the methods of zinc application in the nutritional state and the initial growth of the culture of the maize. The experiment was in a completely randomized design, with five treatments in four repetitions. The experimental unit was composed for a pot (7 L) filled with a dystrophic Red Latosol, clayey texture, with four plants of maize. The treatments had been constituted by four ways of zinc application: in the soil incorporated ( $3 \text{ mg Zn dm}^{-3}$ ), and located ( $1 \text{ mg Zn dm}^{-3}$ ); foliar (solution of  $23 \text{ mg Zn L}^{-1}$ ); e in seed ( $40 \text{ g Zn kg}^{-1}$  of seed) and beyond the witness (control). The treatments had been applied during two cultivation of 42 days, except the Zn incorporated in the soil. In the end of each culture, the cut of the plants for the evaluation of the growth variable (leaf height, number, the diameter of stems and dry matter) and the determination of the zinc text was carried through in the soil and the aerial part. The zinc application promoted increment in the height and the production of matter of the maize. The zinc application soil (incorporated and located), foliar and seed had been similar in the initial development of the culture, however, the foliar way promoted greater absorption of the nutrient for the plant.

**KEYWORDS:** Micronutrient. *Zea mays* L. Application foliar. Method of application.

## REFERÊNCIAS

- ARZOLLA, J. D. P.; HAAG, P. H.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre alimentação mineral do cafeeiro. VIII. Estudos da absorção e da translocação do radiozinco no cafeeiro. **Anais da ESALQ**, v. 19, p. 35-52, 1962.
- BARMAN, K. K.; GANESHAMURTHY, A. N.; TAKKAR, P. N. Zinc requeriment of soybean (*Glycine max*) – wheat (*Triticum aestivum*) cropping sequence in some swell-shrink soils. **Indian Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v. 68, n. 12, p. 759-761, 1998.
- BATAGLIA, O. C.; Furlani, A. M. C.; FURLANI, P. R.; TEIXEIRA, J. P. F.; GALLO, J. R. **Métodos de Análise química de plantas**. Campinas: IAC, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- BORKERT, C. M. Micronutrientes na planta. In: BÜLL, L. T.; ROSOLEM, C. A. **Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1986. p. 309-329.
- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: IAC, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106).
- CHAPMAN, H. D. The mineral nutrition of citrus: zinc. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L. D.; WEBBER, H. J. (Eds.). **The citrus industry**. Riverside: University of California, 1968. p. 233-243.
- COUTINHO, E. L. M.; VELINE, E. D.; LEMUS ERASMO, E. A.; FLOREZ RONCANCIO, V. J.; MARTINS, D. Resposta do milho pipoca à adubação com zinco em condições de casa de vegetação. **Ciência Agrônômica**, Jaboticabal, v. 7, p. 31-36, 1992.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 1999. 412p.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Response of common bean, upland rice, corn, wheat, and soybean to soil fertility of an Oxisoil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 20, n. 10, p. 1279-1289, 1997.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1997. 656 p.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 1, p. 6-16, 1998.

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**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 390-395, 2000.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Componentes de crescimento e eficiência de recuperação de zinco de genótipos de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1211-1215, 2005.

FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P. R. Resposta de cultivares de milho a zinco em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 2, p. 365-369, 1996.

FURLANI, A. M. C., FURLANI, P. R., MEDA, A. R.; DUARTE, A. P. Eficiência de cultivares de milho na absorção e utilização de zinco. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 3, p. 264-273, 2005.

GALRÃO, E. Z.; MESQUITA FILHO, M. V. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 5, p. 167-70, 1981.

GALRÃO, E. Z. 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**, Viçosa, v. 18, p. 229-33, 1994.

GALRÃO, E. Z. Métodos de aplicação de zinco e avaliação de sua disponibilidade para o milho num Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, fase cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa v. 20, p. 283-289, 1996.

HIBBERD, E. E. Methods of correcting zinc deficiency in irrigated maize grown on a black earth soil, Darling Downs, Queensland. **J. agric. Amm. Sel.**, Brisbane, v. 27, p. 89-94, 1970.

LINDSAY, W. L ; NORVELL, W. A. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and cooper. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 42, p. 424-428, 1978.

LONGNECKER, N. E.; ROBSON, A. D. Distribution and transport of zinc. In: \_\_\_\_\_. **Zinc in soils and plants**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 79-91.

LOPES, A. S. **Micronutrientes: filosofia de aplicação e eficiência agrônômica**. São Paulo: Associação Nacional para difusão de adubos, 1999. 70 p.

LOPES, P. S.; GUILHERME, L. R. C. Fertilizantes e corretivos agrícolas: sugestões de manejo para uso eficiente. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS, 20, 1992, Piracicaba. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 39-70.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 130 p.

MALAVOLTA, E.; BOARETTO, A. E.; PAULINO, V. T. Micronutrientes: uma visão geral. In: FERREIRA, M. E; CRUZ, M. C. P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. p. 1-34.

MALAVOLTA, E.; PAULINO, V. T.; LOURENÇO, A. J.; MALAVOLTA, M. L.; ALCARDE, J. C.; CORRÊA, J. C.; TERRA, M. M.; CABRAL, C. P. Eficiência relativa de fontes de zinco para o milho (*Zea mays* L.). **Anais da ESALQ**, v. 44, p. 57-76, 1987.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARTENS, D. C.; HAWKINS, G. W.; MCCART, G. D. Field response of corn to ZnSO<sub>4</sub> and Zn-EDTA placed with the seed. **Agronomy Journal**, Madison, v. 65, p. 135–136, 1973.

MORTVEDT, J. J. Needs for controlled-availability micronutrient fertilizers. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v. 38, p. 213-221, 1994.

OLIVEIRA, R. C. **Avaliação do movimento de cádmio, chumbo e zinco em solo tratado com resíduo-calcário**. 2002. 84 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PERYEA, F. J. Sample washing procedures influence mineral element concentrations in zinc-sprayed apple leaves. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 36, p. 2923-2931, 2005.

PINAZZA, L. A. Perspectivas da cultura do milho e do sorgo no Brasil. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 63-145.

QUAGGIO, J. A, MATTOS JUNIOR, D., CANTARELLA, H.; TANK JR., A. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranjeira Pêra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 627-634, 2003.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

RASTIJA, M., BUKVIC, G., JOSIPOVIC, M. Response of corn to zinc fertilization. Proc. Union of Scientists-Rousse. Energy efficiency and agricultural engineering. **Int. Sci. Conf. Rousse**, Bulgaria, v. 1, p. 131–136, 2002.

RIBEIRO, N. D.; SANTOS, O. S. Aproveitamento do zinco na semente na nutrição da planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 159-165, 1996.

RITCHEY, K. D.; COX, F. R.; GALRÃO, E. Z.; YOST, R. S. Disponibilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e soja em latossolo vermelho-escuro argiloso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 215-225, 1986.

SAKAL, R.; SINGH, A. P.; SINGH, B. P. A comparative study of the different methods and sources of zinc application. **Indian Journal Agricultural Science**, New Delhi, v. 17, p. 90-94, 1983.

SANTOS, O. S.; RIBEIRO, N. D. Fontes de zinco aplicadas em sementes de milho, em solução nutritiva. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 1, p. 39-44, 1986.

SILVA, E. S. **Produção de grãos de milho em função de níveis de adubação com zinco e boro aplicados nas sementes e no solo**, 1989. 43 f. (Trabalho de Graduação) – Escola Superior de Ciências Agrárias, Rio Verde.

VOLKWEISS, S. J. Fontes e métodos de aplicação. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1998, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: POTAFÓS: CNPQ, 1991. p. 391-412.