

FONTES DE ZINCO APLICADO VIA SEMENTE NA NUTRIÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DO MILHO cv. FORT

APPLIED ZINC SOURCES WAY SEED IN THE NUTRITION AND INITIAL GROWTH OF THE CORN CV. FORT

Renato de Mello PRADO¹; William NATALE¹; Melissa de Castro MOURO²

1. Professor, Doutor, Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária - FCAV, Universidade Estadual Paulista - UNESP. Bolsista PQ/CNPq. rmprado@fcav.unesp.br; 2. Graduanda em Zootecnia, Departamento de Solos e Adubos – FCAV/UNESP.

RESUMO: O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos da aplicação de zinco em sementes de milho cv. Fort, sobre a nutrição das plantas durante o crescimento inicial, cultivado em areia. Para isto, foi realizado um experimento em condições de casa de vegetação, na FCAV/Unesp, em Jaboticabal-SP. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, sendo cinco doses de Zn (0; 5; 10; 20 e 40 g kg⁻¹ de sementes), duas fontes de Zn (sulfato de zinco, 22% de Zn e óxido de zinco, 50% de Zn) com três repetições. A unidade experimental foi uma bandeja de polietileno preenchida com 5 L de areia grossa lavada, com 50 sementes de milho cv. Fort. Aos 25 dias após a emergência, avaliou-se a matéria seca das plantas e o teor de Zn na parte aérea e nas raízes e calculando-se a eficiência de absorção, transporte e utilização do nutriente pelas plantas. A utilização de doses de zinco em sementes influenciam o teor de Zn da planta e o crescimento inicial do milho cv. Fort. O óxido de zinco aplicado em sementes favorece o crescimento inicial do milho cv. Fort, em comparação a utilização do sulfato de zinco.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L. Zinco. Micronutriente. Absorção. Transporte e utilização.

INTRODUÇÃO

A deficiência de Zn é reconhecida como problema nutricional mundial para a produção das culturas (FAGERIA, 2001), especialmente, as gramíneas que são exigentes neste nutriente. Isto ocorre porque o Zn desempenha funções importantes nas plantas, especialmente, como ativador enzimático, sendo requerido para a síntese do aminoácido triptofano, um precursor da biossíntese do AIA (ácido indolacético) (MALAVOLTA, 1980). O desequilíbrio nutricional, principalmente dos micronutrientes, tem sido um dos fatores para perdas na produção de sementes. Esses nutrientes desempenham papel em rotas bioquímicas que garantem a formação de lipídeos, proteínas e ainda contribuem na estruturação das membranas celulares.

Assim, o Zn torna-se fundamental na produção do milho, visto que os solos tropicais apresentam baixa concentração de Zn, seja pelo material de origem pobre no elemento ou por práticas de cultivo inadequadas, como a calagem em excesso, mantendo valor pH alto reduzindo a disponibilidade do nutriente no solo. Assim, a fertilização com Zn é considerada importante em programas de adubação da cultura. Normalmente, como a quantidade de Zn exigidas pela cultura do milho é relativamente baixa, torna-se difícil a aplicação em área total de pequenas quantidades do

fertilizante (<2,0 kg ha⁻¹ de Zn). Assim, uma opção de aplicação do elemento seria via tratamento de sementes.

No Brasil, foram conduzidos alguns experimentos com a cultura do milho, aplicando zinco via tratamento de sementes, obtendo-se incrementos significativos na produção em relação à testemunha (Silva, 1989; Galvão, 1994) e resposta semelhante entre a aplicação de Zn via semente ou via solo, especialmente no segundo e terceiro cultivos do milho (GALRÃO, 1996). Existem, algumas recomendações para aplicação de Zn via sementes para o milho, variando de 100 g de Zn/20 kg de sementes, indicada pelas empresas produtoras de defensivos (formulação de inseticidas de tratamento de sementes, enriquecido com Zn) até 800 g de Zn/20 kg de sementes, na forma de óxido, indicado por Galvão (1996). Alguns estudos com a aplicação de doses moderadas de Zn (50 g/20 kg de sementes) não mostraram efeito sobre o teor de Zn foliar do milho (Santos et al., 1996), enquanto doses maiores (140 g de Zn/20 kg de semente), incrementaram o teor foliar do nutriente na planta, não afetando, porém, a produção de matéria seca (GONÇALVES JR. et al., 2000).

Portanto, estudos sobre doses do micronutriente e também fontes aplicadas às sementes de híbridos de milho revestem-se de grande importância, pois, se forem inadequadas, podem afetar o crescimento da cultura, provocando

toxidez nas plântulas, com conseqüente diminuição da taxa de emergência, reduzindo o stand e comprometer a produção. Assim, o conhecimento do desempenho das fontes de zinco, especialmente nas formas de sulfato e óxido, na nutrição inicial de plantas de milho, especialmente com relação à eficiência nutricional, mostra-se importante, sendo, os estudos incipientes no Brasil.

Diante deste contexto, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de zinco em sementes de milho cv. FORT, sobre a nutrição das plantas durante o crescimento inicial, cultivado em areia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de casa de vegetação da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), da Universidade Estadual Paulista (Unesp), em Jaboticabal-SP. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, sendo cinco doses de zinco (0; 5; 10; 20 e 40 g de Zn kg⁻¹ de sementes), duas fontes de zinco, o sulfato de zinco (22% de Zn) e o óxido de zinco (50% de Zn), com três repetições. A unidade experimental foi uma bandeja de polietileno translúcido preenchida com 5 L de areia grossa lavada, com 50 sementes do milho cv. Fort, produzido pela empresa Syngenta®.

O tratamento com a dose maior de Zn, foi utilizado seguindo a indicação de Galvão (1996) que é 40 g kg⁻¹ de semente, na forma de óxido. Considerando, que em média a quantidade necessária para semear um hectare é de 20 kg de sementes, as doses corresponderam a 0, 200; 400 e 800 g de Zn ha⁻¹.

Para a aplicação dos fertilizantes às sementes, realizou-se inicialmente dissolução da respectiva fonte em um recipiente com quantidade mínima de água (0,5 mL), e aplicando a seguir à sementes. Logo e em seguida, efetuou-se a semeadura do milho, em 10-01-2005, nas bandejas com areia. Durante a condução do experimento, a irrigação das plantas foi com água deionizada, mantendo umidade adequada, para atingir cerca de 10% da massa da areia.

Aos 25 dias após a emergência, efetuou-se o corte de todas as plantas da parcela (ou bandeja), separando-se a parte aérea e as raízes, que foram devidamente lavadas e secas em estufa de circulação forçada de ar (70°C), até atingirem massa constante. Assim, obteve-se a massa seca da parte aérea, da raiz e da planta inteira (parte aérea+raiz). Nos tecidos vegetais, foi determinado o teor de zinco, conforme metodologia de Bataglia et al. (1983).

Com base nos resultados da massa seca da parte aérea e das raízes, e o teor de Zn, calculou-se o acúmulo do nutriente nos diferentes órgãos das plantas. Além disso, obteve-se a eficiência de absorção (em mg/g): acúmulo de Zn da planta inteira/matéria seca de raízes, a eficiência de transporte (em %): acúmulo de Zn da planta inteira/acúmulo de Zn da raiz x 100 e a eficiência de utilização (em g/mg): matéria seca da planta inteira/acúmulo de Zn da planta inteira.

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F e sendo significativo, realizou-se os estudos de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito dos tratamentos na produção de matéria seca e no teor e acúmulo de zinco

Pelos resultados obtidos, constatou-se que houve efeito significativo das doses, fonte e da interação sobre a produção de matéria seca (parte aérea, raízes e planta inteira), teor e acúmulo de zinco na parte aérea e raízes do milho, em função da aplicação de doses de zinco sob diferentes fontes nas sementes (dados não apresentados).

As doses de zinco afetaram de forma quadrática a produção de matéria seca das plantas (parte aérea, raiz e planta inteira), tendo efeito de acréscimo com uso do óxido e decréscimo da matéria seca com uso do sulfato (Figuras 1a,b,c). Malavolta et al. (1987) obtiveram respostas semelhantes, em experimento conduzido em solo, sendo que as maiores doses de Zn utilizando a fonte sulfato (>1,0 mg/dm⁻³ de solo) causaram queda na produção de matéria seca do milho, ao passo que quando do uso da fonte óxido, este fato não ocorreu. Galvão (1996) também observou efeito positivo no milho com a aplicação de Zn via sementes (40 g Zn kg⁻¹ de semente), na forma de óxido. Entretanto, Santos et al. (1996) trabalhando com dose baixa de Zn (2,5 g kg⁻¹ de semente), não observaram efeitos no crescimento das plantas de milho. Possivelmente, este fato ocorreu pelo uso de doses baixa de Zn via semente.

Observou-se que o aumento das doses de Zn elevou o teor do nutriente de forma quadrática na parte aérea e na raiz, quando a fonte foi sulfato e linear com a fonte óxido (Figuras 2 a, b). Houve, também, acúmulo quadrático de Zn na parte aérea (Figura 2c) e nas raízes (Figura 2d) para as duas fontes. A dose de Zn na forma de sulfato que resultou o teor máximo do nutriente na parte aérea e raiz foi de 30 e 33 g kg⁻¹, atingindo teor de 3465 e 8497 mg kg⁻¹, respectivamente (Figuras 2a,b). Ao

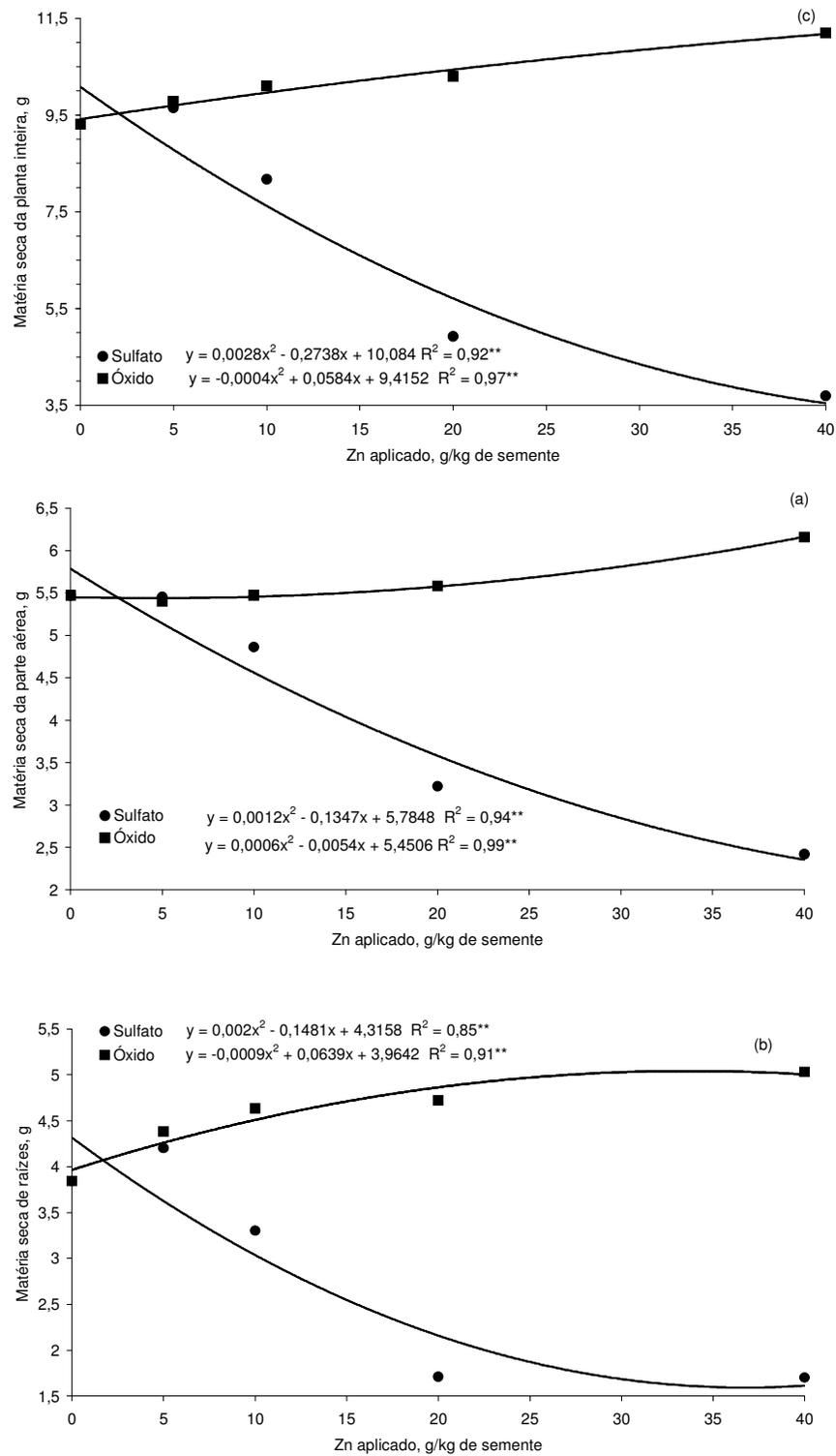


Figura 1. Efeito da aplicação de fontes de zinco em sementes de milho cv. FORT na produção de matéria seca da parte aérea (a), raiz (b) e da planta inteira (c) em estágio inicial de crescimento.

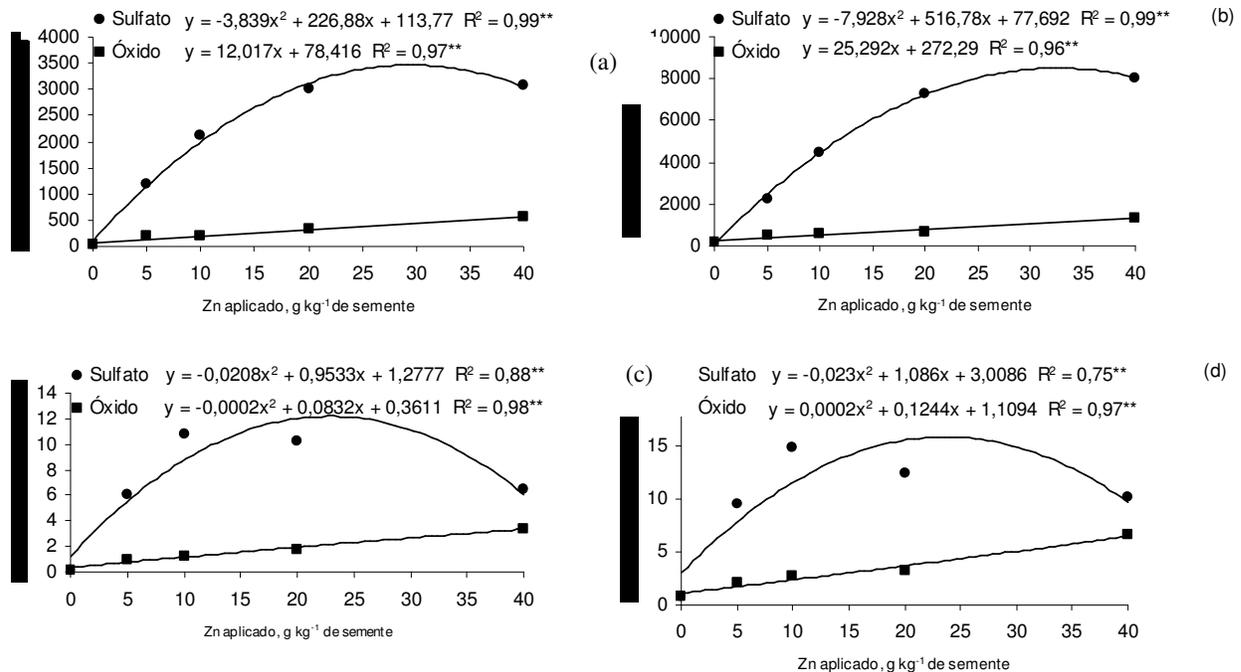


Figura 2. Efeito da aplicação de fontes de zinco em sementes de milho cv. FORT no teor de Zn da parte aérea (a), raiz (b) e acúmulo de Zn da parte aérea (c) e raiz (d) das plantas em estágio inicial de Crescimento.

passo que o uso do zinco na forma de óxido, os teores máximo de Zn foram bem menores, sendo que na parte aérea foi de 560 g kg⁻¹ e raiz foi de 1284 g kg⁻¹, com uso da maior dose do elemento (40 g kg⁻¹) (Figuras 2a,b). Assim, observou-se maior absorção de Zn pelas plantas de milho submetidas ao uso do sulfato comparado ao óxido, visto o acúmulo quadrático e linear de Zn com uso de doses do nutriente com as fonte sulfato e óxido, respectivamente (Figuras 2 c,d).

Salienta-se que os teores de Zn obtidos com uso da fonte óxido que resultou maior produção de matéria seca variou de 78 até 560 mg kg⁻¹ (Figura 2a). Estes resultados de Zn na parte aérea são bem superiores aos encontrados na literatura, como adequado para o milho, em condições de campo (15-100 mg kg⁻¹), obtidas no terço central da folha da base da espiga, no florescimento (RAIJ et al., 1996). Por outro lado, em experimentos, sob condições de vasos preenchidos com solo, o aumento moderado do teor de Zn (até 98 mg kg⁻¹), nas folhas à época de florescimento, não afetou a produção de matéria seca da cultura (ANDREOTTI; CRUSCIOL, 2003); entretanto, quando o teor de Zn atingiu 427 mg kg⁻¹, houve início da queda de produção de matéria seca (redução de 10%) (FAGERIA et al., 2000). As diferenças obtidas de Zn no tecido vegetal, entre o

presente trabalho e a literatura, devem-se principalmente as condições de cultivo diferenciadas como solo e areia e também outros como genótipos e época de semeadura distintas.

Römheld; Marschner (1991) indicam que para a maioria das culturas, as concentrações críticas de Zn nas folhas estão na faixa de 200 a 500 mg kg⁻¹, podendo ser encontradas até 8000 mg kg⁻¹ em ecótipos tolerantes. A amplitude na variação do nível crítico de toxicidade nas culturas é devido às diferenças de tolerância entre cultivares de mesma espécie (BORKERT et al., 1998). Assim, o teor de Zn nas plantas ou de outros nutrientes, que provoca sintomas de toxicidade, varia conforme o tecido vegetal e a espécie (MALAVOLTA et al., 1997).

Para as maiores doses de sulfato de zinco, atingiu-se teor muito alto de Zn na parte aérea (3465 mg kg⁻¹) (Figura 2a). Diante disso, observou-se, sintomas característicos de toxicidade de Zn, como diminuição do tamanho das plantas, folhas deformadas “pontiagudas”, e clorose com início nas pontas das folhas, que amarelecem e depois adquirem tons marrons, seguida de necrose. A cor amarelada das folhas, em plantas com toxidez de Zn, pode ser atribuída ao menor teor de clorofila, visto que Kaya (2002) observou menor teor de clorofila em plantas de tomate com toxicidade de

Zn. Santos et al. (2002), avaliando fontes de Zn no milho (cv. BR 201), em condições de vasos, observaram que na maior dose do nutriente, aos 40 dias da emergência, o amarelecimento das folhas mais novas (teor de Zn na parte aérea=523 mg kg).

Em conseqüência, nos tratamentos com problemas de fitotoxidez, observou-se menor produção de matéria seca (Figura 1), provavelmente devido ao fato que o excesso de Zn pode interferir no metabolismo de carboidratos, inibindo o transporte de fotoassimilados (SAMARAKOON; RAUSER, 1979). Além disso, no xilema de plantas intoxicadas por Zn, acumulam-se tampões “plugs” contendo o elemento, os quais dificultam a ascensão da seiva bruta (MALAVOLTA et al., 1997). Rosolem; Ferrari (1998) observaram que altas concentrações de Zn próximo das raízes do milho podem prejudicar o crescimento do sistema radicular e provocar fitotoxicidade.

Diante dos resultados, verifica-se que a aplicação de Zn em sementes de milho proporcionou maior absorção do nutriente, quando a fonte utilizada foi o sulfato, comparado ao óxido. Isto está relacionado à solubilidade das fontes, sendo o sulfato altamente solúvel em água. Vale (2001), estudando diversas fontes de zinco e utilizando como planta teste o milho, concluiu-se com relação a fitodisponibilidade que o Zn presente no sulfato é mais o disponível às plantas, seguido daquele contido no óxido.

Efeito dos tratamentos sobre a eficiência nutricional de zinco

Observou-se que a eficiência de absorção de Zn pelo milho aumentou com as doses de Zn, independentemente da fonte (Figura 3a). E com relação as fontes, a eficiência de absorção foi maior quando se utilizou a fonte sulfato, comparada à

fonte óxido, atingindo ponto de máximo de 12,92 e 2,47 mg de Zn acumulado/g de matéria seca de raízes, respectivamente (Figura 3a). Assim, a eficiência de absorção de Zn com uso do sulfato foi mais de cinco vezes superior a fonte óxido.

Houve diferença significativa da eficiência de transporte em função das doses e fontes, entretanto, não houve interação (dados não apresentados). O aumento das doses de Zn resultou em aumento significativo da eficiência de transporte do nutriente, apenas com o uso do sulfato, atingindo o máximo de 44%, na dose de 17 g/kg e nas maiores doses do nutriente houve diminuição da eficiência de transporte (Figura 3b). Este resultado está de acordo com os obtidos por Natale et al. (2002), que observaram que altas

doses de Zn promovem redução na translocação do zinco para a parte aérea de mudas de goiabeira, acumulando-se nas raízes. Na literatura, este fenômeno de redução da translocação do Zn pode ser explicado pelo mecanismo das plantas de aumentarem a tolerância à toxidez a esse nutriente, pois, nestas condições, tem-se maior acúmulo do mesmo nos vacúolos das células do córtex da raiz (VANSTEVENINCK et al., 1987).

Observou-se que houve efeito significativo na eficiência de utilização em função das doses e das fontes de zinco e da interação (dados não apresentados). Nota-se que houve queda acentuada na eficiência de utilização com as doses de Zn, especialmente com uso da fonte sulfato (Figura 3c). Furlani et al. (2005) verificaram queda de quase duas vezes na eficiência de utilização de Zn pelo milho submetido a doses de Zn em solução nutritiva. Além disso, a literatura, tem indicado diferenças na eficiência nutricional de utilização de Zn, em função do genótipo do milho (SHUKLA; RAIJ, 1976). Observou-se, ainda, maior eficiência de utilização do Zn pelo milho, com o uso da fonte óxido comparado a fonte sulfato (Figura 3c). Isto ocorreu pelo fato da maior produção de matéria seca das plantas de milho e menor absorção de Zn com uso da fonte óxido comparado ao sulfato.

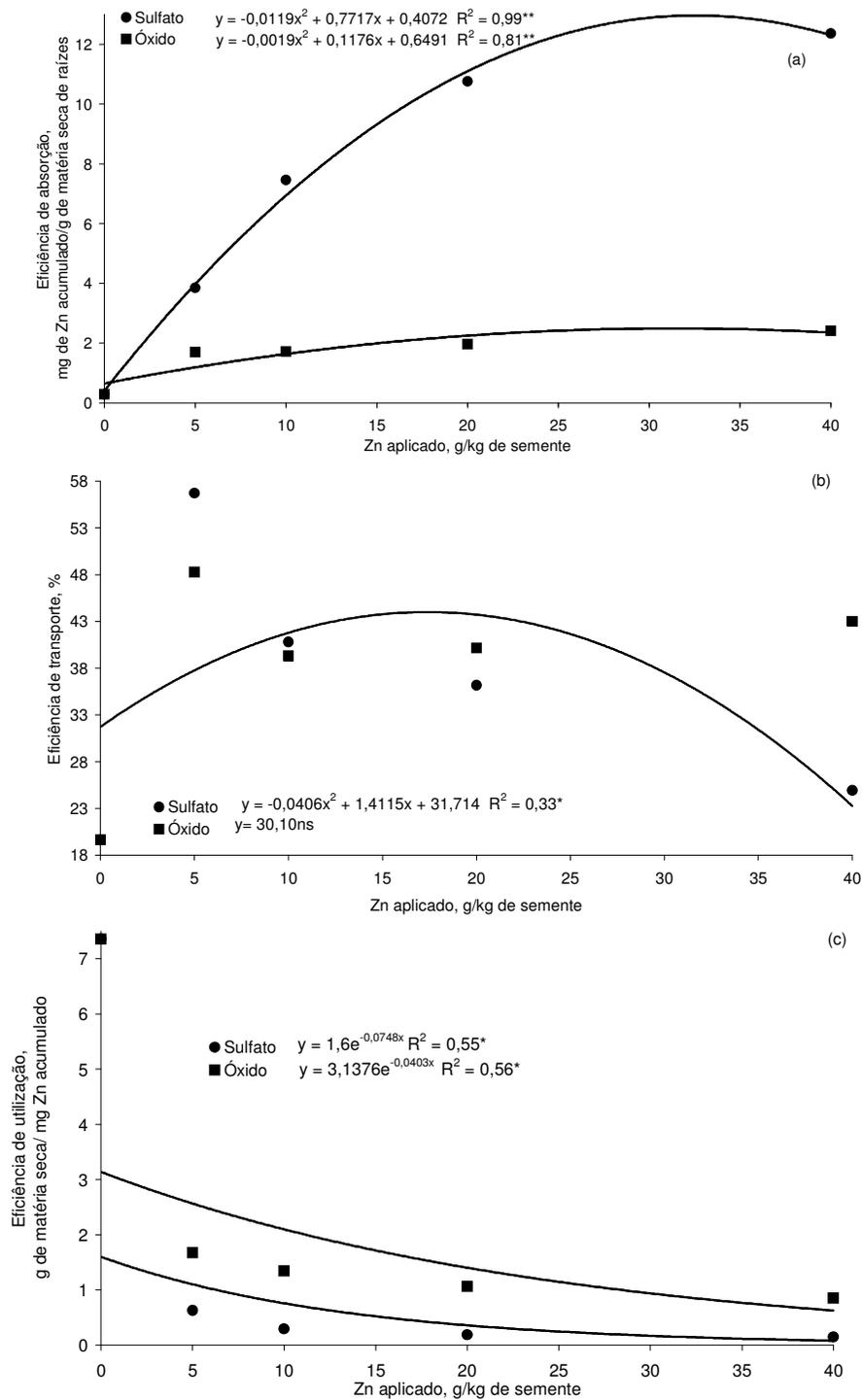


Figura 3. Efeito da aplicação de fontes de zinco em sementes de milho cv. FORT na eficiência de absorção (a), transporte (b) e utilização do zinco (c) em plantas em estágio inicial de crescimento.

CONCLUSÕES

A utilização de doses de zinco em sementes influenciam o teor de Zn da planta e o crescimento inicial do milho cv. Fort;

O óxido de zinco aplicado em sementes favorece o crescimento inicial do milho cv. Fort, em comparação a utilização do sulfato de zinco.

ABSTRACT: The present work had as objective evaluates the effects of the application of sources of zinc in seeds of corn cv. FORT about the absorption, transport and use of Zn. For this, an experiment was accomplished in conditions of vegetation house, in FCAV/Unesp, in Jaboticabal-SP. The adopted experimental delineamento was casualizado entirely, being five doses of Zn (0; 5; 10; 20 and 40 g / kg of seeds), two sources of Zn (sulfate of zinc, 22% of Zn and oxide of zinc, 50% of Zn) with three repetitions. The experimental unit was a tray of polyethylene filled out with 5 L of washed thick sand, with 50 seeds of corn cv. FORT. To the 25 days after the emergency, the matter was evaluated dries of the plants and the tenor of Zn in the aerial part and in the roots and being calculated the absorption efficiency, transport and use of the nutrient by the plants. The use of doses of zinc in seeds influences the text of Zn of the plant and the initial growth of the corn cv. Fort. The zinc oxide applied in seeds favors the growth initial of the maize cv. Fort, in comparison the use of zinc sulphate.

KEYWORDS: *Zea mays* L. Zn. Micronutrient. Absorption. Transport. Use.

REFERÊNCIAS

- ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C. A. C. Interação calcário x zinco sobre a produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 78, n. 3, p. 331-345, dez., 2003.
- BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; CARVALHO, J. R. P. Fontes de zinco e modo de aplicação sobre a produção de arroz em solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 12, p. 1713-1719, dez., 1982.
- BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; FONSECA, J. R. Tratamento de sementes de arroz com micronutrientes sobre o rendimento e qualidade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 219-222, mar., 1983.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Método de análises química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).
- BORKERT, C. M.; COX, F. R.; TUCKER, M. R. Zinc and copper toxicity in peanut, soybean, rice and corn in soil mixtures. **Communication Soil Science Plant Analysis**, Philadelphia, v. 29, p. 2991-3005, dec., 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, set.-dez., 2000.
- 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 agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 3, p. 264-273, mai.-jun., 2005.
- 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**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 283-289, mai.-ago., 1996.
- 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**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 229-233, mai.-ago., 1994.

- GONÇALVES JR., A. C.; PESSOA, A. C. S.; LUCHESE, E. B.; LUCHESE, A. V.; SELINGER, A. L.; MARCON, E.; FRANDOLOSO, J. F.; COTTICA, R. L. Germinação de sementes e desenvolvimento de plantas de milho em resposta ao tratamento com zinco via semente. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 24., 2000, Santa Maria. **Resumos...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. 215p.
- HOWELER, R. H., EDWARDS, D. G., AND ASHER, C. J. Micronutrient deficiencies and toxicities of cassava plants grown in nutrient solutions. 1. Critical tissue concentrations. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 5, p. 1059–76, June, 1982.
- KAYA, C. Effect of supplementary phosphorus on acid phosphatase enzyme activity and membrane permeability of zinc-toxic tomato plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 25, n. 3, p. 599-611, mar., 2002.
- LONG, X. X.; YANG, X. E.; NI, W. Z.; YE, Q.; HE, Z. L.; CALVERT, D.V.; STOFFELLA, J. P. Assessing zinc thresholds for phytotoxicity and potential dietary toxicity in selected vegetable crops. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 34, n. 9-10, p. 1421-1434, may, 2003.
- LONGNECKER, N. E.; ROBSON, A. D. Distribution and transport of zinc. In: **Zinc in Soils and Plants**. ROBSON, A.D. (Ed.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 79–91.
- 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 par ao milho. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 44,n. 1, p. 57-76, jan., 1987.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.
- NATALE, W; PRADO, R. M.; CORRÊA, M. C. M.; SILVA, M. A. C.; PEREIRA, L. Resposta de mudas de goiabeira à aplicação de zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 770-773, dez., 2002.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1996. 285p.
- RÖMHELD, V.; MARSCHNER, H. **Function of micronutrients in plants**. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 297-328.
- ROSOLEM, C. A.; FERRARI, L. F. Crescimento inicial e absorção de zinco pelo milho em função do modo de aplicação e fonte do nutriente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 151-157, jan., 1998.
- SAMARAKOON, A. B.; RAUSER, W. Carbohydrate level and photoassimilate export from leaves of *Phaseolus vulgaris* exposed to excess cobalt, nickel and zinc. **Plant Physiology**, Rockville, v. 63, n. 6, p. 1165-1169, June, 1979.
- SANTOS, G. C. G., ABREU, C. A., CAMARGO, O. A., ABREU, M. F. Pó-de-aciaria como fonte de zinco para o milho e seu efeito na disponibilidade de metais pesados. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 3, p. 257-266, set.-dez., 2002.
- SANTOS, O. S.; SCHMIDT, D.; MARODIM, V. S. Teores de zinco em milho obtidos em função da sua aplicação nas sementes e na solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 21, 1996, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1996. p. 207.

SHUKLA, U. C.; RAIJ, H. Zinc response in corn as influenced by genetic variability. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, n. 1, p. 20-22, jan., 1976.

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. 43f. Trabalho de Graduação – Curso de Graduação em Agronomia, Escola Superior de Ciências Agrárias, Rio Verde, 1989.

VALE, F. Avaliação e caracterização da disponibilidade do boro e zinco contidos em fertilizantes. 2001. 91f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

VANSTEVENINCK, R. F. M.; VANSTEVENINCK, M. E.; FERNANDO, D. R.; GODBOLD, D. L.; HORST, W. J.; MARSCHNER, H. Identification of zinc-containing globules in roots of a zinc-tolerant ecotype of *Deschampsia caespitosa*. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 10, n. 9-16, p. 1239-1246, 1987.

WANG, J., EVANGELOU, B. P., NIELSEN, M. T., AND WAGNER, G. J. Computer, Simulated Evaluation of Possible Mechanisms for Sequestering Metal Ion Activity in Plant Vacuoles. II. Zinc. **Plant Physiology**, Rockville, v. 99, n. 2, p. 621–626, june, 1992.

YE, Z.; BAKER, A. J. M, WONG, M. H.; WILLIS, A. J. Zinc, lead and cadmium accumulation and tolerance in *Typha latifolia* as affected by iron plaque on the root surface. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 61, n. 1, p. 55– 67, jan., 1998.