

CRESCIMENTO INICIAL E NUTRIÇÃO DE MILHO CULTIVAR P30K75 SUBMETIDO À FERTILIZAÇÃO DE ZINCO VIA SEMENTE

INITIAL GROWTH AND NUTRITION OF MAIZE CULTIVAR P30K75 WITH ZINC ADDITION TO THE SEEDS

Renato de Mello Prado^{1*}; Melissa de Castro Mouro²; William Natale¹

RESUMO

A eficiência da aplicação de zinco via semente no crescimento inicial do milho poderá ser influenciado pela fonte e pela dose do fertilizante. O estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de doses e fontes de zinco sobre a nutrição e o crescimento inicial de milho cv. P 30K75. Para isto, foi realizado um experimento, na FCAV/Unesp, em Jaboticabal-SP. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, sendo testadas cinco doses de Zn (0; 5; 10; 20 e 40 g kg⁻¹ de sementes) e 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 por bandeja. Aos 25 dias após a emergência, avaliaram-se a matéria seca das plantas e o teor de Zn na parte aérea e nas raízes, e foram calculadas a eficiência de absorção, transporte e utilização do nutriente pelas plantas. A aplicação de zinco em semente, na forma de óxido, resultou em maior eficiência de utilização de Zn, comparada a sulfato, além de maior produção de matéria seca da planta inteira do milho, especialmente nas maiores doses de Zn. O uso da fonte sulfato, maior que 20 g kg⁻¹ de semente, proporcionou alta eficiência de absorção e transporte do nutriente e alto teor de Zn na parte aérea (>3500 mg kg⁻¹) e nas raízes (>1200 mg kg⁻¹), contudo foi notado a toxicidade de Zn.

Palavras-chave: *Zea mays* L., Zinco, micronutrientes, forma de aplicação de fertilizante.

ABSTRACT

The efficiency of zinc (Zn) application via seed in the initial corn growth is possibly influenced by the fertilizer source and dosage. The study aimed to evaluate the effects of zinc rates and sources on the initial nutrition and growth of the corn cv. P 30K75. For that reason, an experiment was carried out at the FCAV/Unesp, in Jaboticabal-SP. The experimental design was entirely randomized, and five Zn rates were tested (0; 5; 10; 20 and 40 g kg⁻¹ of seeds), as well as two Zn sources (zinc sulphate, 22% of Zn and zinc oxide, 50% of Zn), with three repetitions. The experimental unit was a polyethylene tray filled with 5L of thick washed sand with 50 corn seeds per tray. After 25 days of emergence, the dry matter of the plants and the Zn teor in the aerial part and roots were evaluated. The efficiency of absorption, transport and nutrient use by the plants were calculated. The zinc application in the seed in oxide form resulted in greater efficiency in Zn use, compared to the sulphate one, besides a greater dry matter production of the entire corn plant, especially in the bigger Zn rates. The use of sulphate source, bigger than 20 g kg⁻¹ of seed, provided high efficiency of the nutrient absorption and transport and high Zn teor in the aerial part (>3500 mg kg⁻¹) and in the roots (>1200 mg kg⁻¹). However, the Zn toxicity was observed.

Key words: *Zea mays* L., Zn, micronutrient, fertilizer application methods.

¹ Eng. Agr., Dr., Deptº de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Unesp. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n. 14870-000, Jaboticabal-SP, Brasil. E-mail: rmprado@fcav.unesp.br. * **Autor correspondente.**

² Graduanda, Deptº de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Unesp.

(Recebido para Publicação em 23/10/2006, Aprovado em 10/04/2007)

INTRODUÇÃO

A adubação com zinco na cultura do milho pode ser realizada pela aplicação no solo, nas folhas e nas sementes. Tendo em vista que as doses requeridas pela cultura são pequenas existe dificuldade para se distribuir uniformemente por meio de adubos via solo, enquanto as aplicações foliares apresentam restrições devido à baixa mobilidade do Zn no floema. Portanto, a aplicação de Zn em sementes é uma alternativa promissora.

No Brasil, foram conduzidos alguns experimentos com a cultura do milho, aplicando-se zinco via tratamento de sementes, obtendo-se incrementos significativos na produção (SILVA, 1989; GALRÃO, 1994) e resposta semelhante entre a aplicação de Zn via semente ou via solo, especialmente no segundo e terceiro cultivos do milho (GALRÃO, 1996). Algumas recomendações para aplicação de Zn via sementes para o milho, variando de 5 g Zn kg de sementes, indicada pelas empresas produtoras de defensivos (formulação de inseticidas de tratamento de sementes, enriquecido com Zn) até 40 g de Zn kg⁻¹ de sementes, na forma de óxido, indicado por GALRÃO (1996). Alguns estudos com a aplicação de doses moderadas de Zn (2.5 g kg⁻¹ de sementes) não mostraram efeito sobre o teor de Zn foliar do milho (SANTOS et al., 1996), enquanto doses maiores (7 g de Zn kg⁻¹ de semente), incrementaram o teor foliar do nutriente na planta, não afetando, porém, a produção de matéria seca (GONÇALVES Jr. et al., 2000). Outro fator importante, com relação à aplicação de Zn, é a fonte do fertilizante empregado, existindo fontes solúveis em água (sulfato de

zinco, quelato de zinco, nitrato de zinco e cloreto de zinco) e fonte insolúveis (carbonato de zinco; óxido de zinco e silicatos). A mais utilizada na agricultura, para o grupo das solúveis em água, é o sulfato de zinco e, das não solúveis, o óxido de zinco (LOPES, 1999). Esses adubos podem ser aplicados a lanço, localizados no sulco de semeadura, nas folhas e nas sementes (BARBOSA FILHO et al., 1982; 1983). As fontes solúveis em água podem ter a vantagem de disponibilizar prontamente o nutriente para a planta, comparado à não solúvel; entretanto, a última poderá liberar o nutriente gradualmente, com menor risco de acúmulo excessivo do elemento pelas plântulas, além de menor insolubilização no solo. Na literatura, não existem informações sobre a toxicidade de Zn aplicado na semente em plantas de milho. Assim, estudos sobre fontes e doses do micronutriente aplicado às sementes de híbridos de milho são importantes, pois se o manejo for inadequado, poderá afetar a nutrição e o crescimento da cultura, provocando toxicidade nas plântulas, com conseqüente diminuição da taxa de emergência, e comprometimento da produção.

O trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de doses e fontes de zinco sobre a eficiência de absorção, transporte e utilização do nutriente e o crescimento inicial de milho cv. P 30K75.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de casa de vegetação, da FCAV/Unesp, Jaboticabal-SP. O

PRADO et al. Crescimento inicial e nutrição de milho cultivar P30K75 submetido à fertilização de zinco via semente delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, tendo 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. P 30K75.

O tratamento com a maior dose de Zn, foi utilizado seguindo a indicação de GALRÃO (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.

Realizou-se, inicialmente, dissolução da respectiva fonte em um recipiente com quantidade mínima de água, adicionando-se a mistura dos fertilizantes às sementes. Posteriormente, efetuou-se a semeadura do milho nas bandejas com areia. Considerou-se que a dose de Zn foi integralmente aplicada nas unidades experimentais (bandejas). A irrigação foi aplicada em volume suficiente para saturar a areia, diariamente. Aos 15 e 20 dias após a semeadura foi aplicado solução nutritiva de HOAGLAND & ARNON (1950) completa (menos o Zn), em substituição a irrigação.

O corte das plantas efetuou-se aos 25 dias da semeadura, efetuou-se o corte as plantas, separando-se a parte aérea e as raízes, que foram lavadas e secas em estufa de circulação forçada de ar (70°C), até atingirem massa constante. Nos tecidos vegetais (parte aérea e raiz), 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 no teor de Zn, calculou-se o acúmulo do nutriente nas plantas. Além disso, obteve-se a eficiência de absorção (em mg g⁻¹) (acúmulo de Zn na planta/matéria seca de raízes), a eficiência de transporte (em %) (acúmulo de Zn na planta/acúmulo de Zn nas raízes x 100) e a eficiência de utilização (em g mg⁻¹) [(matéria seca total produzida)²/(conteúdo total do nutriente na planta)] (SIDDIQI & GLASS, 1981).

Os dados foram submetidos à análise da variância e ao teste F e as relações de doses e variáveis analisadas pelo estudo de regressão polinomial. O programa estatístico utilizado na análise dos dados foi o SAS (SAS INSTITUTE, 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de matéria seca, teor e acúmulo de zinco

Houve efeito significativo das doses, fontes 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 diferentes fontes e doses de zinco nas sementes (Dados não apresentados). Notou-se, que independentemente da fonte, as doses de Zn incrementaram a matéria seca da parte aérea, entretanto, diminuíram a da raiz, o que refletiu na planta inteira. DALMOLIN (1992) também observaram influência na produção de matéria seca do milho submetido a aplicação de Zn nas sementes. Além disso, a aplicação de Zn nas sementes, incrementou o teor e o acúmulo de Zn nos diferentes órgãos das plantas, independentemente da fonte.

PRADO et al. Crescimento inicial e nutrição de milho cultivar P30K75 submetido à fertilização de zinco via semente
Como houve interação entre doses e fontes sobre

produção de matéria seca, realizou-se estudo de regressão para avaliar o comportamento das fontes dentro das doses de zinco. Pelos resultados da Figura 1, Nas doses altas de Zn ($>10 \text{ g kg}^{-1}$ de semente) a diferença entre as fontes é aumentada, com maior redução na produção de matéria seca com uso da fonte sulfato, especialmente da parte aérea (Figura 1a) e, conseqüentemente, da planta inteira (Figura 1c). MALAVOLTA et al. (1987) obtiveram respostas semelhantes, em experimento conduzido em solo, sendo que as maiores doses de Zn utilizando a fonte sulfato ($>1,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de solo) causaram queda na produção de matéria seca do milho, ao passo que quando do uso da fonte óxido, este fato não ocorreu. De toda forma, a resposta positiva da aplicação de Zn às sementes sobre a produção de matéria seca concorda com os resultados de GALRÃO (1996), especialmente com uso da forma de óxido, discordando, porém, de SANTOS et al. (1996). Estas diferenças, possivelmente, devem-se às doses utilizadas nos trabalhos, visto que SANTOS et al. (1996) utilizaram dose baixa de Zn ($2,5 \text{ g kg}^{-1}$ de semente), enquanto GALRÃO (1996) aplicou dose maior (40 g kg^{-1} de semente), na forma de óxido. O aumento das doses de Zn elevou o teor do nutriente de forma quadrática na parte aérea, quando a fonte foi sulfato e linear com a fonte óxido (Figura 2a) e nas raízes, foi quadrático, em ambas as fontes (Figura 2b). Houve, também, acúmulo quadrático de Zn na parte aérea (Figura 2c) e nas raízes (Figura 2d) para as duas fontes. Notou-se que o teor de Zn na parte aérea nas maiores doses de Zn (20 e 40 g kg^{-1} de semente) atingiu

valores muito altos (3416 - 3750 mg kg^{-1}) quando se utilizou a fonte sulfato, comparado a fonte óxido (725 - 992 mg kg^{-1}) (Figura 2a). VALE (2001), estudando diversas fontes de zinco e utilizando como planta teste o milho, concluiu, com relação à fitodisponibilidade, que o Zn presente no sulfato é mais disponível às plantas, seguido daquele contido no óxido. Observou-se que as doses de Zn como óxido, promoveram maior acúmulo de matéria seca, e menor teor de Zn na planta, possivelmente este fato teve contribuição do efeito diluição do nutriente na biomassa da planta.

Em condições de campo, o teor de Zn adequado no milho varia de 15 - 100 mg kg^{-1} , obtidas no terço central da folha da base da espiga, no florescimento masculino (50% das plantas pendoadas), de acordo com RAIJ et al. (1996). Em experimentos com zinco em milho, sob condições de vasos preenchidos com solo, o aumento 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). No presente trabalho, a maior produção de matéria seca foi obtida utilizando o óxido, que associado ao alto teor do Zn na parte aérea (725 a 992 mg kg^{-1}), conforme já comentado, indica que a cultura do milho, especificamente o cultivar P 30K75, em estágio inicial de crescimento, apresenta ampla faixa de tolerância à toxicidade de Zn. Normalmente o excesso de Zn, provoca diminuição na concentração de clorofolia (a, b) e proteínas solúveis nas plantas, com reflexos na produção de matéria seca das plantas

PRADO et al. Crescimento inicial e nutrição de milho cultivar P30K75 submetido à fertilização de zinco via semente (KHURANA & CHATTERJEE, 2001), entretanto, inexistem informações de pesquisas sobre a toxicidade de Zn aplicado nas sementes em plantas de milho.

Entretanto, 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 que provoca sintomas de toxicidade, varia conforme o tecido vegetal e a espécie. Em tomate, os teores nas folhas e raízes estavam associados a 465 e 8870 mg kg⁻¹, respectivamente (KAYA, 2002); em taboa (*Typha Latifolia*), o teor de Zn na parte aérea e raiz foi de 782 e 1296 mg kg⁻¹, respectivamente (YE et al., 1998). Normalmente, plantas submetidas a alto nível de Zn desenvolvem sintomas de toxicidade devido a pouca habilidade de restrição à translocação do metal, resultando em alta concentração deste nutriente na raiz e na parte aérea das plantas (LONGNECKER AND ROBSON, 1993). Por outro lado, as plantas têm grau de tolerância ao Zn, devido ao fato de que as mesmas sequestram o metal no vacúolo das células, na presença de citrato (WANG et al., 1992). É pertinente salientar que, nas maiores doses de sulfato de zinco, atingiu-se teor muito alto de Zn na parte aérea (3400-3750 mg kg⁻¹), conforme dito anteriormente. Observou-se, sintomas característicos de toxicidade de Zn, como diminuição do tamanho das plantas, folhas deformadas "pontagudas", 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 toxicidade 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 igual a 523 mg kg⁻¹). Em consequência, nos tratamentos com problemas de fitotoxicidade, 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 alta 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. Isto está relacionado à solubilidade das fontes, sendo o sulfato altamente solúvel em água. E ainda, ressalta-se que as doses de Zn utilizadas como sulfato foram elevadas, provocando a toxicidade nas plantas.

Eficiência nutricional de zinco pelas plantas

PRADO et al. Crescimento inicial e nutrição de milho cultivar P30K75 submetido à fertilização de zinco via semente
Verifica-se que houve diferença entre os tratamentos para a eficiência de absorção, eficiência de transporte e eficiência de utilização do elemento pelas plantas de milho, os quais sofreram interferências das doses, fontes ou da interação. Para às fontes, a eficiência de absorção foi maior quando se utilizou a fonte sulfato comparada à fonte óxido (Dados não apresentados). Nota-se que independentemente da dose de Zn, houve incremento na eficiência de absorção e de transporte e diminuição na eficiência de utilização do elemento pelas plantas de milho. Assim, o aumento do suprimento de Zn, favoreceu a eficiência de absorção, pois é conhecida a relação positiva da concentração do elemento no meio e o processo da absorção (MALAVOLTA et al., 1997), e conseqüentemente o transporte do elemento para a parte aérea, induzindo a maior eficiência de transporte, entretanto, diminuiu a eficiência de utilização, ou seja, a capacidade de conversão do nutriente absorvido em matéria seca, provavelmente por ter afetado o metabolismo da planta, especialmente quando atinge níveis acima do ótimo para o desempenho do seu papel bioquímico na vida das plantas.

Pelos estudos de regressão, as doses de Zn aplicadas às semente do milho, proporcionaram incremento quadrático na eficiência de absorção (Figura 3a) e de transporte (Figura 3b) de Zn, em ambas as fontes do nutriente. A eficiência de transporte foi maior para fonte sulfato. Entretanto, com o aumento das doses de Zn houve aumento significativo da eficiência de transporte do nutriente, sendo 20% na testemunha, atingindo maior valor (54%) na dose de 10 g kg⁻¹ de semente. Salienta-se, ainda, que as equações que explicam a eficiência de transporte

apresentaram coeficiente de determinação baixo (Figura 3c). Entretanto, estes resultados estão 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 goiaba, que acumulou-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 toxicidade a esse nutriente, pois, nessas condições, tem-se maior acúmulo do mesmo nos vacúolos das células do córtex da raiz (VANSTEVENINCK et al., 1987).

As doses de Zn aplicadas às sementes afetaram a eficiência de utilização do nutriente pelas plantas e, também, houve diferença para o fator fonte e a interação (Dados não apresentados). Nota-se que houve queda de quase duas vezes na eficiência de utilização com as doses de Zn (5 até 40 g kg⁻¹ de semente), 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 & RAJ, 1976). Observou-se maior eficiência de utilização do Zn pelo milho, com o uso da fonte óxido (31,0 g de matéria da planta mg⁻¹ de Zn) comparado a fonte sulfato (21,4 g de matéria da planta mg⁻¹ de Zn). Isto ocorreu pelo fato que a fonte óxido proporcionou maior acúmulo de matéria seca e menor acúmulo de Zn, comparado a fonte sulfato, conforme já comentado. Deste modo, a fonte óxido por

PRADO et al. Crescimento inicial e nutrição de milho cultivar P30K75 submetido à fertilização de zinco via semente possibilitar maior eficiência na conversão do nutriente absorvido em biomassa, sem causar desordem nutricional, explicaria a maior produção de matéria seca da plantas de milho (Figura 1c).

CONCLUSÕES

A aplicação de zinco em semente, na forma de óxido, resultou em maior eficiência de utilização de Zn, comparada a sulfato, com maior produção de matéria seca da planta inteira de milho, especialmente nas maiores doses de Zn.

O uso da fonte sulfato, maior que 20 g kg^{-1} de semente, proporcionou alta eficiência de absorção e transporte do nutriente e alto teor de Zn na parte aérea ($>3500 \text{ mg kg}^{-1}$) e nas raízes ($>1200 \text{ mg kg}^{-1}$), contudo foi notado a toxicidade de Zn.

O uso da fonte óxido de Zn, ao proporcionar maior acúmulo de matéria seca da parte aérea e da raiz de plantas de milho, é a mais adequada para fertilização via sementes.

AGRADECIMENTOS

FAPESP pelo apoio financeiro concedido à Pesquisa (Processo 2004/14662-6).

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**, v.78,n.3,p.331-345,2003.

BARBOSA FILHO, M.P. et al. Fontes de zinco e modo de aplicação sobre a produção de arroz em solos de cerrado.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 17, n. 12, p. 1713-1719, 1982.

BARBOSA FILHO, M.P.; et al. Tratamento de sementes de arroz com micronutrientes sobre o rendimento e qualidade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.18, n.3, p.219-222, 1983.

BATAGLIA, O.C. et al. **Método de análises química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).

BORKERT, C.M.; et al. Zinc and copper toxicity in peanut, soybean, rice and corn in soil mixtures. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**,v.29,p.2991-3005,1998.

DALMOLIN, R.S.D. **Fontes de zinco aplicadas nas sementes de milho cultivado em solução nutritiva com diferentes doses de zinco**. Santa Maria, RS, 1992. 82p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Biodinâmica do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, 1992.

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.

FURLANI, A.M.C. et al. Eficiência de cultivares de milho na absorção e utilização de zinco. **Scientia agricola**, v.62, n.3, p.264-273,2005.

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**, v.20,p.283-289,1996.

GALRÃO, E.Z. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo do milho num Latossolo Vermelho-Escuro,

- PRADO et al. Crescimento inicial e nutrição de milho cultivar P30K75 submetido à fertilização de zinco via semente argiloso, sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18,n.2,p.229-233,1994.
- GONÇALVES JR. et al. 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: SBCS, 2000.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950. 347p.
- KAYA, C. Effect of supplementary phosphorus on acid phosphatase enzyme activity and membrane permeability of zinc-toxic tomato plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.25,n.25,n.3,p.599-611,2002.
- 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.
- LONGNECKER, N.E.; ROBSON, A.D. Distribution and transport of zinc. In: **Zinc in soils and plants**. Ed. A D Robson. pp. 79–91. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Section editor: A.J.M. Baker.1993.
- LOPES, A. S. **Micronutrientes, filosofias de aplicação e eficiência agrônoma**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1999. 70 p. (Boletim Técnico, 8).
- MALAVOLTA, E.; et al. Eficiência relativa de fontes de zinco par ao milho. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**,v.44,p.57-76,1987.
- MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997, 319p.
- NATALE, W et al. Resposta de mudas de goiabeira à aplicação de zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.3, p.770-773, 2002.
- RAIJ, B.van. et al. eds. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2ed. Campinas, Instituto Agrônomo & 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.eds.**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**, v.22,p.151-157,1998.
- SAMARAKOON, A. B.; RAUSER, W. Carbohydrate level and photoassimilate export from leaves of *Phaseolus vulgaris* exposed to excess cobalt, nickel and zinc. **Plant Physiology**, v.63, n.6, p. 1165-1169, 1979.
- SANTOS, G.C.G. et al. Pó-de-aciaria como fonte de zinco para o milho e seu efeito na disponibilidade de metais pesados. **Bragantia**, v.61, n.3, p.257-266.2002.
- SANTOS, O.S. et al. 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. Londrina, **Resumos**. IAPAR,1996. p.207.
- SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). **SAS/STAT procedure guide for personal computers**. 5th ed. Cary, 1996. 1686p.
- SHUKLA, U.C.; RAIJ, H. Zinc response in corn as influenced by genetic variability. **Agronomy Journal**, v.68, p.20-22,1976.
- SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilisation index: a modified

- PRADO et al. Crescimento inicial e nutrição de milho cultivar P30K75 submetido à fertilização de zinco via semente
approach to the estimation and comparison of nutrient
utilisation efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.4,
p.289-302, 1981.
- SILVA, E.S. **Produção de grãos de milho em função de
níveis de adubação com zinco e boro aplicados nas
sementes e no solo**. Rio Verde, 1989. 43p.(Trabalho
Graduação -Agronomia – Escola Superior Ciências
Agrárias).
- VALE, F. **Avaliação e caracterização da disponibilidade do
boro e zinco
contidos em fertilizantes**. 2001. 91p. Piracicaba. Tese
(Doutorado) – ESALQ-USP.
- VANSTEVENINCK, R.F.M. et al. Identification of zinc-
containing globules in roots of a zinc-tolerant ecotype of
Deschampsia caespitosa. **Journal of Plant Nutrition**, v.10,
p.1239-1246, 1987.
- WANG, J. et al. Computer, simulated evaluation of possible
mechanisms for sequestering metal ion activity in plant
vacuoles. II. Zinc. **Plant Physiology**, v.99, p.621–626,1992.
- YE, Z. et al. Zinc, lead and cadmium accumulation and
tolerance in *Typha latifolia* as affected by iron plaque on the
root surface. **Aquat. Bot.** v.61, p.55– 67,1998.

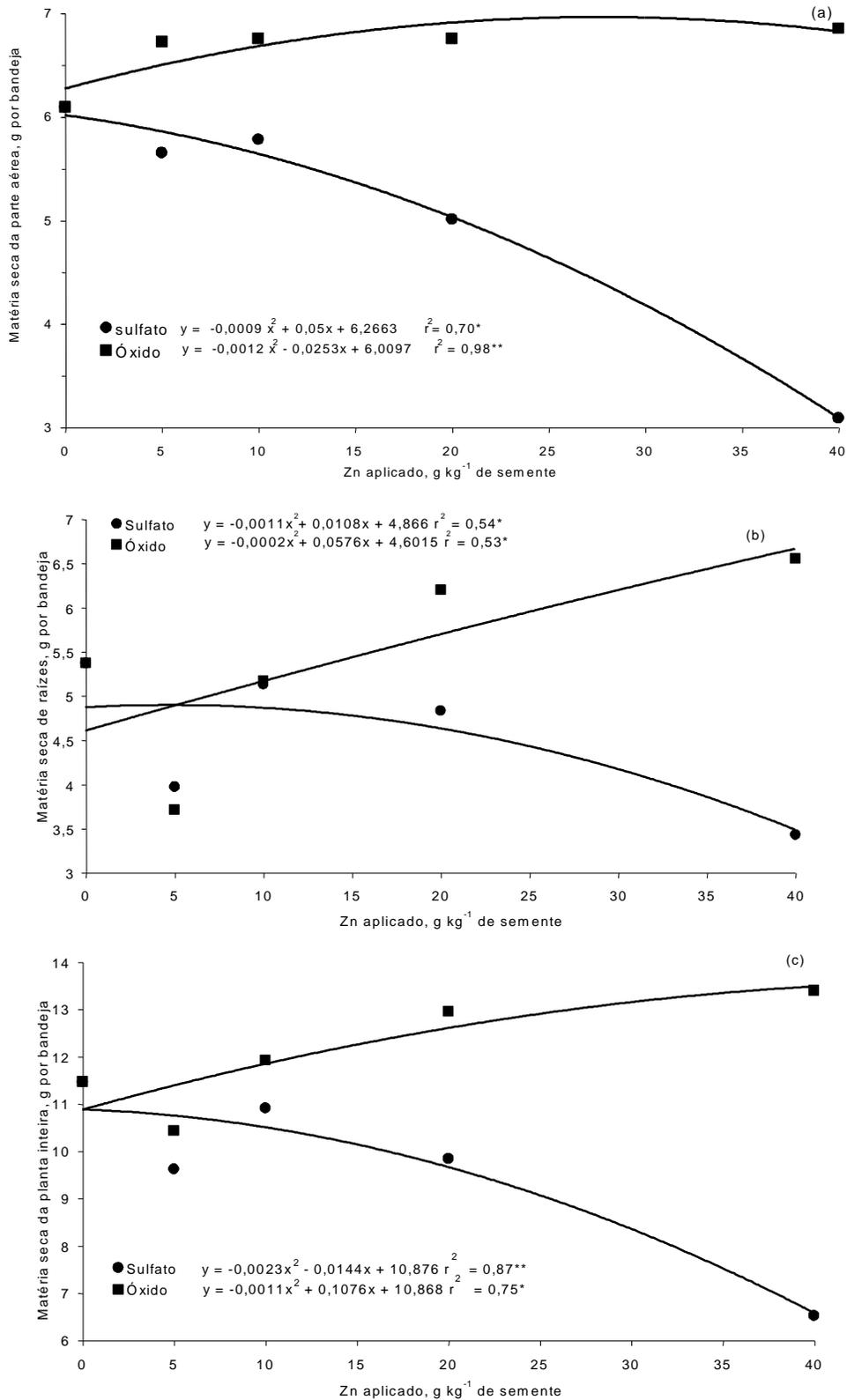


Figura 1. Produção de matéria seca da parte aérea (a), raiz (b) e da planta inteira (c) em função da aplicação de doses crescentes de zinco via sementes.

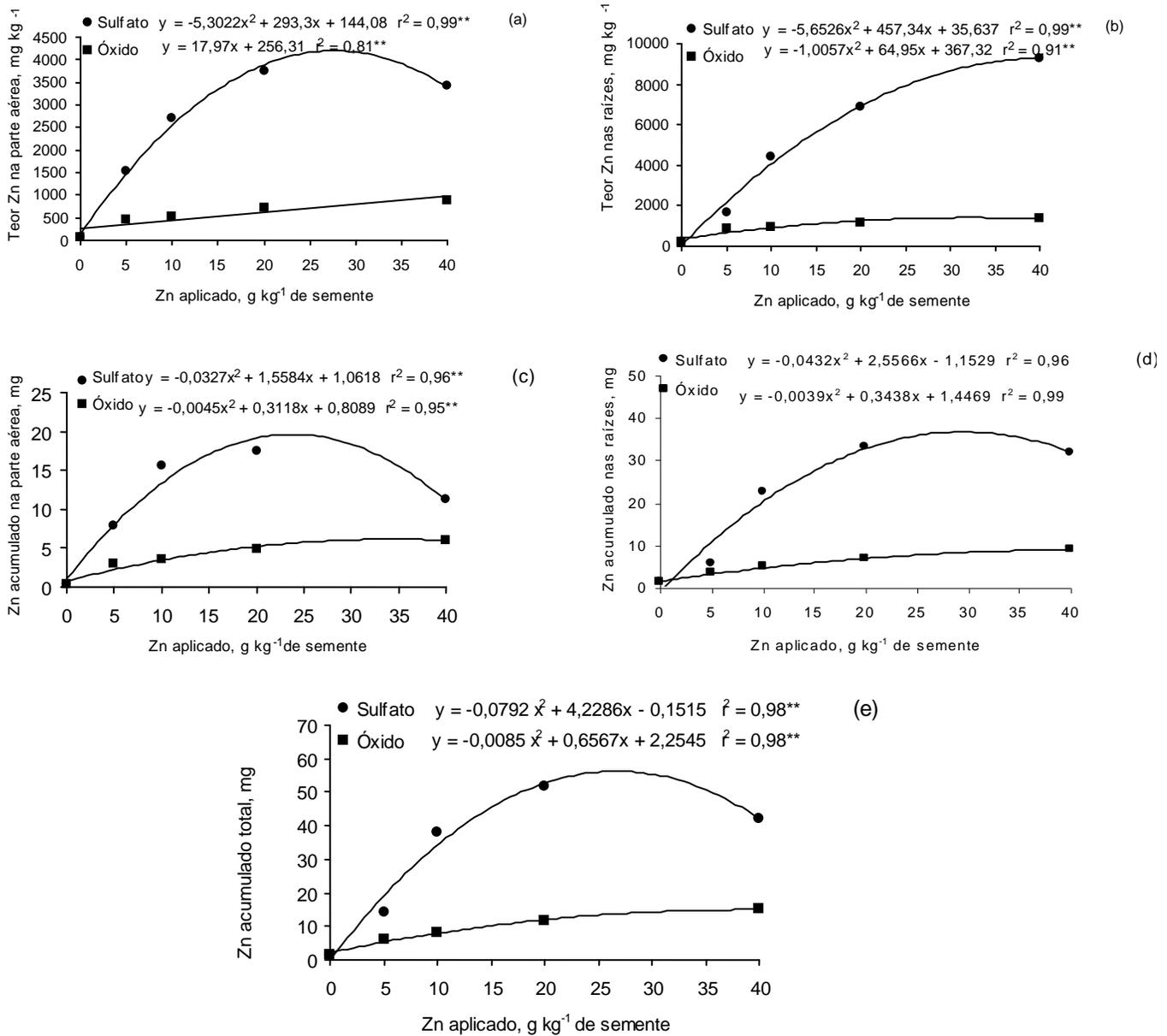


Figura 2. Teor de Zn da parte aérea (a), raiz (b) (em mg) e acúmulo de Zn da parte aérea (c), raiz (d) e planta inteira (e) (em mg por bandeja) em estágio inicial de crescimento em função da aplicação de diferentes fontes e doses de zinco

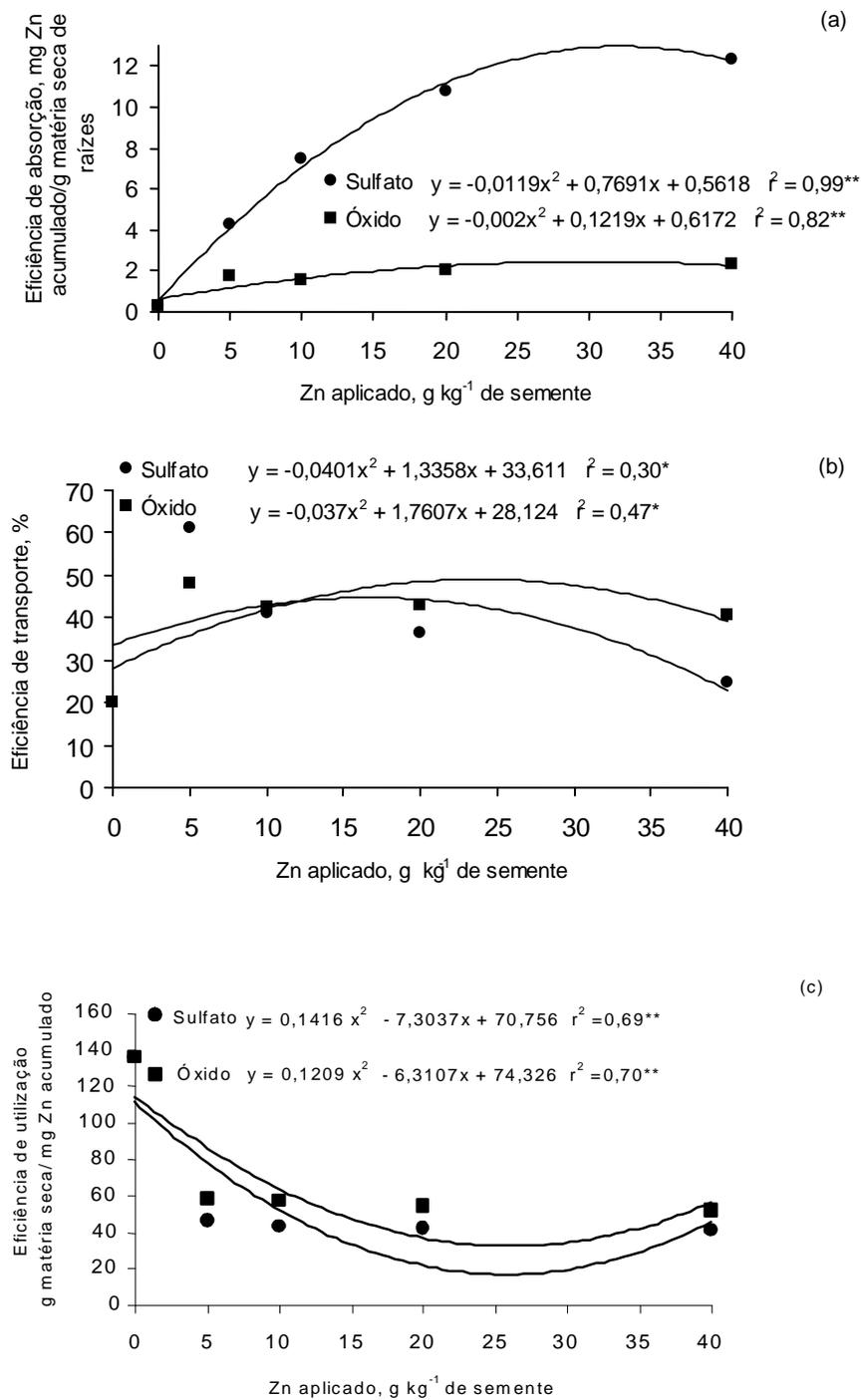


Figura 3. Eficiência de absorção (a), transporte do zinco (b) e utilização (c) em plantas em estágio inicial de crescimento submetidas a aplicação de diferentes fontes e doses de zinco.