

EFEITO RESIDUAL DE MODOS DE APLICAÇÃO DE ZINCO NA NUTRIÇÃO E NO CRESCIMENTO INICIAL DA CULTURA DO ARROZ

Renato de Mello Prado¹; Marcus André Ribeiro Correia²; Danilo Eduardo Rozane³; Liliane Maria Romualdo³; Karen Pereira da Silva⁴

⁽¹⁾ Professor Doutor do Departamento de Solos e Adubos da UNESP - Jaboticabal; ⁽²⁾ Pós-Graduando do PPG Ciência do Solo da UNESP - Jaboticabal; ⁽³⁾ Pós-Graduando do PPG Produção Vegetal da UNESP - Jaboticabal.; ⁽⁴⁾ Graduanda em Agronomia, da UNESP - Jaboticabal.

RESUMO

Em sistemas de alta produção os micronutrientes, especialmente o zinco é importante para a cultura do arroz. O presente trabalho objetivou avaliar o efeito residual de modos de aplicação de Zn sobre a nutrição e o crescimento inicial de plantas de arroz. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, tendo zinco aplicado via foliar, incorporado no solo e nas sementes e a testemunha (sem zinco), em quatro repetições. Aos 42 após a emergência, avaliou-se o teor de Zn no solo e na planta e o crescimento inicial das plantas de arroz. A aplicação de Zn via solo incorporado proporcionou efeito residual no teor do micronutriente no solo. A aplicação de Zn via foliar promoveu maior absorção do nutriente pelas plantas de arroz. Os modos de aplicação de Zn via semente, foliar e solo foram semelhantes em promover o incremento na produção de matéria seca de plantas de arroz.

Palavras-chave: *Oriza sativa* L., micronutriente, Zn, modos de aplicação, absorção.

RESIDUAL EFFECT IN FORMS OF ZINC APPLICATION IN THE NUTRITION AND THE INITIAL GROWTH OF RICE

ABSTRACT

In systems of high production the micronutrients, especially the zinc is important for the culture of the rice. The present work objectified to evaluate the residual effect in ways of application of Zn on the nutrition and the initial growth of rice plants. The experiment was in a completely randomized design, with four treatments, having had zinc applied by foliar, incorporated in the ground and the seeds and the witness (without zinc), in four repetitions. To the 42 after the emergency, evaluated the text of Zn in the ground and the plant and the initial growth of the rice plants. The application of Zn saw ground incorporated provided residual effect in the text of the micronutrient in the soil. The application of Zn saw foliar promoted greater absorption of the nutrient for the rice plants. The ways of application of Zn saw seed, foliar and ground had been similar in promoting the increment in the production of dry matter of rice plants.

Key words: *Oriza sativa* L., micronutrient, Zn, forms of application, uptake.

INTRODUÇÃO

A maior parte da área cultivada com arroz no Brasil é no sistema de terras altas, concentrado na região do cerrado. Nesta região o rendimento médio do arroz é considerado baixo, ou seja, 2 Mg ha⁻¹ limitado pela baixa fertilidade natural do solo (EMBRAPA, 2003).

Neste contexto, a calagem e adubação são práticas fundamentais para produção do arroz no cerrado. Assim, para os sistemas de alta produção os micronutrientes, especialmente o zinco é importante para a cultura do arroz, conforme relatos da literatura (GALRÃO et al. 1978). A resposta do arroz à aplicação de Zn ocorre devido a sua alta exigência nutricional (FAGERIA, 2000) e a baixa disponibilidade do nutriente nos solos de vegetação de cerrado (KORNDÖRFER et al. 1987; BARBOSA FILHO et al. 1992), ou mesmo por práticas agrícolas inadequadas, como aplicação de altas doses de calcário (BARBOSA FILHO et al. 1982; FAGERIA; ZIMMERMANN 1979; FAGERIA; ZIMMERMANN; LOPES, 1977) ou incorporação superficial no solo, pois tal pratica por elevar o valor pH do solo diminui a disponibilidade deste micronutriente no solo.

Assim para maximizar este efeito do Zn na produção do arroz, o modo de aplicação deste nutriente torna-se fundamental para garantir maior absorção do nutriente pela planta. Pode-se destacar os seguintes métodos de aplicação de zinco: no solo, nas folhas ou nas sementes. Neste sentido, existem indicações na cultura do milho, que as aplicações de zinco no solo incorporado proporcionou efeito residual importante (RITCHEY et al., 1986) e inclusive com efeito de um cultivo para outro quando em doses acima de 5 mg dm⁻³ (THIND et al., 1990). Entretanto, o modo de aplicação do Zn no solo de forma incorporada poderá favorecer a

adsorção aos colóides do solo acarretando em perdas do nutriente. Essa taxa de recuperação do Zn aplicado no solo, pode variar atingindo 47% (NATALE et al., 2002), dependendo do tipo de solo, do manejo, da cultura e também ao tempo da aplicação. Segundo Barrow (1993) um maior tempo de contato propicia que o Zn passe para formas mais estáveis, como óxidos cristalinos, uma vez que a reação pode continuar lentamente com a difusão dos íons adsorvidos para o interior das partículas, demonstrando a importância do tempo nas transformações do Zn adicionado aos solos.

Galrão (1994) observou que o modo de aplicação de Zn incorporado ao solo (a lanço) teve efeito superior no primeiro cultivo do milho; no segundo cultivo as aplicações tanto no solo, como nas folhas ou sementes proporcionaram os mesmos efeitos na produção da cultura. No arroz existe trabalhos em vasos preenchidos com solo com Zn incorporado mostrando efeito significativo na produção de matéria seca (FAGERIA, 2000; MORAES, 2004).

A aplicação de micronutrientes como o Zn, via foliar é muito utilizado na agricultura tendo em vista que as folhas têm capacidade de absorver nutrientes (DECHEN; NEVES 1988) e a exigência nutricional das plantas é relativamente pequena. Entretanto, as aplicações foliares tem uma limitação, referente a baixa mobilidade do Zn no floema das plantas, permanecendo nas folhas que receberam a solução, não permitindo a nutrição adequada das folhas mais novas que emergirem após a pulverização. No entanto, Galrão (1994), indicou que as aplicações foliares de Zn têm mostrado eficiência para rendimentos de grãos de milho. Existem indicações da ausência do efeito da aplicação de Zn via foliar no crescimento do arroz (MARCHEZAN et al., 2001).

Um outro modo alternativo de aplicação de Zn, seria via sementes, a qual possibilita melhor distribuição do fertilizante na área, atendendo a fase inicial de crescimento, caracterizado com sistema radicular pouco desenvolvido com pouca habilidade na aquisição do nutriente do solo. Uma desvantagem deste método de aplicação do micronutriente em sementes, seria maior risco de fitotoxicidade nas plântulas, uma fase sensível ao estresse.

Diante deste contexto, as informações sobre o modo mais adequado da aplicação do Zn na nutrição do arroz, ainda é incipiente na literatura, especialmente, estudos completos com os diferentes modos de aplicação, via solo, semente e foliar.

Frente ao exposto, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito residual de modos de aplicação de Zn sobre a nutrição e o crescimento inicial de plantas de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em casa-de-vegetação do Departamento de Solos e Adubos da FCAV/Unesp – câmpus de Jaboticabal, utilizando-se a cultura do arroz cv. Caiapó.

O solo utilizado no experimento foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, a qual recebeu aplicação previa de calcário calcinado (PRNT= 131%) incubado durante um período de 30 dias para elevar saturação por base a $V = 70\%$. Após incubação, o solo apresentou a seguinte composição química: pH (CaCl_2) = 5,3; M.O. = 17 g dm^{-3} ; P (resina) = 4 mg dm^{-3} ; K^+ = $0,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Ca^{+2} = $23 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg^{+2} = $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; (H+Al) = $22 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; SB = $27,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; T = $49,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; V = 56% e o Zn = $0,3 \text{ mg dm}^{-3}$ (em DTPA), considerado teor baixo, segundo Raij et al. (1997).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições, conforme indicado na Tabela 1. O experimento foi conduzido durante dois cultivos com o arroz, durante 42 dias, por Correia (2008) e o presente trabalho avalia o efeito residual no terceiro cultivo da cultura do arroz. Salienta-se que o tratamento com Zn incorporado foi aplicado apenas no primeiro cultivo e os demais (Zn na semente e Zn foliar) foram repetidos nos três cultivos.

Tabela 1. Modos de aplicação de Zn para cultura do arroz cv. Caiapó.

Tratamentos	Doses recomendadas
Zn via foliar ⁽¹⁾	Solução 0,6%
Zn via solo incorporado ⁽²⁾	4 mg Zn dm^{-3}
Zn via semente ⁽³⁾	$3,1 \text{ g Zn kg}^{-1}$ semente
Testemunha ⁽⁴⁾	0

⁽¹⁾ Solução de 0,6% de sulfato de Zn (23% de Zn), a ser aplicada via foliar duas vezes, com intervalos de 14 dias Galvão (2004), iniciando-se na segunda semana após a emergência. ⁽²⁾ Dose estabelecida como padrão por Fageria (2000) para cultura do arroz em condições de casa de vegetação. ⁽³⁾ Na semente foi utilizada a dose de 3,1g de Zn/kg de semente. ⁽⁴⁾ Tratamento que corresponde à testemunha, dose zero de Zn.

O tratamento com aplicação de zinco no solo, foram incorporados pela mistura do fertilizante com toda massa de solo. 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 arroz utilizando 15 sementes por vaso. Após a emergência foi realizado desbaste deixando quatro plantas de arroz por vaso conforme indicado por Fageria (2000).

Foi realizada a adubação básica para o arroz, baseada em Fageria (2000), com aplicação de $80 \text{ mg de N dm}^{-3}$ (uréia), $200 \text{ mg de P dm}^{-3}$ (superfosfato simples) e $180 \text{ mg de K dm}^{-3}$ dividida em duas aplicações, 36 mg dm^{-3} de K no plantio e 144 mg dm^{-3} de K após 15

dias da emergência da cultura na forma de (cloreto de potássio). Além desses nutrientes foram acrescentados os micronutrientes boro ($0,5 \text{ mg dm}^{-3}$), cobre ($1,5 \text{ mg dm}^{-3}$), Mn ($3,0 \text{ mg dm}^{-3}$), e Fe ($5,0 \text{ mg dm}^{-3}$), na forma de ácido bórico, sulfato de cobre, sulfato de manganês e sulfato de ferro, respectivamente, conforme indicação de Malavolta (1980) para ensaios em vaso. 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.

Aos 42 dias após a emergência, foram avaliadas as variáveis de crescimento: número de perfilhos e altura das plantas. Após essas determinações, foram colhidas à parte aérea das plantas, medindo a área foliar, com auxílio de um aparelho integrador de áreas portátil (LI-Cor modelo LI-3100). Posteriormente, 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 com os resultados da massa seca e do teor do micronutriente, calculou-se o acúmulo de Zn na parte aérea das plantas. As amostragens de solo foram realizadas após a colheita das plantas, na camada de (0-7,5 cm) de profundidade a partir de quatro pontos de amostragem por vaso. Após amostragem realizou determinações analíticas da fertilidade do solo, segundo método descrito por 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

Efeitos dos tratamentos no solo

Os teores de zinco no solo estão apresentados na Tabela 2. O modo de aplicação de zinco que proporcionou maior aumento dos teores deste nutriente no solo, foi o tratamento com a aplicação de zinco via solo incorporado, atingindo $1,05 \text{ mg dm}^{-3}$. Observa-se que este teor é considerado médio ($0,6\text{-}1,2 \text{ mg dm}^{-3}$) segundo Raij et al. (1997), entretanto, para Fageria (2000), está abaixo do considerado adequado (5 mg dm^{-3}) a cultura do arroz. Salienta-se que a aplicação de Zn incorporado, realizada no primeiro cultivo, e mesmo tendo perdas por adsorção no solo ou mesmo a extração pela cultura, foi suficiente no terceiro cultivo ter efeito residual, mantendo o teor na faixa de interpretação médio segundo Raij et al. (1997). O efeito residual do Zn no solo é amplamente relatado na literatura (RITCHEY et al., 1986; THIND et al., 1990).

Tabela 2. Efeitos dos modos de aplicação de zinco no teor do nutriente, na camada de 0-7,5 cm de profundidade, em planta de arroz cv. Caiapó, cultivados em vasos.

Tratamentos	Zn no solo (mg dm^{-3})
Zinco via foliar	0,45 ^b
Zinco via solo incorporado	1,05 ^a
Zinco via semente	0,40 ^b
Testemunha	0,30 ^b
Teste F	69,00 ^{**}
DMS	0,17
C.V. (%)	14,8

**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.

Os tratamentos com aplicação de Zn via foliar e na semente não diferiram da testemunha (Tabela 2). Estes resultados já eram esperados, pois no tratamento foliar não ocorreu o contato da calda pulverizada com o solo, já no tratamento das sementes, os níveis

de Zn depositados sobre as mesmas em contato com o solo eram relativamente pequenos. Melo et al. (1992) também não observou efeito residual do Zn no solo, com uso do tratamento de sementes com o micronutriente na cultura do feijão.

Efeitos dos tratamentos no crescimento e produção de matéria seca.

Os tratamentos com aplicação de zinco incorporada no solo e via sementes influenciaram significativamente na altura das plantas diferindo da testemunha. Apenas o tratamento com aplicação de Zn via foliar não diferiu da testemunha. Observa-se, que os tratamentos com aplicação de Zn não proporcionaram acréscimo no número de perfilhos das plantas de arroz (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito dos modos de aplicação de zinco na altura, no número de perfilho e na matéria seca da parte aérea de plantas de arroz cv. Caiapó.

Tratamentos	Altura (cm)	Número de Perfilho	Matéria seca parte aérea (g por planta)
Zinco via foliar	87,00 ^{ab}	3,26	2,41 ^a
Zinco via solo	90,00 ^a	3,55	2,60 ^a
incorporado			
Zinco via semente	87,75 ^a	3,05	2,52 ^a
Testemunha	82,25 ^b	2,88	2,00 ^b
Teste F	7,13 ^{**}	2,05 ^{ns}	8,81 ^{**}
DMS	5,12	0,84	0,37
C.V. (%)	2,8	12,6	7,6

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

Observou-se que todos tratamentos com aplicação de Zn proporcionaram acréscimo na produção de matéria seca de plantas de arroz, comparado com a testemunha. A resposta do arroz à aplicação de Zn, ocorreu pelo fato do baixo teor inicial de Zn no solo (<

0,5 mg dm⁻³), onde o fornecimento do nutriente independente da forma a ser fornecida incrementa os resultados de produção. Este efeito positivo do zinco no crescimento do arroz ocorre devido sua função nas plantas, pois a ausência de Zn nos tecidos foliares proporcionam uma redução de atividade da enzima RNase que hidrolisa o RNA, causando a diminuição da síntese protéica, atuando na multiplicação celular, proporcionando menor número e tamanho de células e reduzindo o comprimento de internódios (MALAVOLTA et al., 1986).

Fageria (2000) observou acréscimo de 36% de matéria seca na cultura do arroz, com aplicação de Zn no solo em comparação com a testemunha. A resposta positiva do arroz a aplicação de zinco é amplamente relatada na literatura em trabalhos de campo (BARBOSA FILHO et al., 1982, 1990; SCHÖFFEL; LÚCIO, 2002). Entretanto, esses resultados discordam dos encontrados por Marchezan et al. (2001) que em aplicações de zinco na cultura do arroz em área irrigada, via foliar não influenciou a produção de grãos.

Efeitos dos tratamentos na nutrição

Pelos resultados obtidos, observa-se que a aplicação de zinco foliar proporcionou maior teor de zinco na parte aérea das plantas, diferenciando dos demais tratamentos (Tabela 4). Nota-se que o teor de Zn na aplicação foliar foi alto, entretanto, não foi suficiente para promover sintomas de toxicidade, provavelmente por estar abaixo da faixa considerada tóxica para o arroz (673 mg kg⁻¹) (FAGERIA, 2000). Este alto teor de Zn foliar, pode ter recebido contribuição do Zn-fertilizante da superfície foliar, não absorvido, pois no procedimento da lavagem das folhas (solução HCl e água destilada), pode não ter proporcionado retirada total do micronutriente

das folhas, influenciando nos resultados da análise química. Este problema de contaminação das amostras submetidas à pulverização foliar foi ressaltado por Peryea (2005). O teor de Zn dos demais tratamentos não diferiram da testemunha, entretanto, é importante ressaltar que o tratamento com aplicação de Zn incorporado, atingiu teor próximo do considerado adequado (67 mg kg^{-1}) (FAGERIA, 2000).

Tabela 4. Efeito dos modos de aplicação de zinco no teor e no acúmulo do nutriente na parte aérea de plantas de arroz cv. Caiapó.

Tratamentos	Teor Zn (mg kg^{-1})	Acúmulo Zn (mg por planta)
Zinco via foliar	666,25 ^a	6,43 ^a
Zinco via solo incorporado	90,50 ^b	0,95 ^b
Zinco via semente	28,00 ^b	0,28 ^b
Testemunha	22,25 ^b	0,17 ^b
Teste F	129,60**	123,86**
DMS	114,81	1,13
C.V. (%)	27,1	27,5

**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.

O acúmulo do nutriente na planta, segue a mesma tendência obtida para o teor de Zn, onde o tratamento com aplicação de Zn via foliar diferiu significativamente dos demais tratamentos (Tabela 4).

CONCLUSÕES

A aplicação de Zn via solo incorporado proporcionou efeito residual no teor do micronutriente no solo.

A aplicação de Zn via foliar promoveu maior absorção do nutriente pelas plantas de arroz.

Os modos de aplicação de Zn via semente, foliar e solo foram semelhantes em

promover o incremento na produção de matéria seca de plantas de arroz.

REFERÊNCIAS

BARBOSA FILHO, M. P.; DYNIA, J. F.; ZIMMERMANN, F. J. P. Resposta do arroz de sequeiro ao zinco e ao cobre com efeito residual para o milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p. 333-338, 1990.

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; CARVALHO, J. R. P. Fontes de Zn 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. Interações entre calagem e Zn na absorção de nutrientes e produção de arroz de sequeiro em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 16, p. 355-360, 1992.

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

BARROW, N. J. Mechanisms of sorption of zinc in soil and soil components. In: ROBSON, A. D. (ed.) **Zinc in soils and plants**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p.15-31. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-011-0878-2_2

CORREIA, M.A.R. ; PRADO, R.M.; COLLIER, L.S.; ROZANE, D.E.; ROMUALDO, L.M. Modos de aplicação de zinco na nutrição e no crescimento inicial da cultura do arroz. **Bioscience Journal**, v.24, p.1-7,2008.

DECHEN, A. R.; NEVES, C. S. V. J. Aplicação foliar de nutrientes em citros. **Laranja**, v. 9, n. 1, p. 65-88, 1988.

EMBRAPA. **Trigo**. Indicações técnicas da comissão Sul-brasileira de pesquisa de trigo, 2003. Disponível em:

<<http://www.cnpt.embrapa.br/rcsbpt03/index.htm>>. Acesso em: 6 set. 2006

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de Zn 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. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662000000300014>

FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. Interação entre fósforo, Zn e calcário em arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 3, p. 88-92, 1979.

FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P.; LOPES, A. M. Resposta do arroz irrigado à aplicação de fósforo, Zn e calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, p. 72-76, 1977.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**: Embrapa Cerrados, 2004. Cap. 8, p. 185-226.

GALRÃO, E. Z. Métodos de correção da deficiência de Zn para o cultivo do milho num Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, n. 2, p. 229-233, 1994.

GALRÃO, E. Z.; SUHET, A. R.; SOUSA, D. M. G. Efeito de micronutrientes no rendimento e composição química do arroz (*Oryza sativa* L.) em solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 2, n. 2, p.129-132, 1978.

KORNDÖRFER, G. H.; EIMORI, I. E.; TELLECHEA, M. C. R. Efeito de técnicas de adição do Zn a fertilizantes granulados na produção de matéria seca do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 11, p. 329-332, 1987.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição de plantas. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA A. B. et al. (Eds). Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba**, [1986]. p. 165-275,

MARCHEZAN, E. et al. Adubação foliar com micronutrientes em arroz irrigado, em área sistematizada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 941-945, 2001.

MELO, E. F. Q. R. et al. Avaliação dos teores de Zn no solo e em feijoeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 3, p. 373-380, 1992.

MORAES, M. F. de et al. Resposta do arroz em casa de vegetação a fontes de micronutrientes de diferentes granulometria e solubilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 6, p. 611-614, 2004.

NATALE, W. et al. Resposta de mudas de goiabeira à aplicação de Zn. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 770-773, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452002000300052>

PERYEA, F. J. Sample washing procedures influence mineral element concentrations in zinc-sprayed apple leaves. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 36, p. 2923-2931, 2005. <http://dx.doi.org/10.1080/00103620500306098>

RAIJ, B VAN et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, SP: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

RAIJ, B. VAN.; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. In: RAIJ, B. Van. et al.

Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 46-49. (Boletim técnico, 100).

RAIJ, B.VAN. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 8-13. (Boletim técnico, 100).

RITCHEY, K. D. et al. Disponibilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e soja em latossolo vermelho-escuro argiloso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 21, n. 3, p. 215-225, 1986.

SCHÖFFEL, E. R.; LÚCIO, A. D. C. Comportamento de variedades de arroz sob diferentes doses de zinco aplicadas no solo. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 8, n. 1, p. 27-31, 2002.

THIND, S. S.; TAKKAR, P. N.; BANSAL, R. L. Chemical pools of zinc and the critical deficiency level for predicting response of corn to zinc application in alluvium derived alkaline soils. **Acta Agronômica Hungarica**, v. 39, p. 219-226, 1990.