

COMISSÃO IV - FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

RESPOSTA DO ARROZ DE SEQUEIRO AO ZINCO E AO COBRE COM EFEITO RESIDUAL PARA O MILHO⁽¹⁾

M. P. BARBOSA FILHO⁽²⁾, J. F. DYNIA⁽³⁾ & F. J. P. ZIMMERMANN⁽³⁾

RESUMO

Com o objetivo de estudar a interação entre Zn e Cu e avaliar a resposta do arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.), cv. Guarani, e do milho (*Zea mays* L.), cv. Ag 136, a esses nutrientes, efetuou-se um experimento em casa de vegetação, utilizando-se amostra superficial de um latossolo vermelho-escuro distrófico (LEd), sob vegetação de cerrado ainda não cultivado, cujo pH foi corrigido para 6,4. Aplicaram-se cinco doses de Zn (0, 1, 2, 6 e 18 mg kg⁻¹) como ZnSO₄·7H₂O e três de Cu (0, 1,5 e 4,5 mg kg⁻¹) como CuSO₄·5H₂O, em vasos com 6 kg de terra, em quatro repetições e dispostos em delineamento inteiramente casualizado. Houve resposta significativa à aplicação de Zn e à interação Zn x Cu quanto ao rendimento de grãos de arroz. O maior rendimento foi obtido com 6 mg de Zn kg⁻¹ de solo. Já para o milho cultivado após o arroz, houve resposta significativa apenas ao Zn aplicado antes do cultivo do arroz, quanto ao rendimento de matéria seca e ao comprimento médio dos internódios do colmo. Caracterizou-se, portanto, um efeito residual do Zn no solo. No tratamento testemunha, verificaram-se sintomas acentuados da deficiência de Zn tanto no arroz como no milho. Os extratores de Mehlich 1 e HCl 0,1N correlacionaram-se significativamente entre si, quanto aos teores de Zn encontrados no solo após o cultivo do arroz.

Termos de indexação: deficiência de Zn, oxissolo, interação entre nutrientes.

SUMMARY: RESPONSE OF UPLAND RICE TO ZINC AND COPPER WITH RESIDUAL EFFECT ON CORN

A greenhouse experiment was conducted to evaluate response of upland rice (*Oryza sativa* L. cv. Guarani) and corn (*Zea mays* L. cv. Ag 136) and to study Zn and Cu interaction in a Dark Red Latosol (oxisol) of "Cerrado" not yet cultivated. Soil was incubated for 30 days with a mixture of CaCO₃ + MgCO₃ in proportion of 4:1. Treatments consisted of 5 rates of Zn (0 - 1 - 2 - 6 and 18 mg kg⁻¹) applied as ZnSO₄·7H₂O and 3 rates of Cu (0 - 1.5 and 4.5 mg kg⁻¹) applied as CuSO₄·5H₂O. The experiment was conducted in plastic pots containing 6 kg of soil. The treatments followed a completely randomized design with four replications. A significant response to Zn application and to Zn x Cu interaction was observed in relation to grain yield of rice. Higher grain yield was obtained with 6 mg of Zn kg⁻¹ of soil. For corn cultivated after rice, there was a significant response to residual Zn for dry matter yield and average length of stem internodes. Severe Zn deficiency symptom were observed for rice as well as for corn, in the control treatments. Mehlich 1 and HCl 0.1N extractants correlated to each other significantly in relation to soil Zn content after cultivation of rice.

Index terms: Zn deficiency, oxisol, nutrient interactions.

(1) Recebido para publicação em outubro de 1989 e aprovado em setembro de 1990.

(2) Pesquisador da EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP) Caixa Postal 179, 74001 Goiânia (GO). Bolsista do CNPq.

(3) Pesquisador da EMBRAPA-CNPAP. CEP 74001 Goiânia (GO).

INTRODUÇÃO

O zinco é o micronutriente cuja deficiência mais tem limitado a produção de arroz de sequeiro no Brasil. A aplicação de pequenas quantidades (3 a 5kg por hectare) tem sido suficiente para corrigir a deficiência desse elemento no solo e causar um efeito residual por mais de quatro anos (Ritchey et al., 1986).

Em geral, essa deficiência ocorre porque o teor de Zn disponível no solo é insuficiente para suprir a necessidade da planta ou porque o orizicultor aplica quantidades relativamente altas de calcário, reduzindo, assim, a disponibilidade desse elemento para as plantas (Barbosa Filho & Fageria, 1980; Fageria & Zimmermann, 1979). Quando o produtor emprega doses elevadas de fertilizantes, ou faz uso indiscriminado de mistura de micronutrientes, poderá também ocorrer deficiência de Zn ou mesmo de outros micronutrientes, em consequência de um desbalanço entre os nutrientes, tanto na planta como no solo.

Yoshida et al. (1971) mostraram que plantas de arroz deficientes em Zn tinham no tecido teores mais elevados de Fe e Mn do que aquelas bem supridas com Zn. Outros autores (Schmid et al., 1965; Chaudhry & Loneragan, 1970, 1972; Chaudhry et al., 1973) relataram que o Zn diminuiu competitivamente a absorção de Cu pelas raízes, sendo esse efeito tanto maior quanto menor era o teor de Cu disponível. Por outro lado, Brar & Sekhon (1976) observaram que quando se aumentava a concentração de Cu no tecido, a absorção de Zn era menor, havendo, portanto, uma inibição competitiva do Cu sobre a absorção de Zn. Como tais estudos foram feitos em solução nutritiva, não se sabe se realmente o efeito antagônico ocorreria caso as plantas fossem cultivadas em solo.

Com base nessas informações, pode-se admitir a hipótese de que, em solos pobres em Zn disponível e com alta disponibilidade de Cu, seja do solo ou do adicionado através de fertilizantes, poderá ocorrer uma redução na absorção de Zn, agravando ainda mais sua deficiência para o arroz de sequeiro.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a resposta do arroz de sequeiro à aplicação dos micronutrientes Zn e Cu e o efeito residual de ambos para o milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado no trabalho foi caracterizado como latossolo vermelho-escuro distrófico, textura argilosa (Oxisolo), encontrando-se ainda em área sob vegetação de cerrado. Sua amostra foi coletada a uma profundidade de até 20cm e peneirada em malha de 5mm. Algumas de suas características granulométricas e químicas antes e depois da calagem são mostradas no quadro 1.

A calagem foi feita com 25g/vaso de uma mistura de $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ p.a. (relação 4 Ca: 1 Mg), quantidade recomendada para elevar o pH do solo a 6,4. O calcário foi incorporado a porções de 6kg de terra, por agitação manual, em sacos de polietileno. Após transferência para vasos plásticos, irrigou-se com água destilada, até atingir aproximadamente 70% da umidade de saturação, procurando-se mantê-la, em todo o período experimental, por regas diárias com água destilada, controladas pela pesagem dos vasos.

Antes do plantio do arroz, feito 30 dias após a calagem, efetuou-se a seguinte adubação básica em todos os tratamentos: 100mg de N kg^{-1} de solo como NH_4NO_3 ; 470mg kg^{-1} de solo de superfosfato triplo; 80mg de K kg^{-1} de solo como KCl; 1,0mg de B kg^{-1} de solo como bórax, e 0,15mg de Mo kg^{-1} de solo como $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. No início do aparecimento do primórdio floral, todos os tratamentos receberam mais 100mg de N kg^{-1} como NH_4NO_3 e 80mg de K kg^{-1} como KCl, na forma de solução. Usaram-se reagentes p.a. para calagem e adubação, com exceção do fósforo.

Os tratamentos constituíram-se num arranjo fatorial 5 x 3, correspondendo a cinco doses de zinco (0, 1, 2, 6 e 18mg de Zn kg^{-1} de solo) e três de cobre (0, 1,5 e 4,5mg de Cu kg^{-1} de solo), com quatro repetições por tratamento e dispostos em delineamento inteiramente casualizado. As fontes de Zn e Cu foram $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso com 6kg de solo, com cinco plantas de arroz, cultivar Guarani.

Aos 65 dias pós-emergência, o que correspondeu ao início da floração, colheram-se as plantas de uma repetição para análise. O material vegetal, após seco em estufa a 65-70°C, sofreu uma digestão ácida nitroperclórica na relação 2:1. Efetuaram-se determinações de Zn e Cu em espectrofotômetro de absorção atômica.

Quadro 1. Características granulométricas e químicas do solo antes e depois da calagem

Amostra	Areia ⁽¹⁾	Silte ⁽¹⁾	Argila ⁽¹⁾	M.O. ⁽²⁾	pH em H ₂ O	Cátions trocáveis				P ⁽⁴⁾	Cu ⁽⁴⁾	Fe ⁽⁴⁾	Mn ⁽⁴⁾	Zn ⁽⁴⁾
						Al ⁽³⁾	Ca ⁽³⁾	Mg ⁽³⁾	K ⁽⁴⁾					
						meq/100cm ³								
%														
Antes da calagem	38,4	9,8	51,8	2,0	4,9	1,2	0,4	0,4	47	2,2	1,5	120	23	1,0
Depois da calagem	...	...	...	1,8	6,4	0,1	5,4	1,9	37	1,3	1,2	78	20	0,9

(1) Método da pipeta. (2) Método Walkley-Black (Jackson, 1973). (3) KCl 1N. (4) Extração com H_2SO_4 0,025N + HCl + 0,05N.

As outras três repetições foram colhidas no final do ciclo, registrando-se o rendimento de grãos por planta e os teores de Zn e Cu na parte aérea e nos grãos. As raízes do arroz foram separadas do solo e o mesmo amostrado para análise de Zn e Cu. Os extratores usados foram HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N (Mehlich 1) e HCl 0,1N. Para ambos, utilizou-se a relação 1:10 (solo:solução). O solo foi agitado com a solução extratora por cinco minutos e passado em papel de filtro, determinando-se o Zn e o Cu por espectrofotometria de absorção atômica.

Para o cultivo do milho (Cv. Ag 136, obedeceu-se ao mesmo plano experimental utilizado para o arroz. A adubação consistiu em 100mg de N kg⁻¹ de solo como (NH₄)₂SO₄, 1,0g kg⁻¹ de solo de superfosfato triplo e 80mg de K kg⁻¹ como KCl.

Semearam-se dez sementes/vaso, deixando-se as cinco plantas mais uniformes e vigorosas uma semana após a emergência. Decorridos 36 dias da emergência, colheram-se as plantas, cortando-se rente ao solo e procedendo-se às seguintes determinações: produção de matéria seca por vaso, comprimento médio dos internódios, teor e quantidade de Zn e Cu na parte aérea.

Com os dados obtidos, efetuaram-se as análises da variância, com base no delineamento adotado e com desdobramento das interações significativas. Além disso, buscou-se conhecer a associação entre as variáveis por meio da correlação linear simples.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da variância de rendimento de grãos de arroz revelou efeito significativo para doses de Zn e interação Zn x Cu (Quadro 2). Uma análise dos dados indica que o Zn aumentou significativamente o rendimento de grãos de arroz e de matéria seca do milho, cultivado em seqüência ao arroz, até a dose de 6mg de Zn kg⁻¹ de solo. Com essa quantidade de Zn, atingiu-se o rendimento máximo, sem que houvesse diminuição de rendimento, mesmo na dose de 18mg de Zn kg⁻¹. Essa resposta das duas culturas ao Zn pode ser explicada pelo baixo teor de Zn "disponível" no solo (Quadro 1) e pelo aumento na sua absorção pelas plantas (Quadro 2).

A aplicação de Zn nas doses de 1 a 18mg de Zn kg⁻¹ de solo teve um efeito residual significativo sobre a produção de matéria seca e absorção de Zn pelo milho (Quadro 2). Após o cultivo do arroz, o teor de Zn "disponível" estimado pelos extratores de Mehlich 1 e HCl 0,1N no tratamento testemunha (Quadro 3) diminuiu em relação ao teor inicial do solo (Quadro 1), o que é atribuído à remoção do Zn.

De acordo com Lopes (1983), o nível crítico de Zn no solo é de 1 ppm e, na planta do arroz e do milho, segundo Malavolta & Kliemann (1985), de 20 ppm. A interpretação dos dados, baseada nesses teores, indica que 1mg de Zn kg⁻¹ de solo foi suficiente para atingir o nível crítico no solo (Quadro 3). Já na planta, embora o nível considerado adequado pelos autores ter sido atin-

Quadro 2. Efeito do Zn e do Cu sobre a produção de grãos de arroz, produção de matéria seca de milho, concentração e quantidade absorvida de Zn e Cu pela parte aérea do arroz até a floração e milho até aos 36 dias de idade

Tratamentos		Arroz				Milho					
Zn	Cu	Grãos	Zn	Cu	Zn	Cu	Matéria seca	Zn	Cu	Zn	Cu
mg kg ⁻¹		g/planta	— ppm —		— µg/planta —		g/planta	— ppm —		— µg/planta —	
0	0,0	4,2	8	7	30	26	2,4	13	8	19	19
1	0,0	8,4	12	7	76	44	6,4	13	5	62	25
2	0,0	8,4	15	7	104	48	6,2	12	3	56	18
6	0,0	9,2	35	7	258	52	7,0	16	3	85	20
18	0,0	9,2	70	7	504	50	7,0	37	3	143	23
0	1,5	5,7	8	9	28	32	2,8	14	8	24	26
1	1,5	8,3	13	6	90	42	6,3	14	3	63	22
2	1,5	9,0	12	8	78	52	5,8	16	3	57	33
6	1,5	9,1	36	8	246	56	6,6	17	3	79	21
18	1,5	9,0	64	7	446	50	6,4	40	4	127	18
0	4,5	7,2	12	8	68	46	4,2	13	8	33	35
1	4,5	8,0	13	7	86	46	6,0	13	4	56	26
2	4,5	8,2	10	9	62	56	4,6	11	5	60	28
6	4,5	9,1	34	10	238	70	4,6	22	4	81	26
12	4,5	8,6	82	8	570	56	6,2	35	4	163	23
F Zn		45,70**	—	—	—	—	30,96**	—	—	77,43**	0,50ns
F Cu		1,80ns	—	—	—	—	0,38ns	—	—	1,25ns	1,51ns
F Zn x Cu		4,39**	—	—	—	—	1,70ns	—	—	1,00ns	0,71ns
C.V. (%)		7,61	—	—	—	—	15,96	—	—	23,37	47,77

*, **: significativo ao nível de 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F. ns: não significativo.

Quadro 3. Teores de Zn e Cu extraídos do solo após a colheita do arroz, pelos extratores de Mehlich 1 e HCl 0,1N

Tratamentos		Mehlich 1		HCl 0,1N	
Zn	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu
—mg/kg—		ppm			
0	0,0	0,40	0,93	0,6	1,5
1	0,0	1,13	0,96	1,0	1,6
2	0,0	1,76	0,90	1,9	1,9
6	0,0	4,60	0,96	5,0	1,9
18	0,0	10,20	0,86	10,9	1,9
0	1,5	0,55	1,86	0,6	2,8
1	1,5	1,36	1,56	1,6	2,4
2	1,5	1,80	2,03	1,9	3,2
6	1,5	3,93	1,86	4,6	3,2
18	1,5	9,76	1,66	10,0	2,8
0	4,5	0,73	4,20	1,0	5,9
1	4,5	1,80	7,60	2,0	6,7
2	4,5	2,66	3,06	2,7	4,4
6	4,5	4,66	4,23	5,2	5,7
18	4,5	12,23	3,10	13,0	4,1
F Zn		83,57**	6,97**	86,46**	4,89*
F Cu		1,89ns	111,42**	1,95ns	103,08**
F Zn x Cu		0,47ns	8,10**	0,60ns	7,39**
C.V. (%)		35,11	28,09	33,88	23,17

*, **: Significativo ao nível de 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F.
ns: não significativo.

gido somente quando a dose de Zn aplicada foi de 6mg de Zn kg⁻¹ de solo para o arroz e 18mg de Zn kg⁻¹ para o milho, os tratamentos com Zn não diferiram entre si, mas apenas da testemunha, quanto à variável rendimento das duas culturas. Apesar de o Zn ter sido analisado em toda a parte aérea e não apenas nas folhas, tais resultados sugerem que o nível crítico de Zn na planta de milho provavelmente esteja abaixo do sugerido por Malavolta & Kliemann (1985).

Quanto ao Cu, observou-se que doses crescentes, na ausência do Zn, estimularam a absorção deste último, a qual, associada a um maior rendimento das culturas, resultou em maior quantidade de Zn acumulada (Quadro 2), caracterizando uma interação significativa entre os dois elementos. Tal interação é explicada pela substituição parcial do Zn pelo Cu nos sítios de troca dentro da planta, ou pelo deslocamento do Zn complexado na matéria orgânica pelo Cu, porquanto este forma complexos de maior grau de estabilidade com os ácidos húmicos e fúlvicos da matéria orgânica do que o Zn (Steverson & Ardaani, 1972).

Esse deslocamento pode ainda ocorrer no complexo mineral do solo, devido à quantidade elevada de Cu aplicada (ação de massa). Comparando-se os teores de Zn extraídos do solo pelos extratores de Mehlich 1 e HCl 0,1N, nos tratamentos sem Zn e com doses crescentes de Cu (Quadro 3), constata-se que, de fato, houve um aumento nos teores de Zn após a colheita em relação à testemunha.

Outro aspecto interessante é que, para o arroz, não houve efeito de diluição do Cu absorvido, em consequência da alta resposta dessa cultura ao Zn, ao passo que, no milho, a resposta ao Zn diminuiu drasticamente os teores de Cu na parte aérea (de 8 ppm na ausência de Zn para 3-4 ppm quando se adubou com Zn), indicando que houve forte efeito de diluição do Cu absorvido e menor necessidade deste nutriente pelo milho.

Para o arroz, na adubação com Zn, não houve resposta à adubação com Cu, presumindo-se que não houve efeito antagonístico entre ambos os nutrientes. Portanto, o fato de que a aplicação de Zn em solos pode diminuir o teor de Cu nas plantas, diminuindo consequentemente o rendimento das culturas, não se confirmou neste trabalho. Tais resultados discordam dos de Schmid et al. (1965) e Chaudhry et al. (1973), os quais mostram que a aplicação de Zn diminuiu significativamente o teor de Cu em plantas de aveia e arroz. A divergência dos resultados pode ser atribuída ao método utilizado nos estudos. Enquanto aqueles autores trabalharam em solução nutritiva e com raízes destacadas, no presente trabalho utilizou-se um solo com pH corrigido para 6,4.

A resposta do milho ao Zn fica mais evidente quando se observa o comprimento médio dos internódios em função do Zn aplicado (Figura 1). Houve resposta ao Zn e à interação Zn x Cu, interação essa explicada pela falta de resposta ao Zn na dose mais elevada de Cu (4,5mg de Zn kg⁻¹ de solo), ao passo que, na dose de 1,5mg de Cu kg⁻¹ de solo, ou na sua ausência, o Zn aumentou significativamente o comprimento dos internódios do colmo do milho. Tal resultado se explica pela função do Zn na planta. Sua deficiência condicionou mau crescimento das plantas, devido à formação de internódios curtos, folhas pequenas, conforme se pode observar pelos dados de rendimento de matéria seca (Quadro 2). Resultados semelhantes foram verificados por Galvão & Mesquita

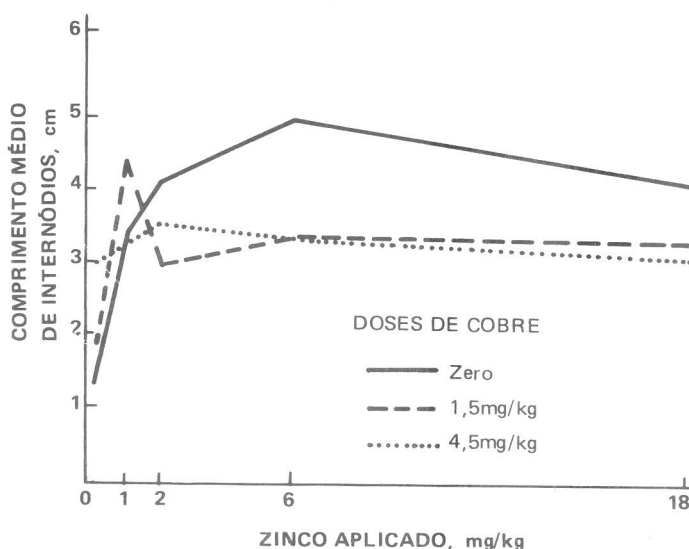


Figura 1. Efeito do Zn no comprimento médio dos internódios do milho.

Quadro 4. Coeficiente de correlação linear entre produção de grãos de arroz, teor de Zn e Cu nos grãos e teores desses nutrientes extraídos por dois extratores em amostras de solo dos diferentes tratamentos

Parâmetro	Zinco no solo		Cobre no solo	
	Mehlich 1	HCl 0,1N	Mehlich 1	HCl 0,1N
Produção de grãos de arroz	0,439*	0,452**	0,032ns	0,038ns
Zn nos grãos de arroz	0,801**	0,809**	...	...
Cu nos grãos de arroz	-0,197ns	-0,166ns	0,195ns	0,218ns
Zinco no solo (HCl 0,1N)	0,996**	...	...	...
Cobre no solo (HCl 0,1N)	...	...	0,986**	...

*, **: significativo ao nível de 1 e 5%, respectivamente, pelo teste t. ns: não significativo.

Filho (1981) e Ritchey et al. (1986) em solo de cerrado, cujo maior rendimento de milho foi obtido com 9kg de Zn/ha como ZnSO₄.

Os teores de Zn e Cu disponíveis, determinados com os extratores de Mehlich 1 e HCl 0,1N foram correlacionados com o rendimento de grãos e teores de Zn e Cu nos grãos de arroz (Quadro 4). Embora os coeficientes de correlação para rendimento de grãos tenham sido baixos, houve correlação positiva e significativa entre esses parâmetros. Os baixos coeficientes podem ser explicados pela menor eficiência dos extratores em extrair o Zn disponível em solos que recebem calcário, em relação aos que não o recebem, por ser a calagem um dos fatores que mais afetam a disponibilidade de Zn para o arroz de sequeiro. Resultado semelhante foi encontrado por Lantmann & Meurer (1980), quando relacionaram as quantidades de Zn absorvidas pelo trigo com as extraídas de dez solos submetidos à calagem: verificaram nessas condições (com calcário), que os extratores EDTA 0,1M + (NH₄)₂CO₃ 1M e HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N (Mehlich 1) foram menos eficientes em associar o Zn absorvido pelas plantas com o extraído dos solos.

O teor de Zn extraído do solo mostrou um grau de associação maior com o teor de Zn no grão (0,801 e 0,809), indicando que 64 e 65% da sua variação no grão poderia ser explicada pelo Zn extraível do solo, quando se utilizaram os extratores de Mehlich 1 e HCl 0,1N respectivamente. Já no caso do Cu, os coeficientes de correlação que indicam o grau de associação entre os parâmetros estudados não foram significativos, pois não houve resposta do arroz ao Cu.

Como se observa ainda no quadro 4, os teores de Zn e Cu extraídos do solo pelo extrator de Mehlich 1 mostraram uma correlação altamente significativa (0,996** e 0,986**) com os teores desses nutrientes extraídos pelo extrator HCl 0,1N.

CONCLUSÕES

1. Houve resposta do arroz à aplicação de Zn e à interação Zn x Cu. O rendimento máximo de grãos de arroz foi obtido com a aplicação de 6mg de Zn por quilograma de solo.

2. Houve resposta do milho, num segundo cultivo, ao Zn aplicado antes do cultivo do arroz, em termos de matéria seca produzida e comprimento médio dos internódios do colmo.

3. A resposta do milho ao Zn caracterizou o efeito residual do Zn aplicado antes do cultivo do arroz.

4. Não ficou caracterizada uma resposta direta do arroz e do milho ao Cu.

5. Os extratores de Mehlich 1 e HCl 0,1N correlacionaram significativamente entre si, quanto à extração de Zn do solo.

LITERATURA CITADA

- BARBOSA FILHO, M.P. & FAGERIA, N.K. Ocorrência, diagnose e correção da deficiência de zinco na cultura de arroz de sequeiro. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1980. 18p. (Circular Técnica, 4)
- BRAR, M.S. & SEKHON, G.S. Interaction of zinc with other micronutrient cations. I. Effect of copper on zinc⁶⁵ absorption by wheat seedlings and its translocation within the plants. *Pl. Soil*, The Hague, 45:137-143, 1976.
- CHAUDHRY, F.M. & LONERAGAN, J.E. Effects of nitrogen, copper, and zinc fertilizers on the copper and zinc nutrition of wheat plant. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, 21:865-879, 1970.
- CHAUDHRY, F.M. & LONERAGAN, J.E. Zinc absorption by wheat seedlings. I. Inhibition by macronutrient ions in short-term experiment and its relevance to long-term zinc nutrition. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, 36:323-327, 1972.
- CHAUDHRY, F.M.; SHARIF, M.; LATIF, A. & OURESHI, R.H. Zinc-copper antagonism in the nutrition of rice (*Oryza sativa* L.). *Pl. Soil*, The Hague, 38:573-580, 1973.
- GALRÃO, E.Z. & MESQUITA FILHO, M.V. de. Efeito de micronutrientes na produção e composição química do arroz (*Oryza sativa* L.) e do milho (*Zea mays* L.) em solo de cerrado. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 5:72-75, 1981.
- FAGERIA, N.K. & ZIMMERMANN, F.J.P. Interação entre fósforo, zinco e calcário em arroz de sequeiro. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 3(2):88-92, 1979.
- LANTMANN, A.F. & MEURER, E.J. Avaliação da disponibilidade de zinco no solo através de soluções extratoras. *Agron. Sulriogr.*, Porto Alegre, 16(2):323-330, 1980.

- LOPES, A.S. Solos sob "cerrado"; características, propriedades e manejo. Piracicaba, Instituto Potassa & Fósforo (EUA) e Instituto da Potassa & Fósforo, 1983. 162p.
- MALAVOLTA, E. & KLIEMANN, H.J. Desordens nutricionais no cerrado. Piracicaba, Potafos, 1985. 136p.
- RITCHIEY, 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. Pesq. agropec. bras., Brasília, 21(3):215-225, 1986.
- SCHMID, W.E.; HAAG, H.P. & EPSTEIN, E. Absorption of zinc by excised barley roots. *Physiol. Plantarum*, 18:860-869, 1965.
- STEVERSON, F.J. & ARDAKANI, M.S. Organic matter reactions involving micronutrients in soil. In: MORTVEDT, J.J.; GIOR-DANO, P.M. & LINDSAY, W.L., ed. *Micronutrients in Agriculture*. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p.79-114.
- YOSHIDA, S.; FERNOS, D.A. & BRADRACHALAM, A. Zinc deficiency of the rice plant on calcareous and neutral soils in the Philippines. *Soil Sci. Plant Nutrition*, 17:83-87, 1971.