

RESPOSTA DO TRIGO À APLICAÇÃO DE COBRE EM UM SOLO ORGÂNICO DE VÁRZEA⁽¹⁾

E. Z. GALRÃO⁽²⁾

RESUMO

Efetuou-se um experimento de campo num solo orgânico de várzea, visando avaliar o efeito do cobre no rendimento do trigo. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de cinco doses de cobre (0, 2, 4, 8 e 16kg/ha), aplicadas a lanço, na forma de sulfato e apenas no primeiro cultivo. A testemunha apresentou a menor produção de grãos e o maior grau de incidência de esterilidade masculina, e diferiu significativamente, nesses dois parâmetros, dos tratamentos que receberam cobre, que, por sua vez, não diferiram entre si. A dose de 2kg/ha de cobre aumentou a produção de grãos em 1.012, 1.536, 976 e 1.228kg/ha, e reduziu a esterilidade masculina 76, 72, 74 e 64% respectivamente, no primeiro, segundo, terceiro e quarto cultivo. Ao contrário do extrator de Mehlich 1, os extractores de Mehlich 3, DTPA e HCl 0,1N (com exceção do primeiro cultivo), apresentaram boa capacidade de avaliação da disponibilidade de cobre do solo para o trigo.

Termos para indexação: Cobre, esterilidade masculina, trigo, solo orgânico, várzea.

SUMMARY: WHEAT RESPONSE TO COPPER IN AN ORGANIC PADDY SOIL

A field experiment was carried out in an organic paddy soil to evaluate the effect of copper on wheat yield. The experiment was arranged in a randomized complete block design, with four replications. The treatments consisted of five levels of copper (0, 2, 4, 8, 16 kg/ha), which were broadcast as copper sulphate. All treatments were only applied for the first crop. The treatment with no copper produced the lowest yield, and presented the highest level of male sterility, and was significantly different, in these two parameters, from the others. No significant differences in yield or male sterility were observed among treatments that received copper. The 2 kg/ha level of copper increased the grain yield in the first, second, third and fourth crops by 1,012; 1,536; 976 and 1,288 kg/ha, and reduced the male sterility by 76, 72, 74 and 64%, respectively. In contrast to the Mehlich 1 extractant, the extractants Mehlich 3, DTPA and HCl 0.1N (except for the first crop), were effective in evaluating soil copper availability for wheat.

Index terms: Copper, male sterility, wheat, organic paddy soil.

INTRODUÇÃO

Entre as áreas a serem incluídas ao processo produtivo, acham-se as várzeas, que, na região dos Cerrados, ocupam uma área de aproximadamente 11.920.000ha (Brasil, 1980). Um estudo em casa de vegetação, com dez solos dessas várzeas, mostrou que em três deles, sendo um orgânico, houve aumento na produção de matéria seca da soja, pelo emprego de cobre (Galrão et al. 1984). Aumentos na produção de grãos de trigo pela aplicação de cobre, em solos orgânicos, foram obtidos por Younts (1964), Barnes & Cox (1973) e Varvel (1983). Este trabalho é continuação do iniciado por Galrão & Sousa (1985) (primeiro cultivo), e tem como objetivo avaliar a resposta do trigo à aplicação de cobre num solo orgânico de várzea.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido num solo orgânico (Serviço Nacional..., 1978) da várzea do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Planaltina (DF). No início do experimento, a análise do solo (0-20cm de profundidade) indicou 19% de M.O.; pH 5,2 (1:1); 1,4 meq/100ml de Al³⁺; 8,3 ppm de P; 22 ppm de K⁺; 15 ppm de Fe; 1,5 ppm de Mn; 0,9 ppm de Zn; 0,07 ppm de B; traços de Cu; 23% de argila; 19% de silte; 46% de areia fina e 12% de areia grossa. As determinações do pH, Al³⁺, Ca²⁺ + Mg²⁺, P e K⁺ foram feitas conforme Brasil (1966). Os teores de Fe, Mn e Zn foram extraídos pelo método de Mehlich 1, e determinados por espectrofotometria de absorção atômica. O B foi extraído segundo Gupta (1967).

⁽¹⁾ Recebido para publicação em maio e aprovado em setembro de 1988.

⁽²⁾ Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), EMBRAPA, Caixa Postal 70.0023, CEP 73300 Planaltina (DF).

e determinado pelo método da azometina H. A matéria orgânica foi determinada conforme Jackson (1964). A análise granulométrica foi feita segundo o Serviço Nacional.. (1979). Na determinação do cobre, usaram-se os extratores de Mehlich 1 ($HCl\ 0,05\ N + H_2SO_4\ 0,025N$), o $HCl\ 0,1N$, o DTPA (ácido dietileno-triamino-pentacético), de acordo com Lindsay & Norvell (1969) e o Mehlich 3 (Makarin & Cox, 1983), nas relações solo:solução de 1:10, 1:10, 1:2 e 1:10 respectivamente, com quinze minutos de agitação para o primeiro e segundo, duas horas para o terceiro e cinco minutos para o quarto extrator.

Trinta e quatro dias antes da semeadura incorporaram-se 15,2t/ha de calcário dolomítico mediante enxada rotativa de um microtrator. Usou-se calcário com 59,5% de PRNT, 32,9% de CaO e 16,9% de MgO, efetuando-se quatro cultivos nas estações secas de 1984, 1985, 1986 e 1987. A adubação básica do primeiro cultivo, feita trinta dias após o emprego do calcário, constou da aplicação, a lanço, por hectare, de 750kg da fórmula 02-30-15, 57kg de uréia (45% de N), 833kg de superfosfato simples (21% de P_2O_5), 25,9kg de sulfato de zinco (23,2% de Zn), 28,6kg de sulfato de manganês (28% de Mn) e 10,5kg de bórax (11,0% de B). No segundo, terceiro e quarto cultivos, a adubação básica foi constituída, respectivamente, de 667kg/ha da fórmula 02-30-15, 700kg/ha da fórmula 0-20-20 e 1.250kg/ha da fórmula 04-14-08.

Os tratamentos - 0, 2, 4, 8 e 16kg/ha de Cu - foram distribuídos a lanço, na forma de sulfato, apenas no primeiro cultivo. Cada dose foi previamente misturada com 5kg de solo seco do próprio experimento, visando obter uma distribuição mais homogênea do micronutriente. A incorporação dos fertilizantes foi feita com o auxílio de enxada rotativa.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições.

Semeou-se o trigo (var. BR-10) em parcelas constituídas de quinze linhas com 6m de comprimento, espaçadas de 0,2m, com o auxílio de uma plantadeira manual, a uma densidade de, aproximadamente, oitenta sementes por metro linear de sulco. No primeiro, segundo, terceiro e quarto cultivos, a adubação nitrogenada em cobertura foi feita, respectivamente, aos 20, 21, 34 e 38 dias após a semeadura. Aplicaram-se, em cada cultivo, 155kg/ha de uréia (45% de N). No início do espigamento, fez-se a coleta de uma amostra de cerca de cem plantas por parcela, retirando-se a folha-bandeira de cada planta, para a análise química. As amostras foram secas em estufa a 65°C por 72 horas e moídas, efetuando-se as colheitas aos 120 dias, aproximadamente, da semeadura. Colheram-se as nove fileiras centrais de cada parcela, deixando-se 0,5m nas extremidades como bordadura. A área útil de cada parcela foi de 9m² (1,8 x 5m). Na determinação da ocorrência da esterilidade masculina, amostraram-se ao acaso, na colheita, trinta espigas por parcela. Em cada espiga, determinou-se o número de espiguetas com e sem grãos. Do total dessas espiguetas, calculou-se a porcentagem de ocorrência da esterilidade masculina por parcela. O método de irrigação usado foi o de subirrigação, ou seja, a vazão do dreno era controlada de maneira que o lençol freático ficasse aproximadamente a 15cm da superfície do solo.

Na análise da folha, para a determinação de P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu e Mn, a digestão das amostras foi feita por via úmida com ácido sulfúrico e água oxigenada. Determinaram-se concentrações de Ca, Mg, Zn, Fe, Cu e Mn por espectrofotometria de absorção atômica; a de K, por fotometria de chama, e a de P conforme Murphy & Riley (1962). A determinação de N foi feita segundo Bremner & Keeny (1965). Após cada colheita, efetuou-se amostragem do solo (0-20cm de profundidade), coletando-se vinte subamostras por parcela. As determinações de pH, Al^{3+} , $Ca^{2+} + Mg^{2+}$, K^+ e P foram feitas consoante referido.

Quadro 1. Produção de grãos, esterilidade masculina, peso de mil grãos e peso hectolítico de trigo em resposta às doses de cobre⁽¹⁾. Médias de quatro repetições

Cu aplicado kg/ha	Cultivo							
	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º
Produção de grãos (kg/ha)⁽²⁾								
0	3280a	4242a	2633a	3910a	18,4a	15,9a	11,2a	12,4a
2	4292b	5778b	3609b	5138b	4,3b	4,4b	2,9b	4,5b
4	4175b	5793b	3828b	5040b	4,9b	4,8b	3,2b	4,0b
8	4097b	5400b	3692b	5166b	4,5b	4,7b	3,8b	3,0b
16	4507b	5467b	3745b	5236b	4,0b	4,3b	3,3b	2,9b
CV%	11,2	10,9	8,5	9,3	23,3	38,5	28,1	20,7
Peso de mil grãos (g)⁽²⁾								
0	46,1a	42,8a	46,3a	47,3a	80,30a	80,37a	78,94a	79,92a
2	46,6a	44,2a	46,0a	50,1a	81,40a	80,59a	78,89a	80,87a
4	43,9a	40,4a	46,4a	46,2a	80,77a	78,92a	78,75a	79,41a
8	45,1a	41,7a	47,3a	48,5a	80,86a	79,31a	77,95a	80,42a
16	45,6a	39,2a	47,8a	50,0a	81,21a	78,35a	78,36a	80,25a
CV%	4,5	7,8	2,8	4,7	1,0	1,8	1,0	1,9
Peso hectolítico (kg/hl)⁽²⁾								
0	80,30a	80,37a	78,94a	79,92a				
2	81,40a	80,59a	78,89a	80,87a				
4	80,77a	78,92a	78,75a	79,41a				
8	80,86a	79,31a	77,95a	80,42a				
16	81,21a	78,35a	78,36a	80,25a				

(1) Em cada coluna, as médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

(2) 13% de umidade.

Na obtenção das equações, usou-se o método dos mínimos quadrados, e sua escolha baseou-se nos coeficientes de determinação (R^2) e de variação, observando-se a significância do modelo pelos testes F e T para os parâmetros estimados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito da aplicação do cobre no peso de mil grãos e no peso hectolítico (Quadro 1). Por outro lado, os tratamentos que o receberam diferiram significativamente da testemunha, mas não entre si, na produção de grãos e na redução da ocorrência da esterilidade masculina (chochamento). Assim, a menor dose de cobre, 2kg/ha, aplicada a lanço, apenas por ocasião do primeiro cultivo, foi suficiente para aumentar a produção de grãos em 1.012, 1.536, 976 e 1.228kg/ha, e reduzir a esterilidade masculina 76, 72, 74 e 64%, respectivamente, no primeiro, segundo, terceiro e quarto cultivos.

Esse fato confirma o prolongado efeito residual do cobre para a cultura do trigo, mencionado nos trabalhos de Pizer et al. (1966) e Gartrell (1980). Outros autores também obtiveram aumentos na produção do trigo, em solos orgânicos, com a aplicação de cobre: Younts (1964), Barnes & Cox (1973) e Varvel (1983), com aumentos de 2.800, 2.870 e 1.035kg/ha de grãos de trigo respectivamente. Apenas no trabalho de Barnes & Cox (1973), foram mencionados "problemas ocasionais com polinização" nas plantas da testemunha.

Segundo revisão de Graham & Nambiar (1981), a esterilidade masculina, dependendo da sua intensidade, pode provocar no trigo reduções de 50 a 100% na produção de grãos.

O quadro 1 mostra que a menor produção da testemunha foi devida em parte à sua maior suscetibilidade à esterili-

dade masculina. Assim, considerando-se os quatro cultivos, a média de esterilidade masculina da testemunha foi de 14,4% e dos tratamentos que receberam cobre, 3,9%. As plantas da testemunha, além de serem menores que as dos demais tratamentos, apresentaram, logo após o enchimento de grãos, as espigas viradas em direção ao solo. Esse sintoma é uma indicação de deficiência moderada de cobre do solo (King, 1974; Gartrell et al., 1979), causado pela produção insuficiente de lignina (Graham & Nambiar, 1981). Presume-se, portanto, que o aumento na produção de grãos causado pela aplicação do cobre se deva à sua ação na redução da esterilidade masculina como também no aumento da parte vegetativa da planta.

Os teores de cobre da folha encontram-se no quadro 2.

Em tabelas apresentadas por Malavolta & Kliemann (1985) e Jones Junior (1973), a faixa de suficiência de cobre

Quadro 2. Teores de cobre na folha de plantas de trigo cultivadas no experimento(1). Médias de quatro repetições

Cu aplicado	Cultivo				
	1º	2º	3º	4º	
kg/ha		ppm			
0	3,3c	2,1c	2,0d	2,7d	
2	5,0b	3,0bc	3,6c	3,5cd	
4	5,1b	4,1b	4,1c	4,4c	
8	6,8a	6,6a	5,3b	5,4b	
16	7,0a	6,8a	6,4a	6,8a	
CV%	15,6	19,7	22,5	12,5	

(1) Em cada cultivo, as médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

Quadro 3. Teores de cobre extraídos do solo por quatro extratores, após cada cultivo⁽¹⁾. Médias de quatro repetições

Cu apli- cado	Cultivo								
	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	
kg/ha		HCl 0,1N (ppm)				Mehlich 1 (ppm)			
0	0,3d	0,1c	0,1b	0,4c	0,2b	0,1b	0,1c	0,1b	
2	0,3d	0,3c	0,1b	0,4c	0,2b	0,1b	0,1c	0,1b	
4	0,4c	0,4c	0,1b	0,5b	0,2b	0,1b	0,3bc	0,1b	
8	0,5b	0,8b	0,2b	0,6b	0,3a	0,2ab	1,0a	0,2a	
16	0,6a	1,2a	0,3a	0,7a	0,3a	0,4a	0,6b	0,2a	
CV%	18,9	37,1	38,2	25,7	31,6	40,2	39,3	30,1	
Média	0,4	0,5	0,2	0,5	0,2	0,2	0,4	0,1	
		Mehlich 3 (ppm)				DTPA (ppm)			
0	0,2c	0,4c	0,3c	0,3c	0,5d	0,6c	0,6c	0,6d	
2	0,5c	0,6c	0,4c	0,4c	1,0dc	1,1c	1,0bc	0,7cd	
4	0,7bc	0,8c	1,2b	0,5bc	1,3c	1,5bc	1,4b	0,9bc	
8	1,2b	1,4b	2,1a	0,6ab	2,0b	2,1b	2,2a	1,0b	
16	2,2a	2,5a	1,8ab	0,7a	2,5a	4,7a	2,4a	1,2a	
CV%	39,0	35,0	44,0	29,7	23,0	29,1	31,6	22,8	
Média	1,0	1,1	1,1	0,5	1,5	2,0	1,5	0,9	

(1) Em cada coluna e para cada extrator, as médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

é a que varia de 5 a 20 ppm. A interpretação baseada nessa faixa daria como deficientes alguns tratamentos do segundo, terceiro e quarto cultivos que receberam cobre. Esses tratamentos, conforme se pode observar no quadro 1, não diferiram significativamente entre si, mas apenas da testemunha, quanto à produção de grãos. Isso mostra as limitações das interpretações baseadas nessas tabelas que, conforme seus autores, dão apenas uma indicação geral do estado nutricional das plantas. Segundo Munson & Nelson (1973), muitas variáveis influenciam a composição mineral da folha, como a época de amostragem, tipo de folha, cultivares, condições de solo (fertilidade, umidade, temperatura), clima. Isso evidencia a necessidade de realizar, em nosso meio, pesquisas específicas, visando obter faixas de suficiência dos diversos elementos, principalmente dos micronutrientes.

Considerando-se os quatro cultivos, os teores de cobre solúveis nos quatro extratores obedeceram à seguinte ordem decrescente: DTPA, Mehlich 3, HCl 0,1N e Mehlich 1 (Quadro 3). Presume-se que o DTPA tenha extraído mais cobre que o Mehlich 3 por possuir um agente complexante mais concentrado (0,005 mol/l de DTPA) do que o usado no Mehlich 3 (0,001 mol/l de EDTA), enquanto o HCl 0,1N extraiu mais cobre do que o Mehlich 1 por ser o seu extrato mais ácido (0,1 mol/l de H⁺) do que o do Mehlich 1 (0,075 mol/l de H⁺).

As relações entre as doses de cobre aplicadas no solo e os teores solúveis nos extratores encontram-se no quadro 4.

Os coeficientes de determinação (R^2), com exceção daquele para o extrator de Mehlich 1 do primeiro cultivo, variaram de 0,65 a 0,99, sendo a maioria superior a 0,81. Desse modo, pelo menos 81% da variação dos teores de cobre solúveis nos extratores é explicada pela regressão teores/doses de cobre, o que mostra que os extratores apresentaram boa capacidade de diferenciação entre as doses de cobre aplicadas ao solo. Da mesma maneira, a associação entre os teores de cobre da folha com as doses de cobre foi boa, pois os coeficientes de determinação (R^2) variaram de 0,73 a 0,99 (Quadro 5). Portanto, a planta também apresentou boa capacidade de diferenciação entre as doses de cobre aplicadas no solo.

Apesar de os teores de cobre solúveis nos extratores e dos teores de cobre da folha terem apresentado alto grau de associação com as doses de cobre, a produção de grãos apresentou baixo grau de associação com essas variáveis (Quadros 4 e 5). No caso da associação com os teores de cobre do solo, os coeficientes de determinação (R^2) foram todos abaixo de 0,49, e, no caso da associação com teores de cobre da folha, os coeficientes de determinação (R^2) foram todos abaixo de 0,33, observada a significância do modelo pelo teste F ($p > 0,05$). Presume-se que isso tenha ocorrido porque não houve diferença significativa na produção de grãos, entre os tratamentos que receberam cobre (Quadro 1), ao passo que tanto os teores de cobre solúveis nos extratores como os da folha variaram de acordo com as doses de cobre aplicadas ao solo (Quadros 4 e 5).

CONCLUSÕES

1. A deficiência de cobre provocou a esterilidade masculina no trigo.

Quadro 4. Equações de regressão simples e coeficientes de determinação (R^2), entre os teores de cobre extraídos do solo por quatro extratores (Y), em ppm, e as doses de cobre aplicadas no solo (X), em kg/ha⁽¹⁾

Extrator	Equação	R^2
1º Cultivo		
HCl 0,1N	$Y = 0,320 + 0,020X$	0,65
Mehlich 1	$Y = 0,158 + 0,006X$	0,30
Mehlich 3	$Y = 0,179 + 0,125X$	0,81
DTPA	$Y = 0,671 + 0,128X$	0,81
2º Cultivo		
HCl 0,1N	$Y = 0,163 + 0,070X$	0,98
Mehlich 1	$Y = 0,012 + 0,028X$	0,96
Mehlich 3	$Y = 0,323 + 0,131X$	0,99
DTPA	$Y = 0,525 + 0,251X$	0,98
3º Cultivo		
HCl 0,1N	$Y = 0,149 - 0,052X + 0,007X^2$	0,98
Mehlich 1	$Y = -0,074 + 0,191X - 0,009X^2$	0,79
Mehlich 3	$Y = 0,048 + 0,380X - 0,017X^2$	0,93
DTPA	$Y = 0,516 + 0,270X - 0,009X^2$	0,99
4º Cultivo		
HCl 0,1N	$Y = 0,418 + 0,029X - 0,007X^2$	0,97
Mehlich 1	$Y = 0,081 + 0,014X - 0,004X^2$	0,80
Mehlich 3	$Y = 0,369 + 0,0034X - 0,007X^2$	0,99
DTPA	$Y = 0,672 + 0,053X - 0,001X^2$	0,98

(1) Cada regressão foi obtida com vinte pares de observações (cinco doses de cobre e quatro repetições para cada dose).

Quadro 5. Equações de regressão simples e coeficientes de determinação (R^2), entre os teores de cobre da folha (Y), em ppm, e as doses de cobre aplicadas ao solo (X), em kg/ha⁽¹⁾

Cultivo	Equação	R^2
1º	$Y = 32,354 + 0,609X - 0,023X^2$	0,73
2º	$Y = 1,813 + 0,784X - 0,029X^2$	0,82
3º	$Y = 2,269 + 0,551X - 0,018X^2$	0,98
4º	$Y = 2,754 + 0,431X - 0,010X^2$	0,99

(1) Cada regressão foi obtida com vinte pares de observações (cinco doses de cobre e quatro repetições para cada dose).

2. A aplicação de cobre ao solo reduziu a incidência da esterilidade masculina e aumentou a produção de grãos.

3. O cobre aplicado mostrou um prolongado efeito residual.

4. Ao contrário do extrator de Mehlich 1, os extratores de Mehlich 3, DTPA e HCl 0,1N (com exceção do primeiro cultivo), apresentaram boa capacidade de avaliação da disponibilidade de cobre do solo para o trigo.

AGRADECIMENTOS

Aos laboratoristas Nirceu W. Linhares e Délcio G. de Almeida, pelas análises de solo e tecido vegetal, e ao Técnico Agrícola Deocleciano S. Lima, pelo auxílio na instalação e condução do experimento.

LITERATURA CITADA

- BARNES, J.S. & COX, F.R. Effects of copper sources on wheat and soybeans grown on organic soils. *Agron. J.*, Madison, 65:705-708, 1973.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento semidetalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura do Distrito Federal. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1966. 135p. (Boletim Técnico, 8)
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Programa Nacional de Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis. Provárzeas Nacional (1.000.000 ha). Brasília, 1980. (Documento)
- BREMNER, J.M. & KEENY, D.R. Steam distillation methods for determination of ammonia, nitrate and nitrite. *Anal. Chem. Acta.*, New York, 32:485-495, 1965.
- GALRÃO, E.Z. & SOUSA, D.M.G. de. Resposta do trigo à aplicação de cobre em um solo orgânico. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 9:149-153, 1985.
- GALRÃO, E.Z.; SOUSA, D.M.G. de & PERES, J.R.R. Caracterização de deficiências nutricionais em solos de várzeas da Região dos Cerrados. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 19:1091-1101, 1984.
- GARTRELL, J.W. Residual effectiveness of copper fertilizer for wheat in Western Australia. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, Melbourne, 20:370-376, 1980.
- GARTRELL, J.W.; BRENNAN, R.F. & ROBSON, A.D. Symptoms and treatment of copper deficiency of wheat. *J. Agric. W. Aust.*, South Perth, 20:18-19, 1979.
- GRAHAM, R.D. & NAMBIAR, E.K.S. Advances in research on copper deficiency in cereals. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, 32:1009-1037, 1981.
- GUPTA, U.C. A simplified method for determining hot-water-soluble boron in podzol soils. *Soil Sci.*, Baltimore, 103:424-427, 1967.
- JACKSON, M.L. Determinaciones de materia orgánica en los suelos. In: JACKSON, M.L., ed. *Análisis químico de suelos*. Barcelona, Omega, 1964. cap.9, p.282-310.
- JONES JUNIOR, J.B. Plant tissue analysis for micronutrients. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. *Micronutrients in Agriculture*. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, 1973. p.319-346.
- KING, P.M. Copper deficiency symptoms in wheat. *J. Agric. S. Aust.*, Adelaide, 77:96-99, 1974.
- LINDSAY, W.L. & NORVELL, S.A. Development of a DTPA micro-nutrient soil test. *Agron. Abstr.*, Detroit, 61:84-85, 1969.
- MAKARIM, A.K. & COX, F.R. Evaluatin of the need for copper with several soil extractants. *Agron. J.*, Madison, 75:493-496, 1983.
- MALAVOLTA, E. & KLIEMANN, H.J. Desordens nutricionais no cerrado. Piracicaba, Potafos, 1985. 136p.
- MUNSON, R.D. & NELSON, W.L. Principles and practices in plant analysis. In: WALSH, L.M. & BEATON, J.D., eds. *Soil testing and plant analysis*. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1973. p.223-248.
- MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta.*, New York, 27:31-36, 1962.
- PIZER, N.H.; CALDWELL, T.H.; BURGESS, G.R. & JONES, J.L.O. Investigations into copper deficiency in crops in East Anglia. *J. Agric. Sci.*, Cambridge, 66:303-314, 1966.
- SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal. Rio de Janeiro, 1978. 455p. (Boletim Técnico, 53)
- SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979.
- VARVEL, G.E. Effect of banded and broadcast placement of Cu fertilizers on correction of Cu deficiency. *Agron. J.*, Madison, 75:99-101, 1983.
- YOUNTS, S.E. Response of wheat to rates, dates of application, and sources of copper and other micronutrientes. *Agron. J.*, Madison, 56:266-269, 1964.