

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

E.Z. GALRÃO⁽²⁾ & D.M.G. de SOUSA⁽²⁾

RESUMO

Efetuou-se um experimento de campo em solo orgânico, 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. O tratamento sem cobre apresentou a menor produção de grãos e diferiu significativamente dos demais. A aplicação de cobre reduziu a esterilidade masculina em aproximadamente 76%. Os extratores HCl 0,1N, Mehlich 3 e DTPA apresentaram boa capacidade de avaliação da disponibilidade de cobre no solo para o trigo. Por outro lado, o extrator de Mehlich 1 normalmente usado em laboratório de rotina, apresentou baixa capacidade de avaliação. As doses de cobre tiveram um efeito antagônico na concentração de ferro da folha.

SUMMARY: WHEAT RESPONSE TO COPPER IN AN ORGANIC SOIL

A field experiment was carried out in an organic soil, to evaluate the copper effect on yield of wheat. 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, 16kg/ha), which were broadcast as copper sulphate. The no copper treatment produced the lowest yield and was significantly different from the others. The application of copper reduced the male sterility in 76%. Three of the soil extractants used (HCl 0,1N, Mehlich 3, DTPA) were effective in evaluating soil copper availability for wheat, while Mehlich 1, commonly used for routine soil analysis, was ineffective. The levels of copper applied had a antagonistic effect on leaf iron concentration.

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 houve aumento na produção de matéria seca da soja, em razão do emprego de cobre (Galrão et alii, 1984). A aplicação de cobre em um solo aluvial não mostrou efeito na produção de grãos de trigo (Coqueiro & Andrade, 1974). Já para solos orgânicos, trabalhos de Younts (1964), Barnes & Cox (1973) e Varvel (1983) revelaram aumento de 2.800, 2.870 e 1.035kg/ha de grãos de trigo respectivamente, pela aplicação de cobre. Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a resposta do trigo à aplicação de cobre em um solo orgânico de várzea.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um solo orgânico (Serviço Nacional..., 1978) da várzea do Centro de Pesquisa

Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Planaltina (DF), no período março-setembro de 1984. No início do experimento, a análise do solo (0-20cm de profundidade) indicou 19% de M.O.; pH 5,2; 1,4 meq/100ml de Al^{3+} trocável; 0,3 meq/100ml de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$; 83,8% de saturação de Al^{3+} ; 8,3 ppm de P; 22ppm 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, Al^{3+} , $Ca^{2+} + Mg^{2+}$, P e K^+ foram feitas conforme Brasil (1966). Os teores de Fe, Mn, Zn e Cu foram extraídos pelo método de Mehlich 1 (HCl 0,05N + H_2SO_4 0,025N), na relação solo:solução de 1:10 com quinze minutos de agitação, e determinados por espectrofotometria de absorção atômica. O B foi extraído segundo Gupta (1967) e determinado pelo método da curcumina. A matéria orgânica foi determinada conforme Jackson (1964). As análises físicas foram feitas segundo o Serviço Nacional... (1979).

Em 22 de março incorporaram-se 15,2t de calcário dolomítico por hectare mediante enxada rotativa de um

⁽¹⁾ Trabalho apresentado no XX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Belém (PA), 14-21 de julho de 1985. Recebido para publicação em abril e aprovado em julho de 1985.

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

microtrator. Usou-se calcário com 59,5% de PRNT, 32,9% de CaO e 16,9% de MgO. Em 24 de abril, efetuou-se a adubação básica, a lanço, constituída de 750kg da fórmula 2-30-15, 57kg de uréia (45% de N), 833kg de superfosfato simples (21% de P₂O₅), 25,9kg de sulfato de zinco (23,2% de Zn), 28,6kg de sulfato de manganês (28% de Mn) e 10,5kg de bórax (11,4% de B) por hectare.

Os tratamentos (0, 2, 4, 8 e 16kg/ha de Cu) foram distribuídos a lanço, na forma de sulfato. 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 auxílio de enxada rotativa.

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

O trigo (var. BR-10) foi semeado em 8 de maio, em parcelas constituídas de quinze linhas com 6m de comprimento, espaçadas de 0,2m. A semeadura foi feita com auxílio de uma semeadeira manual, a uma densidade de, aproximadamente, oitenta sementes por metro linear de sulco. Aos vinte dias após a semeadura, procedeu-se à adubação nitrogenada em cobertura com 155kg/ha de uréia (45% de N). No início do espigamento (17/7), fez-se a coleta de uma amostra de cerca de cem plantas por parcela. Foi retirada a folha bandeira de cada planta, para análise química. As amostras foram secas em estufa a 65°C por 72 horas e moídas. Decorridos 120 dias da semeadura, foram colhidas as nove fileiras centrais de cada parcela, deixando-se 0,5m nas extremidades como bordadura. A área útil de cada parcela foi 9m² (1,8 x 5m). Do total de grãos de cada parcela, retirou-se uma amostra de 100g de grãos, que foi seca em estufa a 65°C por 72 horas e moída. Na determinação da ocorrência da esterilidade masculina, foram amostradas ao acaso, por ocasião da colheita, trinta espigas por parcela. Em cada espiga, determinou-se o número de espiguetas com e sem grãos. Do total de espiguetas com e sem grãos, calculou-se a porcentagem de ocorrência da esterilidade masculina por parcela. O método de irrigação usado foi o de subirrigação.

Na análise da folha e do grão, 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. As concentrações de Ca, Mg, Zn, Fe, Cu e Mn foram determinadas 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). Logo após a colheita, efetuou-se amostragem do solo (0-20cm de profundidade), coletando-se vinte subamostras por parcela. As determinações de pH, Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, P, Cu, Mn, Fe e Zn foram feitas consoante citados. Na determinação do cobre, além do extrator de Mehlich 1, usaram-se o HCl 0,1N, o DTPA (ácido dietileno-triamino-pentacético), de acordo com Lindsay & Norvell (1969) e o Mehlich 3 (Makarim & Cox, 1983), nas relações solo solução de 1:10, 1:2 e 1:10 respectivamente, com quinze minutos de agitação para o primeiro, duas horas para o segundo e cinco minutos para o terceiro extrator.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se observou efeito da aplicação de cobre no peso de mil grãos e no peso de grãos por hectolitro (Quadro 1). Entretanto, para a produção de grãos, houve diferença

Quadro 1. Produção de grãos*, esterilidade muscular, peso de mil grãos de trigo, peso por hectolitro em resposta às doses de cobre⁽¹⁾

Cu aplicado	Produção de grãos ⁽²⁾	Esterilidade masculina	Peso de cem grãos ⁽²⁾	Peso por hectolitro ⁽²⁾
kg/ha	kg/ha	%	g	kg/hl
0	3280a	18,4a	46,1a	80,30a
2	4292b	4,3b	46,6a	81,40a
4	4175b	4,9b	43,9a	80,77a
8	4097b	4,5b	45,1a	80,86a
16	4507b	4,0b	45,6a	81,21a
CV %	11,2	23,3	4,5	1,0

(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.

altamente significativa entre a testemunha e os tratamentos que receberam cobre, que, por sua vez, não diferiram entre si, evidenciando que a dose de 2kg/ha de cobre, aplicada a lanço, foi suficiente para corrigir a deficiência e proporcionar um aumento na produção de grãos de 1.000kg/ha. Essa dose seria paga com 36kg de grãos de trigo, conforme os preços de outubro de 1984 (Comissão de Planejamento Agrícola do Distrito Federal, 1984). Resultados de quatro anos de um experimento conduzido em um solo aluvial não mostrou efeito do cobre na produção de grãos de trigo (Coqueiro & Andrade, 1974). Entretanto, alguns pesquisadores obtiveram aumentos na produção de grãos de trigo, em solos orgânicos, com a aplicação de cobre. Younts (1964) obteve aumento de 2.800kg/ha de grãos com a aplicação de 2,8kg/ha de cobre; a produção da testemunha foi nula. Barnes & Cox (1973) alcançaram, em quatro experimentos, um aumento médio de 2.870kg/ha de grãos, com doses de cobre que variaram de 0,7 a 5,6kg/ha. Da mesma forma, Varvel (1983) obteve em quatro experimentos um aumento médio de 2.035kg/ha de grãos, com doses de cobre que variaram desde 1,68 até 26,88kg/ha; a produção média da testemunha foi 50kg/ha de grãos.

A resposta ao cobre, mais acentuada em trigo do que em outras culturas anuais (Graham & Nambiar, 1981), tem sido explicada de diferentes maneiras. Graham (1975) constatou, através da polinização cruzada, que a deficiência de cobre no trigo causa a esterilidade masculina, isto é, o pólen proveniente de uma planta deficiente em cobre não fecunda o óvulo de uma planta normal; já o pólen proveniente de uma planta normal é capaz de fecundar tanto o óvulo de uma planta normal como o de outra deficiente. Na revisão de Graham & Nambiar (1981), é mencionado que a esterilidade masculina, dependendo da sua intensidade, pode causar no trigo reduções de 50 a 100% na produção de grãos. O quadro 1 mostra que a menor produção da testemunha em relação aos outros tratamentos foi provavelmente devida em parte à sua maior suscetibilidade à esterilidade masculina, causada pela deficiência de cobre, cujo teor na folha, 3,3 ppm (Quadro 2), está abaixo da concentração normal (5-20 ppm) (Jones Junior, 1973). Este fato foi confirmado após a aplicação de cobre onde a esterilidade masculina, que era 18,4% na testemunha, reduziu para aproximadamente 4,4%, com aumento médio na produção de grãos de 988kg/ha. Nos trabalhos de Younts (1964) e Varvel (1983), nenhuma referência foi feita à ocorrência ou não da esterilidade masculina no trata-

mento que não recebeu cobre. Apenas Barnes & Cox (1973) mencionaram "problemas ocasionais com polinização" nas plantas da testemunha. Outro sintoma da deficiência de cobre foi observado logo após o enchiamento de grãos, quando as espigas da testemunha se apresentavam viradas em direção ao solo. Esse sintoma é uma indicação de deficiência moderada de cobre do solo (King, 1974; Gartrell et alii, 1979), causado pela produção insuficiente de lignina (Graham & Nambiar, 1981).

Os teores dos macronutrientes da folha estão em nível de suficiência, conforme Malavolta (1980) – Quadro 2. Tanto o teor de nitrogênio como o de potássio da testemunha foi maior do que o dos demais tratamentos. Presume-se que isso tenha ocorrido pelo efeito da diluição, ou seja, a aplicação de cobre promoveu maior crescimento vegetativo, fazendo com que as concentrações desses nutrientes fossem diluídas. Os teores de cobre da folha dos tratamentos que o receberam, assim como os teores dos outros micronutrientes, estão dentro da faixa de suficiência citada por Jones Junior (1973). Tais teores aumentaram à medida que se aumentaram as doses de cobre aplicadas ao solo. O grau de associação entre essas duas variáveis foi $r = 0,87^{**}$. Obteve-se, também, alta correlação ($r = 0,79^{**}$) entre a produção de grãos e o teor de cobre da folha, constituindo uma indicação de que esse último parâmetro pode ser usado na identificação da deficiência de cobre do trigo. As doses de cobre tiveram um efeito negativo na concentração do ferro da folha ($r = -0,45^*$). Essa mesma tendência foi observada na aveia (Cheshire et alii, 1967) e no trigo (Mizuno & Kamada, 1982). A causa dessa interação não é conhecida (Graham & Nambiar, 1981).

Os teores de macro e micronutrientes do grão são apresentados no quadro 2. A literatura consultada não menciona teores de suficiência desses nutrientes no grão. A única exceção é o teor de cobre que está acima do nível crítico (2,5 ppm), conforme citação de Graham & Nambiar (1981). Não houve efeito dos tratamentos nos teores de

cobre do grão. Nambiar (1976), avaliando a resposta de genótipos de trigo à aplicação de cobre, verificou que somente quando a deficiência era muito acentuada, a ponto de causar grandes reduções na produção de grãos, é que, em alguns genótipos, a concentração de cobre do grão das plantas deficientes era menor do que a das plantas normais. Nos casos em que a deficiência de cobre não era tão acentuada, como no presente trabalho, não houve efeito dos tratamentos na concentração de cobre do grão. Com exceção do nitrogênio, cujo teor da testemunha foi maior do que nos outros tratamentos, os dos demais nutrientes não se alteraram com as doses de cobre (Quadro 2). Os dados obtidos por Nambiar (1976) foram contrários a estes, ou seja, nos tratamentos que receberam baixo suprimento de cobre as concentrações de nutrientes no grão foram maiores do que naqueles que receberam doses mais elevadas.

Os teores de cobre solúveis nos quatro extratores obedeceram à seguinte ordem decrescente: DTPA, Mehlich 3, HCl 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

Quadro 3. Teores de cobre extraídos do solo, após a colheita, por quatro extratores

Cu aplicado	HCl 0,1N	Mehlich 1	Mehlich 3	DTPA
kg/ha		ppm		
0	0,3	0,2	0,2	0,5
2	0,3	0,2	0,5	1,0
4	0,4	0,2	0,7	1,3
8	0,5	0,3	1,2	2,0
16	0,6	0,3	2,2	2,5
Média	0,4	0,2	1,0	1,5

Quadro 2. Teores de macro e micronutrientes na folha e no grão de plantas de trigo cultivadas no experimento⁽¹⁾

Cu aplicado	Nutrientes								
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
kg/ha	%	Folha			ppm				
0	4,05a	0,29a	1,89a	0,47a	0,46a	3,3c	137,5a	93,2a	18,3a
2	3,76ab	0,27a	1,55b	0,51a	0,49a	5,0b	122,9ab	117,8a	17,3a
4	3,82ab	0,28a	1,59b	0,45a	0,44a	5,1b	126,1ab	100,2a	19,0a
8	3,63b	0,28a	1,55b	0,48a	0,50a	6,8a	114,5b	111,4a	18,1a
16	3,75ab	0,27a	1,55b	0,46a	0,46a	7,0a	116,5b	110,1a	18,4a
CV %	5,6	5,8	12,1	11,4	9,8	15,6	9,3	16,5	14,4
Grão									
0	2,44a	0,39a	0,50a	0,04a	0,24a	5,0a	60,7a	61,9a	32,3a
2	2,03ab	0,36a	0,53a	0,05a	0,23a	5,9a	59,2a	6,0a	26,7a
4	2,14ab	0,35a	0,52a	0,05a	0,23a	5,0a	67,8a	56,5a	29,5a
8	1,96ab	0,36a	0,50a	0,04a	0,22a	6,0a	46,5a	58,7a	26,5a
16	1,97ab	0,35a	0,52a	0,04a	0,22a	5,8a	50,0a	60,8a	27,1a
CV %	9,4	9,4	6,2	19,7	7,8	24,4	27,4	20,8	17,0

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

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 maiores quantidades de cobre extraídas pelo DTPA e pelo Mehlich 3 facilitam a sua determinação no extrato e minimizam os erros devidos à contaminação. Por outro lado, as pequenas quantidades de cobre extraídas pelo HCl e Mehlich 1 são difíceis de determinar com precisão, e qualquer contaminação, por menor que seja, pode ter grande efeito na interpretação dos resultados.

As relações entre a produção de grãos e os teores de cobre solúveis nos extratores são apresentadas no quadro 4. Os extratores apresentaram baixo grau de associação com a produção de grãos ($r = 0,70^{**}$ para o HCl; $r = 0,47^*$ para o Mehlich 1; $r = 0,56^*$ para o Mehlich 3 e $r = 0,62^{**}$ para o DTPA). Os coeficientes de determinação (R^2) – 0,49, 0,22, 0,31 e 0,39 respectivamente – indicam que somente 49%, 23%, 31% e 38% da variação na produção de grãos é explicada pela regressão produção de grãos/cobre extraído. A literatura consultada não menciona nenhum trabalho que compara a eficiência desses extratores na avaliação da disponibilidade do cobre em solos orgânicos. Por outro lado, Dolar & Walsh (1971), trabalhando em casa de vegetação, obtiveram alta correlação entre o cobre extraído pelo HCl 0,1N ($r = 0,83^{**}$) e pelo DTPA ($r = 0,77^{**}$) e o absorvido pela aveia, em quarenta e cinco solos minerais com ampla variação nas suas propriedades químicas e físicas. Makarim & Cox (1983) também obtiveram, em casa de vegetação, alta correlação entre o cobre extraído pelo Mehlich 1 ($r = 0,74^{**}$) e pelo Mehlich 3 ($r = 0,81^{**}$) e o absorvido pelo trigo, em dezessete solos, sendo quinze minerais e dois orgânicos.

As relações entre as doses de cobre e os teores desse elemento solúveis nos extratores são apresentadas no quadro 5. Os coeficientes de determinação (R^2) – 0,65, 0,30, 0,81 e 0,81, respectivamente, para o HCl, Mehlich 1,

Mehlich 3 e DTPA, evidenciam que o extrator de Mehlich 1 foi o único que apresentou baixa capacidade de diferenciação entre as doses de cobre aplicadas no solo.

Apesar de os extratores HCl, Mehlich 3 e DTPA terem mostrado alto grau de associação com as doses de cobre (Quadro 5), apresentaram baixo grau de associação com a produção de grãos (Quadro 4). Isso ocorreu porque não houve diferença significativa na produção de grãos, entre os tratamentos que receberam cobre (Quadro 1), ao passo que os teores de cobre extraídos pelos métodos variaram de acordo com os tratamentos (Quadro 5).

No concernente aos outros micronutrientes (Mn, Fe, Zn), embora cada um deles tivesse sido aplicado em uma única dose, houve diferença quanto às quantidades extraídas de cada um deles pelos extratores usados. Assim, os métodos que utilizam agentes quelantes (Mehlich 3 e DTPA) extraíram maiores quantidades de ferro do que os outros dois; 23,6 (CV = 36,6%), 28,1 (CV = 41,9%), 15,4 (CV = 21,6%) e 6,9 ppm (CV = 19,1%), respectivamente, pelo Mehlich 3, DTPA, HCl e Mehlich 1. Por outro lado, os métodos que não utilizam agentes quelantes (HCl e Mehlich 1) extraíram maiores quantidades de manganês e de zinco do que os demais: 5,6 (CV = 12,9%), 4,8 (CV = 16,8%), 2,6 (CV = 13,9%) e 1,4 ppm (CV = 15,5%), respectivamente, pelo HCl, Mehlich 1, Mehlich 3 e DTPA para o manganês, e 4,6 (CV = 13,7%), 2,8 (CV = 17,0%), 1,4 (CV = 23,8%) e 1,4 ppm (CV = 19,0%), respectivamente, pelo HCl, Mehlich 1, Mehlich 3 e DTPA para o zinco. Na extração de Cu, Fe, Mn e Zn pelo método de Mehlich 1, usou-se, também a relação solo:solução de 1:4. Os teores de Cu, Fe, Mn e Zn determinados nessa relação foram, respectivamente, de 0,09 (CV = 19,0%), 1,7 (CV = 28,4%), 2,7 (CV = 16,2%) e 1,0 ppm (CV = 24,1%), e foram menores do que aqueles obtidos quando se empregou a relação solo:solução de 1:10 (relação esta usada nas determinações de rotina): 0,2 (CV = 31,6%), 6,9 (CV = 19,1%), 4,8 (CV = 16,8%) e 2,8 ppm (CV = 17,0%), respectivamente, para Cu, Fe, Mn e Zn.

Quadro 4. Equações de regressão simples e coeficientes de correlação e determinação entre a produção de grãos de trigo (Y), em kg/ha, e os teores de cobre extraídos por quatro extratores (X), em ppm

Extrator	Equação	Coeficiente de correlação (r)	Coeficiente de determinação (R^2)
HCl 0,1N	$Y = 207,498 + 16449,730 X - 15843,204 X^2$	0,70**	0,49
Mehlich 1	$Y = 2033,777 + 20860,000 X - 47444,44 X^2$	0,47*	0,22
Mehlich 3	$Y = 3448,627 + 1185,043 X - 326,193 X^2$	0,56*	0,31
DTPA	$Y = 2998,223 + 1220,260 X - 251,606 X^2$	0,62**	0,39

* e ** Significativo ao nível de 5% e 1% respectivamente.

Quadro 5. Equações de regressão simples e coeficientes de correlação e determinação, entre os teores de cobre extraídos por quatro extratores (Y), em ppm, e as doses de cobre aplicadas no solo (X), em kg/ha

Extrator	Equação $Y = a + bx$	Coeficiente de correlação (r)	Coeficiente de determinação (R^2)
HCl 0,1N	$Y = 0,320 + 0,020 X$	0,81**	0,65
Mehlich 1	$Y = 0,158 + 0,006 X$	0,55*	0,30
Mehlich 3	$Y = 0,179 + 0,125 X$	0,90**	0,81
DTPA	$Y = 0,671 + 0,128 X$	0,90**	0,81

* e ** Significativo ao nível de 5% e 1% respectivamente.

Em vista dos resultados diferenciados entre os extratores para um mesmo micronutriente, sugere-se a necessidade de intensificar estudos com extratores para diferentes tipos de solos.

CONCLUSÕES

Este trabalho mostrou que houve diferença altamente significativa entre a testemunha e os tratamentos que receberam cobre, que, por sua vez, não diferiram entre si, evidenciando que a dose de 2kg/ha de cobre foi suficiente para corrigir a deficiência e aumentar a produção em 1.000kg/ha de grãos.

Não houve efeito dos tratamentos no peso de mil grãos e no peso de grãos por hectolitro.

A aplicação de cobre reduziu a esterilidade masculina, que era de 18,4% na testemunha, para aproximadamente 4,4%, ou seja, 76%.

Os extratores HCl 0,1N, Mehlich 3 e DTPA apresentaram boa capacidade de avaliação da disponibilidade de cobre no solo para o trigo. Por outro lado, o extrator de Mehlich 1, normalmente usado em laboratório de rotina, apresentou baixa capacidade de avaliação.

As doses de cobre tiveram um efeito antagônico na concentração de ferro da folha.

AGRADECIMENTOS

Ao Pesquisador José Roberto Rodrigues Peres, do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, pelas sugestões apresentadas, e ao Técnico Agrícola Deocleciano Santos Lima, pela colaboração prestada 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 (1.000.000ha). 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.
- CHESHIRE, M.V.; DEKOCK, P.C.; INKSON, R.H.E. Factors affecting the copper content of oats grown in peat. *J. Sci. Food. Agric.*, London, 18:156-160, 1967.
- COMISSÃO DE PLANEJAMENTO AGRÍCOLA DO DISTRITO FEDERAL. Brasília, DF. Preços pagos pelos agricultores do Distrito Federal: outubro de 1984. Brasília, 1984. 16p.
- COQUEIRO, E.P. & ANDRADE, J.M.V. de. Efeito da adubação com zinco, cobre, manganês, boro e magnésio sobre a produção de grãos de trigo em solo aluvião de Sete Lagoas. Sete Lagoas, Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Centro Oeste, 1974. 3p. (Boletim Técnico, 24)
- DOLAR, S.G. & WALSH, L.M. Availability of Cu, Zn and Mn in soils III – Predictability of plant uptake. *J. Agr. Food.*, London, 22:282-286, 1971.
- 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.; 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. Male sterility in wheat plants deficient in copper. *Nature*, London, 254:514-515, 1975.
- 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 matéria orgânica em los suelos. In: JACKSON, M.L. ed. Análise químico de suelos. Barcelona, Omega, 1964, p.282-310, cap. 9.
- JONES JUNIOR, J.B. Plant tissue analysis for micronutrients. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. eds. *Micronutrients in Agriculture*. 2nd 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 micronutrient soil test. *Agron. Abstr.*, Detroit, 61:84-85, 1969.
- MAKARIM, A.K. & COX, F.R. Evaluation of the need for copper with several soil extractants. *Agron. J.*, Madison, 75:493-496, 1983.
- MALAVOLTA, E. Os elementos minerais. In: MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. p.104-218.
- MIZUNO, N. & KAMADA, K. Method of judging copper deficiency from the concentration of soluble copper in soils and the copper: iron ratio in wheat plants. *Soil Sci. and Pl. Nutr.*, Tokyo, 28: 27-26, 1982.
- 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.
- NAMBIAR, E.K.S. Genetic differences in the copper nutrition of cereals. II. Genotypic differences in response to copper in relation to copper, nitrogen, and other mineral contents of plants. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, 27:465-477, 1976.
- 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. 1v.
- 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 micronutrients. *Agron. J.*, Madison, 56:266-269, 1964.