

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 446

XVII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja Resumos expandidos

*Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite
Larissa Alexandra Cardoso Moraes
Kelly Catharin*
Editoras Técnicas

Embrapa Soja
Londrina, PR
2022

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja
Rod. Carlos João Strass, s/n
Acesso Orlando Amaral, Distrito da Warta
CEP 86065-981
Caixa Postal 4006
Londrina, PR
Fone: (43) 3371 6000
www.embrapa.br/soja
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

**Comitê Local de Publicações
da Embrapa Soja**

Presidente
Alvadi Antonio Balbinot Junior

Secretária-Executiva
Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

Membros
*Claudine Dinali Santos Seixas, Edson Hirose,
Ivani de Oliveira Negrão Lopes, José de Barros
França Neto, Liliane Márcia Mertz-Henning,
Marco Antonio Nogueira, Mônica Juliani
Zavaglia Pereira, Norman Neumaier*

Supervisão editorial
Vanessa Fuzinato Dall'Agnol

Normalização bibliográfica
Valéria de Fátima Cardoso

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica e capa
Marisa Yuri Horikawa

1ª edição
PDF digitalizado (2022).

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Soja

Jornada Acadêmica da Embrapa Soja (17. : 2022: Londrina, PR).
Resumos expandidos [da] XVII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja / Regina
Maria Villas Boas de Campos Leite... [et al.] editoras técnicas – Londrina:
Embrapa Soja, 2022.
155 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937 ; n. 446).

1. Soja. 2. Pesquisa agrícola. I. Leite, Regina Maria Villas Bôas de Campos. II.
Moraes, Larissa Alexandra Cardoso. III. Catharin, Kelly. IV. Série.

CDD: 630.2515 (21. ed.)

Alteração do estado nutricional do trigo em resposta a aplicação de calcário e cobre

ARMELIM, M. C.¹; MOREIRA, A.^{2,3}; MORAES, L. A. C.²

¹UNOPAR, Bolsista PIBIC/CNPq, maicon.agroeng@gmail.com; ²Pesquisador, Embrapa Soja;

³Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

Introdução

O cobre (Cu) desempenha importantes funções nas plantas, destacando-se a participação no fluxo de elétrons na fase luminosa da fotossíntese e na fase escura auxiliando a entrada do CO₂ em compostos orgânicos (Moreira et al., 2022). No metabolismo vegetal, as plantas apresentam mais de 100 diferentes tipos de proteínas que contêm Cu, dentre essas destacam-se a plastocianina, superóxido desmutase, citocromo oxidase, diamina oxidase e polifenol oxidase (Marschner, 2012; Moreira et al., 2022).

Nas condições tropicais e subtropicais, a acidez do solo é um dos fatores mais limitantes para a obtenção de bons rendimentos em lavouras de trigo (*Triticum aestivum* L.), no entanto, a aplicação contínua de calcário pode diminuir a disponibilidade dos micronutrientes metálicos (Cu, Fe, Mn e Zn). A baixa disponibilidade desses nutrientes prejudica o desenvolvimento das plantas, reduz o sistema radicular e a parte aérea e diminui a absorção de nutrientes e água (Moreira; Fageria, 2010), ocorrendo um acúmulo de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na camada superficial, que além da consequente redução da acidez do solo devido a reação dos carbonatos de Ca e Mg gerando íons OH⁻, também tem induzido deficiência de alguns nutrientes, como o Cu (Moreira et al., 2017; Moreira et al., 2019).

É de conhecimento geral que a elevação do pH do solo reduz a solubilidade do Cu e de todos os metais pesados, tornando-o menos disponível às plantas cultivadas (Wu et al., 1999; Moreira et al., 2022) aliado a isso, a exportação dos nutrientes por meio da colheita dos grãos tem reduzido a quantidade dos nutrientes no sistema, em especial o Cu disponível no solo, que vem diminuindo gradativamente (Moreira; Moraes, 2019), como reportado por Fageria et al. (2015), cujo os sintomas de deficiência do nutriente tem sido reportado em diferentes culturas e locais. Para agravar ainda mais este problema,

também existem os efeitos interiônicos antagônicos, ou de inibição competitiva e não competitiva entre os nutrientes pelos mesmos sítios de absorção (Malavolta et al., 1997; Marschner, 2012).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento do cultivo do trigo (teor foliar de N, P, K, Ca, Mg e Cu) em dois tipos de solo (Neossolo Quartzarênico, NQ e Latossolo Vermelho distrófico, LVd) com diferentes níveis de acidez (sem e com calagem) e cinco doses de Cu aplicado no solo.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em condições de casa de vegetação localizada no município de Londrina (23°19'08" LS e 51°11'37" LO), Estado do Paraná, Brasil. Os solos utilizados foram um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) coletado em área de mata nativa na camada de 0-20 cm no município de Mauá da Serra, Estado do Paraná e um Neossolo Quartzarênico (NQ) coletado em área de pastagem no município de Osvaldo Cruz, Estado de São Paulo com os seguintes atributos químicos e físicos: a) LVd - pH em $\text{CaCl}_2 = 4,6$, matéria orgânica do solo (MOS) = $45,6 \text{ g kg}^{-1}$, fósforo (P - Mehlich 1) = $2,4 \text{ mg kg}^{-1}$, potássio (K^+) = $0,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, cálcio (Ca^{2+}) = $3,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, magnésio (Mg^{2+}) = $1,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, enxofre (S-SO_4^{2-}) = $15,8 \text{ mg kg}^{-1}$, alumínio (Al^{3+}) = $0,2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, acidez potencial (H+Al) = $8,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, capacidade de troca de cátions (CTC) = $13,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, boro (B) = $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$, Cu = $2,1 \text{ mg kg}^{-1}$, ferro (Fe) = $65,7 \text{ mg kg}^{-1}$, manganês (Mn) = $48,7 \text{ mg kg}^{-1}$, zinco (Zn) = $1,5 \text{ mg kg}^{-1}$, argila 630 g kg^{-1} e areia 210 g kg^{-1} e b) NQ - pH em $\text{CaCl}_2 = 4,6$, MOS = $9,5 \text{ g kg}^{-1}$, P = $1,6 \text{ mg kg}^{-1}$, K^+ = $0,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, Ca^{2+} = $1,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, Mg^{2+} = $0,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, S-SO_4^{2-} = $2,0 \text{ mg kg}^{-1}$, Al^{3+} = $0,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, H+Al = $2,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, CTC = $3,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, B = $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$, Cu = $1,4 \text{ mg kg}^{-1}$, Fe = $12,1 \text{ mg kg}^{-1}$, Mn = $25,9 \text{ mg kg}^{-1}$, zinco (Zn) = $0,7 \text{ mg kg}^{-1}$, argila 59 g kg^{-1} e areia 915 g kg^{-1} .

Os tratamentos foram dispostos em um delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas. Nas parcelas dois tipos de solo: 1- Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e 2- Neossolo Quartzarênico (NQ). Nas subparcelas duas doses de calcário equivalente a 0 e $5,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ (0 e $7,5 \text{ g}$ por vaso, 28% de CaO e 18% de MgO, p:p) e cinco doses de Cu (0, 2, 4, 8 e 16 mg kg^{-1}), com quatro repetições. O experimento foi conduzido em vasos de barro de $3,0 \text{ dm}^3$ de solo seco ao ar (TFSA) passado em peneira de $2,0 \text{ mm}$.

O calcário foi homogeneizado nos vasos e as adubações com P, K, B, S, Co, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn foram feitas de acordo com Moreira e Fageria (2010) para experimentos conduzidos em condições de casa de vegetação. Os vasos foram irrigados diariamente para compensar as perdas por evapotranspiração e para manter o solo próximo de 70% do valor total de poros. A cultivar utilizada foi a BRS Sabiá e foram semeadas dez sementes, e após o desbaste deixadas três plantas uniformes por vaso. No estádio 10.1 foi coletada a folha diagnóstico para determinação dos teores totais de N, P, K, Ca, Mg e Cu de acordo com as metodologias descritas em Malavolta et al. (1997).

Os resultados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade, e posteriormente realizadas a análise de variância (ANOVA), teste F, regressão ($p \leq 0,05$) e comparação de contraste entre médias pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Resultados e Discussão

Os dois tipos de solo com diferentes teores de argila influenciaram os tratamentos com efeito significativo sobre teor foliar de Ca e exceto para os teores totais de P e Cu, os foliares de N, K, Ca e M foram influenciados pela aplicação de calcário, enquanto os teores de Ca e Cu apresentaram resposta em relação à aplicação de Cu com interação significativa para aplicação de calcário e doses de Cu, independentemente do tipo de solo (Tabela 1). Estes resultados confirmam a presença de antagonismo entre o Ca^{2+} e Cu^{2+} descrita por Malavolta et al. (1997) e Moreira et al. (2022), indicando que solos com níveis elevados de Ca trocável ocasiona em menor absorção de Cu e, dependendo do teor disponível no solo deve-se fazer uma adubação complementar (foliar ou solo) com Cu ou Ca para que ambos os nutrientes apresentem níveis adequados em todo ciclo de crescimento das plantas. Apesar do efeito antagonico Ca \times Cu verificado e, independentemente do tipo de solo, os teores foliares de N, P, K, Mg, Ca e Cu variaram de 30,0 a 48,4 g kg⁻¹, 4,6 a 5,8 g kg⁻¹, 12,0 a 22,5 g kg⁻¹, 2,1 a 5,6 g kg⁻¹, 4,3 a 7,5 g kg⁻¹ e 3,0 a 8,1 mg kg⁻¹, respectivamente e situaram próximo ou dentro das faixas indicadas por Malavolta et al. (1997) como adequadas para o cultivo do trigo. Nos dois tipos de solos e na ausência ou presença do aporte de calcário, a aplicação de Cu no plantio do trigo acarretou efeito de regressão linear positivo no teor foliar do nutriente, sendo que as doses testadas não indicaram sintomas visuais de fitotoxicidade nas plantas.

Tabela 1. Teores totais de N, P, K, Mg, Ca e Cu em dois solos sem (A) e com (B) aplicação de calcário e doses de cobre e produção relativa do trigo em função da aplicação de calcário (Δ).

	Cu		N		P		K		Mg		Ca		Cu	
	mg kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Latossolo	0	30,0	43,6	4,6	4,8	16,3	17,0	2,1	2,8	5,9	7,5	3,2	3,4	
(LVd)	2	42,6	47,4	5,5	5,2	22,0	14,8	3,3	3,9	5,4	7,3	5,1	4,1	
	4	35,5	38,1	5,4	5,7	22,5	15,3	2,1	4,1	5,2	7,1	6,2	5,9	
	8	38,4	47,4	5,1	5,7	14,3	12,3	3,1	3,4	4,5	7,0	7,5	6,6	
	16	36,5	42,9	5,2	5,1	18,0	15,5	3,7	5,3	4,3	5,9	10,3	7,1	
Média		36,6b	43,9a	5,2a	5,3a	18,6a	15,0b	2,9b	3,9a	5,1b	7,0a	6,5a	5,4b	
Neossolo	0	42,1	42,6	4,8	5,0	15,0	16,0	2,5	2,7	5,1	7,0	3,0	2,9	
(NQ)	2	43,0	47,0	5,8	5,3	16,3	13,0	3,9	4,6	4,7	6,9	4,5	3,8	
	4	42,4	44,4	5,6	5,7	14,8	14,3	3,3	5,3	4,4	6,7	5,6	5,0	
	8	34,8	48,4	5,4	5,0	15,3	14,0	4,0	5,6	4,4	6,6	6,8	6,2	
	16	40,9	39,6	5,3	5,2	17,8	14,5	3,6	3,9	3,2	5,5	9,5	6,9	
Média		40,6a	44,4a	5,4a	5,3a	15,8a	14,4b	3,5b	4,4a	4,4b	6,5a	5,9a	5,0b	
Teste F														
Solo		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	
Calcário (a)		*	*	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	
Cobre (b)		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	
a x b		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*	*	
CV (%)		12,7	15,5	9,3	11,4	10,1	9,2							

*, ns Significativo a 5% probabilidade e não significativo, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas dentro da mesma linha e variável diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV – Coeficiente de variação.

Conclusão

A aplicação de calcário aumentou os teores foliares totais de N, Mg e Ca e reduziu os de K e Cu. Foi confirmado a presença de antagonismo do Ca × Cu, a aplicação de calcário diminuiu na média dos dois tipos de solo em 26,2% o teor foliar de Cu, enquanto a aplicação de calcário reduziu o teor foliar de Cu em 16,1%.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Solos da Universidade Estadual de Londrina (UEL) pelas análises e ao CNPq pelo suporte financeiro.

Referências

- FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; MELO, L. C. Copper-use efficiency in dry bean genotypes. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 46, p. 979-990, 2015.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, P. **Mineral nutrition for higher plants**. London: Academic Press, 2012. 649 p.
- MOREIRA, A.; FAGERIA N. K. Liming influence on soil chemical properties, nutritional status and yield of alfalfa grown in acid soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1231-1239, 2010.
- MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C. Soybean response to copper applied to two soils with different level of organic matter and clay. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, p. 2247-2258, 2019.
- MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; LARA, I. C. V.; NOGUEIRA, T. A. R. Differential response of soybean genotypes to lime rates. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 63, p. 1281-1291, 2017.
- MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; MELO, T. R.; HEINRICH, R.; MORETTI, L. G. Management of copper for crop production. **Advances in Agronomy**. v. 173, p. 257-298, 2022.
- MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; NOGUEIRA, T. A. R.; CANIZELLA, B. T. Copper use efficiency in soybean cultivars. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e01140, 2019.
- WU, J.; LAIRD, D. A.; THOMPSON, M. L. Sorption, and desorption of copper on soil clay components. **Journal of Environmental Quality**, v. 28, p. 334-338, 1999.