

Cobre

Nº 10

EDIÇÃO EM PORTUGUÊS

O cobre (Cu) é um dos oito micronutrientes das plantas. Quando há deficiência de Cu, as respostas mais comuns das culturas à sua aplicação incluem redução de doenças, aumento do crescimento e melhora da qualidade. As fontes de Cu comumente aplicadas são fertilizantes, esterco de origem animal, biofósseis e produtos para tratamento fitossanitário.

Cobre nas plantas

O Cu tem função essencial na saúde humana e no crescimento das plantas. Seu caráter essencial na nutrição de plantas não foi reconhecido até 1931. As concentrações normais de Cu nas plantas variam de 5 ppm a 20 ppm.

As raízes das plantas absorvem a forma divalente (Cu^{2+} , íon cúprico) e podem prontamente reduzi-la à forma monovalente (Cu^+ , íon cuproso). A facilidade de conversão de Cu entre as formas cúprica e cuprosa e vice-versa confere a este micronutriente funções únicas na planta. O Cu desempenha papéis na fotossíntese e na respiração, incluindo a transferência final de elétrons para o oxigênio. O Cu também auxilia na formação de lignina nas paredes celulares, o que fornece suporte para manter as plantas eretas. É particularmente importante na formação de grãos de pólen viáveis, formação de sementes e resistência a estresse.

Cobre nos solos

O teor total de Cu nos solos normalmente varia entre 1 ppm e 40 ppm, mas a concentração de Cu dissolvido na solução do solo é muito mais baixa. A disponibilidade de Cu nos solos para a absorção pelas plantas é afetada pelas seguintes características:

- **Matéria orgânica.** O Cu é o micronutriente que está mais fortemente ligado à matéria orgânica. As deficiências de Cu nas plantas geralmente ocorrem em culturas que crescem em turfas, solos ricos em húmus e solos com mais do que 8% de matéria orgânica. As concentrações críticas de Cu em análises de solo (Cu extraível com DTPA) são muito maiores nesses solos do que em solos minerais.
- **Textura.** As plantas que crescem em solos de textura arenosa têm maior probabilidade de apresentar deficiência de Cu do que aquelas que crescem em solos de textura média ou argilosa. Os solos de textura argilosa geralmente retêm mais Cu na forma

trocável, disponível para as culturas. Outros componentes do solo, como óxidos e carbonatos, podem promover a diminuição da disponibilidade de Cu.

- **pH do solo.** A solubilidade do Cu diminui à medida que o pH aumenta para 7 ou mais. Em pH alto, ocorre aumento da força com a qual o Cu é retido pela argila e a matéria orgânica do solo, tornando-o menos disponível para as culturas.
- **Equilíbrio de nutrientes.** Altas concentrações de zinco (Zn), fósforo (P), alumínio (Al) e ferro (Fe) nos solos podem diminuir a absorção de Cu pelas raízes e agravar sua deficiência. Os riscos de deficiência de Cu também aumentam com maiores taxas de aplicação de nitrogênio (N).

Adubação dos solos com cobre

Fonte: Quando Cu adicional é exigido, a fonte fertilizante mais comum é o sulfato de cobre, embora muitos outros materiais estejam disponíveis (**Tabela 1**). Outras fontes de Cu são esterco bovino e de aves e biofósseis. Alguns tipos de esterco contêm elevadas concentrações de Cu em decorrência de sua adição na alimentação animal ou seu uso em pedilúvio para prevenir podridão dos cascos.

Dose: Em locais onde a deficiência de Cu for identificada nas culturas, a dose certa para aplicação depende da fonte específica de Cu. Os fertilizantes contendo Cu têm variações em seu teor de Cu e em sua solubilidade no solo. Por exemplo, doses de 3 kg/ha a 15 kg/ha de Cu na forma de sulfato de cobre ou de cerca de 0,5 kg/ha de Cu na forma de quelato são usadas para aplicações no solo, enquanto para aplicações foliares são usadas doses mais baixas.

Época: Como o Cu é fortemente retido no solo, a época para sua aplicação é flexível e sua disponibilidade pode aumentar gradualmente por vários anos após uma única aplicação. As aplicações foliares são geralmente limitadas a situações emergenciais, quando a deficiência é identificada após o plantio, ou como parte de um programa de adubação foliar de manutenção.

Local: A eficiência de absorção de Cu é aumentada quando os fertilizantes são aplicados perto da zona radicular ou em faixas perto das sementes na linha de plantio. O risco de danos às raízes aumenta quando altas doses de Cu são aplicadas em faixas perto da semente.

Sintomas de deficiência de cobre

Os sintomas de deficiência de Cu variam com a cultura. Deficiências leves ou moderadas podem reduzir a produtividade ou o crescimento da



INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

AV. INDEPENDÊNCIA, 350, SALA 142, BAIRRO ALTO, 13419-160
PIRACICABA, SP, BRASIL

TELEFONE: (19) 3433-3254 | WEBSITE: <http://brasil.ipni.net>

TWITTER: @IPNIBRASIL; FACEBOOK: <https://www.facebook.com/IPNIBrasil>



IPNI2010PPI05-2460



IPNI2010PPI06-1766



D. PITCHAY



IPNI2010PPI05-2302

Espigas de trigo saudáveis a severamente deficientes em cobre, mostrando sinais de melanose (necrose parda do trigo).

“Rabo de chicote” nas folhas de trigo é um sintoma comum de deficiência de cobre.

Deficiência de cobre em alface em comparação com crescimento normal (esquerda).

Deficiência de cobre em citros.

Tabela 1. Fontes comuns de cobre.

Fonte	Fórmula	Cu (%)
Sulfato de cobre ^{1,2}	CuSO ₄ • 5H ₂ O	25
Quelato de cobre, EDTA ^{1,2}	Na ₂ Cu EDTA	13
Sulfato de cobre monohidratado ^{1,2}	CuSO ₄ • H ₂ O	35
Acetato de cobre ^{1,2}	Cu(CH ₃ COO) ₂ • H ₂ O	32
Fosfato de amônio e cobre ^{1,2}	CuNH ₄ PO ₄ • H ₂ O	32
Óxido de cobre	CuO	75
Óxido cuproso ^{1,2}	Cu ₂ O	89
Esterco animal ³		0,002–0,07
Biossólidos ⁴		< 0,43; média 0,074

Fonte: 1. Havlin e outros (2014); 2. Martens e Westerman (1991); 3. Xiong e outros (2010); 4. Lu e outros (2012).

planta sem sinais claros. O Cu é imóvel na planta e, portanto, os sintomas aparecem primeiro em brotações mais jovens.

Em milho, as folhas jovens se tornam amarelas e atrofiadas; os sintomas iniciais podem ser confundidos com os causados por geada ou seca. Em estádios avançados, as folhas podem assumir coloração castanha nas margens, semelhante aos sintomas de deficiência de potássio (K). Quando há deficiência de Cu, pode haver aumento da incidência de ergotismo, melanose do caule, mal-do-pé e fusariose da espiga. O escurecimento da espiga e o encurvamento do caule na maturidade são sinais comuns de deficiência de Cu em trigo e cevada. As espigas geralmente ficam vazias ou com grãos enrugados.

Em muitas culturas, as folhas podem parecer murchas, tornam-se azul-esverdeadas antes de se tornarem amarelas e enroladas e não ocorre a formação de flores.

Sintomas de toxicidade de cobre

A toxicidade de Cu pode ocorrer após repetidas aplicações de esterco, biossólidos ou pesticidas que têm alto teor deste micronutriente. Os sintomas de toxicidade incluem reduzido vigor de brotações, sistema radicular pobremente desenvolvido, raízes descoloridas e clorose foliar (amarelecimento). Eles podem ser confundidos com sintomas de deficiência de Fe. As espécies de plantas diferem acentuadamente em sua tolerância ao Cu; por exemplo, feijão tolera toxicidade de Cu muito melhor do que milho.

Resposta das culturas a cobre

As espécies e cultivares de plantas variam consideravelmente em sua sensibilidade à deficiência de Cu e na resposta à sua aplicação (Tabela 2). A sensibilidade à toxicidade de Cu não necessariamente segue a ordem inversa.

Em um conjunto de 115 experimentos de campo com trigo de primavera nas Províncias das Pradarias do Canadá, encontrou-se uma frequência de 87% de resposta em termos de produtividade de grãos à aplicação de Cu nos locais em que o teor de Cu extraível com DTPA no solo era menor do que 0,4 ppm. A resposta em termos de produtividade de grãos à aplicação dessa concentração de Cu foi, em média, de 47%, enquanto em níveis entre 0,4 ppm e 0,8 ppm, de acordo com as análises de solo, o aumento de produtividade foi, em média, de 10%. As análises de solo foram eficientes para identificar as deficiências e a frequência de resposta rentável à aplicação de Cu variou entre 19% e 77% (dependendo do preço do trigo

e da taxa de retorno exigida) para solos com níveis abaixo de 0,4 ppm, e foi muito rara em maiores concentrações de Cu (KARAMANOS et al., 2003).

No Brasil, algumas culturas hortícolas, como alface, alho e cebola, são responsivas à aplicação de Cu. Souza e outros (1982) verificaram resposta positiva de uma cultivar de alho à aplicação de sulfato de cobre em solo de Cerrado. Resende e outros (2005) obtiveram maior produção de massa fresca e maior circunferência da cabeça comercial de alface americana com aplicação de 26 g/ha de Cu, bem como melhor sanidade das folhas externas quando a aplicação ocorreu aos 21 e 28 dias após o transplante.

Rodrigues e outros (2010) verificaram que os teores de Cu extraídos pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA são altamente correlacionados entre si e que, portanto, a avaliação da disponibilidade deste micronutriente para mudas de eucalipto pode ser feita utilizando qualquer um deles. Os autores também observaram que os níveis críticos de Cu em solos de Cerrado para o crescimento de mudas de eucalipto foram iguais ou inferiores a 0,12 mg/dm³ e 0,09 mg/dm³, utilizando os extratores Mehlich-1 e DTPA, respectivamente, e que os teores e conteúdos de Cu na planta mostraram estreita relação com os teores de Cu no solo com os extratores avaliados.

Tabela 2. Sensibilidade das culturas à deficiência de cobre.

Alta	Média	Baixa
Alface	Abacaxi	Aspargo
Alfafa	Aipo	Batata
Alpiste	Beterraba açucareira	Canola
Arroz	Brócolis	Centeio
Aveia	Cevada	Colza
Beterraba de mesa	Cheróvia	Ervilha
Capim sudão	Couve-flor	Feijão
Cebola	Maçã	Gramma para jardim
Cenoura	Milho	Gramíneas forrageiras
Citros	Mirtilo	Hortelã-pimenta
Espinafre	Morango	Hortelã-verde
Linho	Nabo	Pinheiro
Trigo	Pepino	Soja
	Rabanete	Tremoço
	Rabo-de-gato	Uva
	Repolho	
	Sorgo	
	Tomate	

Fonte: Havlin e outros (2014) e Marschner (1995).

Referências

- HAVLIN, J. L.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. *Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management*. 8. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2014.
- KARAMANOS, R. E.; GOH, T. B.; HARAPIAK, J. T. Determining wheat responses to copper in prairie soils. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v. 83, no. 2, p. 213–221, 2003.
- LU, Q.; HE, Z. L.; STOFFELLA, P. J. Land application of biosolids in the USA: a review. *Applied and Environmental Soil Science*, v. 2012, 201462, 2012.
- MARSCHNER, R. *Mineral nutrition of higher plants*. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995.
- MARTENS, D. C.; WESTERMAN, D.T. Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M. (Ed.). *Micronutrients in agriculture*. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 549–592. (Book Series, 4).
- RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C.; SOUZA, R. J.; CARVALHO, J. G. Resposta da alface americana (*Lactuca sativa* L.) a doses e épocas de aplicação de cobre. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1209–1214, 2005.
- RODRIGUES, F. A. V.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F. Disponibilidade de cobre para mudas de eucalipto em solos de Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1923–1932, 2010.
- SOUZA, A. F.; MENEZES SOBRINHO, J. A.; LIMA, J. A.; CASTOR, O. S.; FERREIRA, P. Efeito de cobre e zinco no rendimento de alho (*Allium sativum* L.) em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 22., Vitória, 1982. Anais... Vitória: Sociedade de Olericultura do Brasil, Secretaria do Estado da Agricultura do Espírito Santo, 1982. p. 302.
- XIONG, X.; LI, Y. X.; LI, W.; LIN, C. Y.; HAN, W. Copper content in animal manures and potential risk of soil copper pollution with animal manure use in agriculture. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 54, no. 11, p. 985–990, 2010.