

## Nutrição

# O uso de micronutrientes na maximização da produção

Godofredo Cesar Vitti e Nivaldo Grando Junior\*

JOSÉ NUNES JÚNIOR/CTPA



Lavoura de soja; GO, 2005

A soja é a principal oleaginosa do Brasil, cultivada em todas as latitudes do país, principalmente em solos de cerrado, que se caracterizam pela baixa fertilidade natural. Por isso mesmo, necessitam da aplicação de altas doses de corretivos e de fertilizantes, para garantir a obtenção de boa produtividade. Nesse contexto, a utilização correta de micronutrientes é imprescindível para a maximização dos macronutrientes, resultando em nutrição mineral adequada, com reflexos evidentes na produtividade e na qualidade da planta, bem como no aumento de sua resistência a pragas, doenças e condições adversas do ambiente.

A ocorrência de micronutrientes na cultura da soja, limitando a produtividade e influenciando a qualidade e os aspectos fitossanitários, tem aumentado de modo preocupante. Os fatores associados à deficiência e/ou disponibilidade dos micronutrientes podem ser enumerados, como a seguir: material de origem; reação do solo (pH); textura do solo; oxi-redução (especificamente quanto ao ferro, manganês e cobre); práticas culturais (calagem, gessagem, adubação fosfatada e plantio direto); características genéticas da planta; desbalanceamento entre cátions metálicos (ferro, cobre, manganês e zinco).

Quanto ao material de origem e à textura solo – fatores não controlados pelo homem –, os solos originários de arenitos e os de textura grosseira apresentam maiores probabilidades de respostas a micronutrientes do que, por exemplo, os solos originários de basalto e os de textura fina (com maior poder “tampão”, além de maiores teores de argila e de material orgânico). Quanto às condições de oxirredução, em solos com excesso de água, há deficiência de  $Mn^{2+}$ , provocada pelo excesso de  $Fe^{2+}$ , bem como deficiência de  $Cu^{2+}$ , devido à ocorrência da forma  $Cu^+$  insolúvel para as plantas, conforme o seguinte esquema:

EXCESSO DE ÁGUA	SOLOS NORMAIS
$Fe^{2+}$ (solúvel) + $e^-$	$Fe^{3+}$ (insolúvel)
$Mn^{2+}$ (solúvel) + $e^-$	$Mn^{4+} + O_2$ (insolúvel)
$Cu^{2+}$ (solúvel)	$Cu^+$ (insolúvel) + $e^-$

Analisando-se a Figura 1, observa-se, nas áreas com excesso de umidade, uma relação Fe/Mn de 12,5/1,0 enquanto que, em plantas de áreas normais, a relação Fe/Mn é de 6,2/1,0. O teor de cobre, nas áreas com má drenagem, é aproximadamente 30% menor (6,3 mg/kg) do que nas áreas normais (8,6 mg/kg). A influência do pH na disponibilidade de micronutrientes nos solos é apresentada na Figura 2.

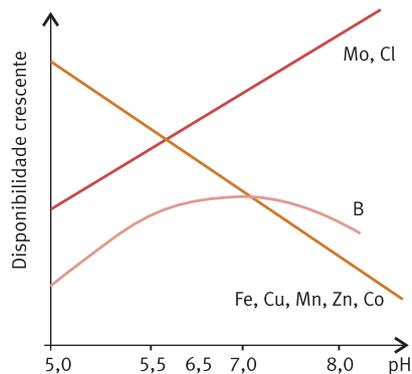
Observa-se, ainda na Figura 2, que a elevação do pH aumenta linearmente a disponibilidade do molibdênio (Mo),

pela diminuição de cargas positivas, e diminui a disponibilidade dos cátions metálicos (Fe, Cu, Mn, Zn e Co), por conta do aumento da CTC (maior fixação) e precipitação de cátions em solução, na forma de hidróxidos insolúveis. O boro apresenta efeito quadrático, isso é, baixa disponibilidade em reação ácida (falta de mineralização de matéria orgânica) e queda na disponibilidade em pH próxima da neutralidade (aumentando a lixiviação pelo crescimento da CTC do solo e da relação Ca/B). Assim, principalmente em sistema de plantio direto, é importante estar atento à necessidade de dosagens de calcário.

Além da calagem, outras práticas de plantio e características da soja podem afetar a disponibilidade de micronutrientes, quais sejam:

- a adubação fosfatada ( $H_2PO_4^- \times Zn$  ou  $Cu$  ou  $Mn$ ), ou seja, a formação de precipitados poucos solúveis do  $H_2PO_4^-$  com cátions metálicos, principalmente zinco (inibição não-competitiva);
- o plantio direto, que forma quelatos estáveis de micronutrientes metálicos, com a matéria orgânica (principalmente o cobre), seguindo a seguinte ordem decrescente de estabilidade ( $Cu > Fe > Co > Zn > Mn$ );
- o desbalanceamento entre cátions metálicos, que causa inibição competitiva, isso é, a presença de um íon A

FIGURA 2 | DISPONIBILIDADE DE MICRONUTRIENTES, EM FUNÇÃO DO PH



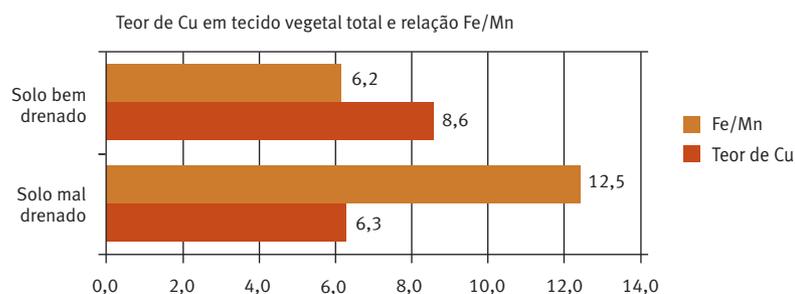
Fonte: Malavolta (1979)

( $Cu^{2+}$  ou  $Mn^{2+}$ , por exemplo) inibindo a absorção de um íon B ( $Zn^{2+}$ );

- característica genética da planta; a soja inclui-se entre as cultivares que apresentam sensibilidade à deficiência de manganês (Mn), não sendo capaz de reduzir esse elemento na superfície da raiz por meio da excreção de ácidos orgânicos, conforme o seguinte esquema simplificado: Rizosfera  $MnO_2 + e^-$  (insolúvel);  $Mn^{2+}$  (solúvel).

A disponibilidade dos micronutrientes depende de fatores que podem diminuir a eficiência do seu aproveitamento pela planta. Isso ressalta a importância de que eles sejam fornecidos de maneira que as

FIGURA 1 | TEORES DE Fe, Mn E Cu EM TECIDO VEGETAL



Fonte: Grupo Eldorado, safra 2001/2002

plantas consigam aproveitá-los eficientemente. Para isso, é fundamental identificar o método de aplicação mais adequado em cada caso. Fontes de micronutrientes utilizadas pela agricultura foram descritas detalhadamente em várias publicações recentes, no Brasil e no exterior. Em geral, são agrupadas em: fontes inorgânicas (sais, ácidos, óxidos e oxissulfatos); fontes orgânicas (quelatos sintéticos, complexos orgânicos); óxidos silicatados (“fritas”). Levando-se em consideração principalmente o histórico da área, a análise do solo, a diagnose visual e a análise de folha, os micronutrientes podem ser disponibilizados das três formas a seguir descritas.

**1. Via semente** – Consta da aplicação de molibdênio (Mo) e cobalto (Co), elementos envolvidos na fixação biológica do  $N_2$  do ar, juntamente com a aplicação do inoculante. As doses de Mo devem ficar na faixa de 20 a 30 g/ha e as de Co na faixa entre 2 a 5 g/ha (Vitti et al., 1984). As fontes a serem utilizadas devem estar com pH entre 5 e 6, para não afetar a ação das bactérias fixadoras de nitrogênio do ar, além de respeitar um pequeno intervalo de tempo entre a inoculação e o plantio, o que reduz o contato entre as bactérias e os produtos aplicados à semente, garantindo eficiência à fixação.

**2. Via solo** – Para aplicação via sulco de semeadura, juntamente com os macronutrientes recomendados, existem diversas formas e fontes a serem utilizadas, visando ao fornecimento principalmente de boro, manganês, zinco e cobre. O boro, altamente móvel no solo por fluxo de massa, não deve ser fornecido com fontes muito solúveis, devido a problemas de toxicidade. Recomenda-se a aplicação, entre 0,5 e 1,0 kg/ha de B, no sulco de semeadura, que pode ser fornecido na forma de ulexita (10% B). Já os micronutrientes metálicos (Mn, Zn e Cu), que sofrem adsorção não-específica (fixação) dos colóides do solo, por se

comportarem como cátions (cargas positivas), devem ser fornecidos na forma de oxissulfatos, em doses atendendo às seguintes médias: Mn, entre 2,5 e 6,0 kg/ha; Zn, entre 4,0 e 6,0 kg/ha e Cu 0,5, de 2,0 kg/ha (Mascarenhas/Tanaka, 1996). Novas técnicas demonstram que aplicações por meio de mistura granulada de micronutrientes ligada a grânulos de macronutrientes (principalmente fósforo) facilita o processo e aumenta a eficiência de distribuição, garantindo maior uniformidade e rendimento. É importante ressaltar que os micronutrientes metálicos apresentam efeitos residuais, sendo sua reaplicação dependente de uma verificação dos seus teores no solo, exceto no caso do boro que, pela sua alta mobilidade, deve ser reaplicado anualmente.

**3. Via foliar** – A aplicação via foliar permite disponibilizar os micronutrientes à planta de maneira rápida e eficaz. Nesse processo, devem-se utilizar fontes altamente solúveis, que sejam rapidamente absorvidas e que podem ser as seguintes:

a) Via herbicida – Uma alternativa para aplicação de micronutrientes Co e Mo, em substituição ao tratamento de sementes, é a aplicação no estágio fenológico  $V_5$ , juntamente com a aplicação dos herbicidas de pós-emergência. Pode-se também substituir ou parcelar em duas as doses que seriam aplicadas juntamente com as sementes e realizá-las via foliar. No caso da substituição, deve-se aplicar de 2 a 5 g/ha de Co e 20 a 30 g/ha de Mo. Trabalhos realizados pela Embrapa demonstram não haver diferenças de produtividade entre os dois tipos de aplicações, valendo ressaltar que o atraso nas aplicações via foliar resulta em perdas significativas, devendo levar-se em consideração, principalmente em grandes áreas, a capacidade de aplicação disponível na propriedade, antes de se optar por esse método.

b) Via defensivos – A aplicação via foliar disponibiliza, de maneira rápida e eficaz, os micronutrientes à planta; nesse processo, devem-se utilizar fontes altamente solúveis que sejam rapidamente absorvidas pelas folhas, nos estádios fenológicos de  $V_4$  e  $R_1$ . Os principais micronutrientes a serem fornecidos via foliar são o manganês, o zinco e o cobre, em função da alta reatividade que apresentam, quando são aplicados via solo. As fontes para aplicação foliares mais comuns são os sais solúveis e os sais quelatizados. Esses últimos proporcionam menor reação no tanque de aplicação, quando misturados a outros produtos, e maior eficiência de absorção foliar, resultando em menores doses que os sais solúveis. As doses para aplicação foliar variam entre: Mn – 250 a 300 g/ha de sais solúveis e 150 a 200 g/ha de sais quelatizados; Zn – 100 a 150 g/ha de sais solúveis e 50 g/ha de sais quelatizados; Cu – 15 a 30 g/ha de sais solúveis e 10 a 12 g/ha de sais quelatizados. Essas doses devem ser parceladas em duas aplicações, sendo a primeira em  $V_4$  e a segunda em  $R_1$ . 

---

\* **Godofredo Cesar Vitti** é professor do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da USP ESALQ ([gcvitti@esalq.usp.br](mailto:gcvitti@esalq.usp.br)) e **Nivaldo Grandão Junior** é graduando em Engenharia Agrônoma da USP ESALQ.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MALAVOLTA, E. *ABC da adubação*. 4. ed. São Paulo: Ceres, 1979. 256 p.
- MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T. Soja. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van et al. (Eds.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 202-203. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- VITTI, G. C. et al. Fertilizante com molibdênio e cobalto na cultura da soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, SP, n. 8, p. 349-352, 1984.