

Micronutrientes

Produtividade máxima exige adequação de princípios no manejo dos micronutrientes

Alfredo Scheid Lopes*

A evolução da área sob Sistema de Plantio Direto (SPD), nas últimas décadas, representou uma verdadeira revolução na tecnologia de produção agrícola brasileira – notadamente de grãos. Embora conceitos e princípios da química do solo e do manejo de fertilizantes contendo micronutrientes da agricultura tradicional (de aração e gradagem) sejam válidos para o SPD, alterações no manejo justificam adequações quando são diagnosticadas deficiências de micronutrientes e possíveis correções dos problemas. Essas adequações objetivam alcançar um nível de Produtividade Máxima Econômica e Sustentável (PMES). Entre elas, destacam-se as seguintes:

PRISCILA DE OLIVEIRA

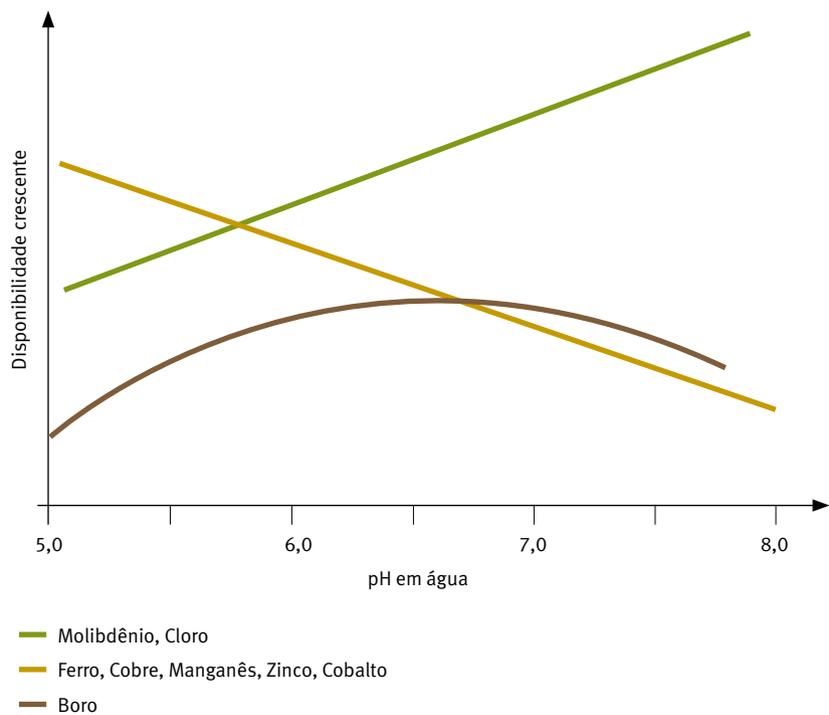


Soja após pasto de *Brachiaria brizantha* em área comercial; Ipameri, GO; 2008

Calagem – diferentemente do sistema tradicional de produção, que envolve aração e gradeação, em que a dose de calcário é calculada para ser incorporada na camada superficial de 20 a 30 cm, no plantio direto, qualquer dose de calcário é feita por aplicação superficial, sem incorporação ao solo. Nesse caso, o efeito do calcário aplicado, mesmo em doses mais reduzidas, causa uma acentuada elevação nos níveis de pH nos primeiros 5 cm do solo. Com isso, há grande probabilidade de ocorrer, com maior intensidade, uma diminuição linear na disponibilidade de Fe, Cu, Mn, Zn e Co, e até mesmo do B, quando o nível de pH em água for acima de 7,0 (Figura 1).

Matéria orgânica – o comportamento da matéria orgânica, em relação à disponibilidade de micronutrientes, é extremamente complexo, em decorrência da grande diversidade de produtos resultantes de sua decomposição e da maior ou menor afinidade desses produtos pelos micronutrientes metálicos. Em SPD consolidado, com uma adequada sequência de rotação de culturas por muitos anos, deverá ocorrer, pelo menos nas camadas superficiais do solo, um aumento considerável no teor de matéria orgânica, sobretudo com o passar de anos de cultivo. Isso implica também em um aumento sensível na possibilidade de formação de complexos estáveis dos ácidos húmicos com os micronutrientes metálicos, com a conseqüente diminuição da disponibilidade desses micronutrientes para as plantas. Isso pode ocorrer, notadamente, em áreas com baixa disponibilidade natural de micronutrientes ou com a aplicação de doses reduzidas de fertilizantes contendo micronutrientes. A formação desses complexos estáveis é ainda mais acelerada em áreas onde a calagem superficial não é bem feita (em doses excessivas), ou nas situações de pós-calagem em que há, pelo menos no curto prazo, uma calagem excessiva. Em termos gerais, o poder de formação desses complexos estáveis,

FIGURA 1 | EFEITO DO AUMENTO DO PH NA DISPONIBILIDADE DE MICRONUTRIENTES



Fonte: Adaptado de Malavolta, 1979

que tornam os micronutrientes menos disponíveis, diminui segundo a ordem $Cu > Fe > Zn > Mn$. Portanto, dentre os micronutrientes, o Cu é o que mais interage com esses compostos orgânicos no solo, formando complexos muito estáveis, em especial com os grupos carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica. Alguns desses complexos são tão estáveis que a maioria das deficiências de Cu tem sido associada a solos orgânicos. Por outro lado, em condições normais de pH para o cultivo das plantas, as reações com ligantes orgânicos de menor tamanho, como ácido fúlvico, cítrico, oxálico, tartárico, etc., geram complexos com maior mobilidade e solubilidade, aumentando a disponibilidade de micronutrientes para as plantas. Por esse motivo, é importante o aporte contínuo de resíduos vegetais ao solo, para maximizar a formação desses complexos de menor tamanho que apresentam maior mobilidade na solução do solo para as raízes das plantas.

Reações de oxirredução – as reações de oxirredução, fenômeno comum tanto em solos sob cultivo convencional como em SPD, influenciam a disponibilidade de micronutrientes, especialmente de Fe e Mn. O potencial de oxirredução, que é expresso em termos de pE (-log da atividade do elétron), é dependente do pH do solo, da aeração e da atividade microbiana. Solos bem drenados e arejados têm potencial de oxirredução entre 400 e 700 mV, já em solos inundados, esse potencial cai para valores entre -250 e -300 mV. A redução do Mn^{4+} para Mn^{2+} ocorre em solos com potencial de 401 mV, e a redução do Fe^{3+} para Fe^{2+} se dá em potencial de -185 mV. Isso explica por que, mesmo em solos não inundados e com potenciais positivos, a toxidez de Mn é frequente em solos com alto teor de Mn. Já a toxidez de Fe tem sido mais comum em condições muito redutoras (mais negativas), como na cultura do arroz inundado ou em áreas após longos períodos de chuvas intensas

ou com excesso de irrigação. Em relação ao cobre e ao zinco, embora o Cu^{2+} possa ser reduzido a Cu^+ , nem esse elemento nem o Zn são afetados diretamente pelas condições de oxirredução que ocorrem na maioria dos solos. Entretanto, esses elementos podem ser afetados indiretamente pelo aumento do pH em solos ácidos a valores próximos da neutralidade, decorrentes do alagamento, o que leva a reduzir a disponibilidade de Zn e Cu para a cultura do arroz inundado.

Aplicações via solo – a aplicação via solo ainda é a forma mais comum de adição da maioria dos micronutrientes, tanto para a agricultura convencional quanto no SPD. É preciso, entretanto, levar em conta que a maioria dos micronutrientes, à exceção do boro, se movimenta por difusão para atingir a superfície das raízes e ser absorvido para executar suas funções fisiológicas na planta. Como se sabe, o movimento por difusão não ocorre para além de alguns milímetros do ponto de aplicação, diferentemente do fluxo de massa que pode ocorrer a grandes distâncias. No caso do Cu, Fe, Mn e Zn, principalmente, a distribuição adequada ao longo da linha de plantio e também a localização correta em relação à posição da semente constituem fatores cruciais para aumentar a eficiência agrônômica da aplicação de micronutrientes no solo. Além disso, os seguintes aspectos são também importantes:

- para aplicações em linha, os fertilizantes que contêm micronutrientes devem ter, pelo menos, 40% do seu teor total solúvel em água incluindo, prioritariamente, os oxissulfatos e os sulfatos;
- todos os grânulos dos fertilizantes devem conter os micronutrientes que podem ser obtidos tanto por incorporação em cada grânulo (misturas granuladas ou fertilizantes complexos), como evidencia a Figura 2 (2-1), quanto por revestimento das misturas granuladas, fertilizantes complexos ou mesmo fertilizantes simples, pelos micronutrientes, como indicado na Figura 2 (2-2) e (2-3);

- misturas de grânulos que contêm, separadamente, grânulos de N, P, K e de micronutrientes ou o micronutriente incorporado a um dos macronutrientes – mesmo que todos os grânulos sejam uniformes quanto ao tamanho – têm menor eficiência agrônômica do que os anteriormente descritos, como mostra a Figura 2 (2-4) e (2-5);

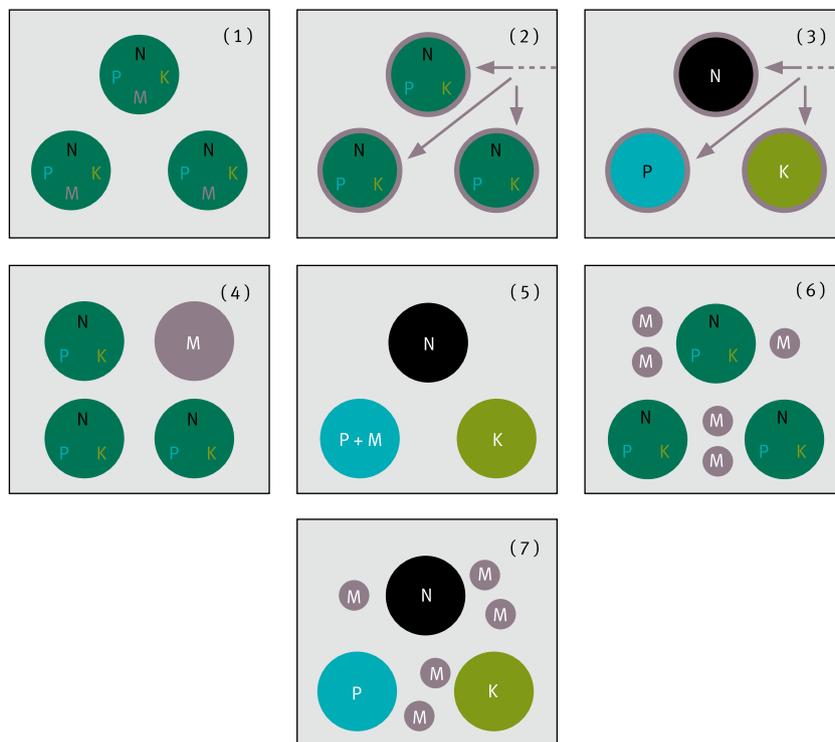
- não havendo compatibilidade entre o tamanho dos grânulos de micronutrientes e o dos outros componentes, a ocorrência de segregação e desuniformidade de distribuição são muito acentuadas, como apresenta na Figura 2 (2-6) e (2-7). Detalhes dessas opções podem ser encontrados em Lopes (1991).

Tratamento de sementes – o tratamento de sementes com molibdênio (Mo) e cobalto (Co), elementos importantes no processo de fixação biológica de N_2 do ar em plantas leguminosas, é um dos temas

mais estudados no Brasil e se constitui em uma das tecnologias mais eficientes e difundidas. Doses de 20 a 30 g/ha de Mo e 2 a 5 g/ha de Co, aplicadas juntamente com o inoculante, é uma recomendação genérica para a cultura da soja (Vitti et al., 1984). Mesmo no caso de Zn e Cu, o tratamento de sementes tem apresentado excelentes resultados, em termos de correção da deficiência desses micronutrientes na cultura da soja e do milho. Nesses casos, as fontes mais indicadas têm sido os óxidos de Zn e de Cu, finamente moídos, na dose de 0,8 kg/ha, usando um agente agregante para aderência do micronutriente às sementes da cultura (Galvão, 1996; 1999).

Adubação foliar – outra forma eficiente para a aplicação de micronutrientes é a adubação foliar, pois permite disponibilizar os micronutrientes às plantas de maneira rápida e eficaz. Nesse

FIGURA 2 | ALTERNATIVAS DE FERTILIZANTES COM MICRONUTRIENTES PARA APLICAÇÕES VIA SOLO



Fonte: Adaptado de Lopes, 1991



Manejo adequado dos micronutrientes em área de Plantio Direto; Montividiu, GO

caso, as fontes de micronutrientes devem ser solúveis em água. Um inconveniente da adubação foliar é que, na maioria das vezes, essa adubação necessita ser repetida de 2 a 3 vezes no período de crescimento das plantas, o que onera a operação. A possibilidade de associar fertilizantes contendo micronutrientes com herbicidas e outros defensivos agrícolas, desde que haja compatibilidade entre os produtos, pode ajudar a diminuir os custos de aplicação.

Outros aspectos – vários outros aspectos devem ser considerados para aumentar a probabilidade do uso eficiente de micronutrientes no plantio direto, destacando-se os seguintes:

- solos arenosos, com baixos teores de matéria orgânica e sujeitos a chuvas intensas, são mais propensos a apresentarem, principalmente, deficiência de boro, mas também de outros micronutrientes;
- excesso de zinco pode induzir à aceleração das deficiências de cobre;
- deficiência de ferro pode ocorrer em decorrência de um desequilíbrio em relação a molibdênio, cobre e manganês;
- deficiência de ferro pode também ocorrer sob condições de excesso de

fósforo, pH elevado, calagem excessiva, baixas temperaturas e altos níveis de bicarbonato;

- excesso de cálcio, magnésio e ferro pode induzir à deficiência de manganês;
- solos calcariados, para atingir pH acima de 6,0 – principalmente os mais arenosos – com aplicação de altas doses de fósforo, tendem a apresentar deficiência de zinco;
- deficiências de molibdênio são mais prováveis em solo com pH em água menor que 5,5 e doses muito elevadas de sulfatos induzem à deficiência desse micronutriente, ao passo que doses elevadas de fósforo aumentam sua absorção.

Ferramentas de diagnose – um dos aspectos mais importantes, em relação a micronutrientes, tanto na agricultura convencional quanto no plantio direto, é a capacitação do técnico que presta assistência aos agricultores sobre o assunto. O aprimoramento das técnicas de diagnose deve ser uma atividade constante no dia a dia desses profissionais, com ênfase em:

- aprofundamento do conhecimento a respeito de critérios para interpretação de micronutrientes nas análises de solo;
- conhecimento de critérios de amostra-

gem e interpretação de teores foliares adequados para as culturas em sua região de atuação;

- capacitação na identificação, em campo, dos sintomas de deficiência e toxicidade de micronutrientes;
- conhecimento dos diversos fatores que afetam a disponibilidade dos micronutrientes para as mais diferentes condições de solos, clima e culturas;
- conhecimento prévio e elaboração constante do histórico de manejo das diferentes áreas de uma propriedade que possam ajudar a completar uma diagnose correta dos possíveis problemas decorrentes de variações do tipo de manejo utilizado. Detalhes sobre essas ferramentas podem ser encontrados em Abreu et al. (2007). 

* **Alfredo Scheid Lopes** é professor emérito da UFLA, de Lavras (MG), pesquisador emérito do CNPq e consultor técnico da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ascheidl@ufla.br).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C. A. de; LOPES, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. *Fertilidade do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.
- GALRÃO, E. Z. Métodos de aplicação de zinco e avaliação de sua disponibilidade para o milho num Latossolo Vermelho-Amarelo franco-argilo-arenoso fase cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 20, n. 2, p. 283-289, 1996.
- GALRÃO, E. Z. Métodos de aplicação de cobre e avaliação da disponibilidade para a soja num Latossolo Vermelho-Amarelo franco-argilo-arenoso fase cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, n. 2, p.265-272, 1999.
- LOPES, A. S. Micronutrientes: filosofias de aplicação, fontes, eficiência agrônômica e preparo de fertilizantes. In SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1988, Jaboticabal. *Anais...* Piracicaba, Potafos CNPq, 1991. p. 357-390.
- MALAVOLTA, E. *ABC da adubação*. 4. ed. São Paulo: Editora Ceres, 1979.
- VITTI, G. C.; FERNANDES FILHO, D.; PEDROSO, P. A. C.; CASTRO, R. S. A. Fertilizante com molibdênio e cobalto na cultura da soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 8, n. 3, p. 349-352, 1984.