

## IMPORTÂNCIA DOS MICRONUTRIENTES NA CULTURA DA SOJA NO BRASIL

*Fernando Dubou Hansel<sup>1</sup>*

*Maurício Limberger de Oliveira<sup>2</sup>*

### INTRODUÇÃO

A produção agrícola depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de nutrientes de forma equilibrada no solo. Os micronutrientes essenciais, como boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn), molibdênio (Mo), cobalto (Co) e zinco (Zn), são absorvidos em pequenas quantidades pelas plantas, quando comparados aos macronutrientes. No entanto, quando os teores presentes no solo são insuficientes para manter a demanda das plantas, há uma drástica redução na atividade fisiológica vegetal, impactando diretamente na produtividade da cultura.

Nos últimos anos, a utilização de micronutrientes na adubação de grandes culturas vem ganhando destaque na agricultura brasileira. Isso ocorre principalmente devido ao aumento da produtividade das culturas e conseqüente aumento da remoção de diversos nutrientes do solo, ao aparecimento de deficiências induzidas em razão do aumento das doses utilizadas e da incorreta incorporação de calcário ao solo e ao aprimoramento da análise de solo e foliar, com melhoria na eficiência da diagnose de micronutrientes.

O material de origem e os processos envolvidos na formação dos solos, os quais determinam a capacidade de retenção de água, a aeração e a temperatura do solo, também influenciam na disponibilidade de micronutrientes às plantas. Na Tabela 1 são apresentadas as condições do solo que predispõe ao aparecimento de deficiências de micronutrientes.

**Tabela 1.** Condições de maior probabilidade de deficiência de micronutrientes.

Micronutriente	Condições que favorecem a deficiência
Boro	Solos arenosos; alta pluviosidade; veranicos e estação seca; baixos teores de matéria orgânica; pH fora da faixa de 5,0 a 7,0
Cobre	Solos orgânicos; pH fora da faixa de 5,0 a 6,5; níveis elevados de outros íons metálicos como Fe, Al e Mn; doses elevadas de N
Manganês	Calagem excessiva (pH elevado); solos arenosos; solos orgânicos; excesso de Ca, Mg e K; níveis elevados de Fe, Cu e Zn; pH fora da faixa de 5,0 a 6,5
Molibdênio	Solos ácidos (pH menor que 5,5); solos arenosos; doses pesadas de sulfatos; níveis elevados de Cu
Cobalto	Calagem excessiva (pH elevado), matéria orgânica elevada
Zinco	Calagem excessiva (pH elevado); altos níveis de P, matéria orgânica elevada; solos arenosos (baixa CTC); pH fora da faixa de 5,0 a 6,5

Fonte: modificada de Resende (2003).

**Abreviações:** B = boro; Co = cobalto; Cu = cobre; FBN = fixação biológica de nitrogênio; Fe = ferro; K = potássio; Mn = manganês; Mo = molibdênio; P = fósforo; Zn = zinco.

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciência do Solo, Doutorando em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS; e-mail: [fernendodhansel@hotmail.com](mailto:fernendodhansel@hotmail.com)

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Agronomia na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS; e-mail: [mauriciodeoliveira8@hotmail.com](mailto:mauriciodeoliveira8@hotmail.com)

## INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS

Publicação trimestral gratuita do International Plant Nutrition Institute (IPNI), Programa Brasil. O jornal publica artigos técnico-científicos elaborados pela comunidade científica nacional e internacional visando o manejo responsável dos nutrientes das plantas.

ISSN 2311-5904

### COMISSÃO EDITORIAL

#### Editor

Valter Casarin

#### Editores Assistentes

Luís Ignácio Prochnow, Eros Francisco, Silvia Regina Stipp

#### Gerente de Distribuição

Evandro Luis Lavorenti

### INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE (IPNI)

#### Presidente do Conselho

Mostafa Terrab (OCP Group)

#### Vice-Presidente do Conselho

Oleg Petrov (Uralkali)

#### Tesoureiro

Tony Will (CF Industries Holdings, Inc.)

#### Presidente

Terry L. Roberts

#### Vice-Presidente, Coordenador do Grupo da Ásia e África

A.M. Johnston

#### Vice-Presidente, Coordenadora do Grupo do Oeste Europeu/Ásia Central e Oriente Médio

Svetlana Ivanova

#### Vice-Presidente Senior, Diretor de Pesquisa e Coordenador do Grupo das Américas e Oceania

Paul E. Fixen

### PROGRAMA BRASIL

#### Diretor

Luís Ignácio Prochnow

#### Diretores Adjuntos

Valter Casarin, Eros Francisco

#### Publicações

Silvia Regina Stipp

#### Analista de Sistemas e Coordenador Administrativo

Evandro Luis Lavorenti

#### Assistente Administrativa

Elisângela Toledo Lavorenti

#### Secretária

Kelly Furlan

### ASSINATURAS

Assinaturas gratuitas são concedidas mediante aprovação prévia da diretoria. O cadastramento pode ser realizado no site do IPNI:

<http://brasil.ipni.net>

Mudanças de endereço podem ser solicitadas por email para: [kfurlan@ipni.net](mailto:kfurlan@ipni.net) ou [etoledo@ipni.net](mailto:etoledo@ipni.net)

Nº 153 MARÇO/2016

## CONTEÚDO

<b>Importância dos micronutrientes para a cultura da soja no Brasil</b> <i>Fernando Dubou Hansel e Mauricio Limberger de Oliveira</i> .....	1
<b>Manejo do solo, calagem e adubação de hortaliças</b> <i>Paulo Espíndola Trani</i> .....	9
<b>Divulgando a Pesquisa</b> .....	11
<b>IPNI em Destaque</b> .....	14
<b>Prêmios do IPNI Brasil - 2016</b> .....	15
<b>Painel Agronômico</b> .....	16
<b>Eventos do IPNI</b> .....	17
<b>Cursos, Simpósios e outros Eventos</b> .....	19
<b>Publicações Recentes</b> .....	20
<b>Ponto de Vista</b> .....	21

### NOTA DOS EDITORES

Todos os artigos publicados no Informações Agronômicas estão disponíveis em formato pdf no website do IPNI Brasil: <<http://brasil.ipni.net>>

Opiniões e conclusões expressas pelos autores nos artigos não refletem necessariamente as mesmas do IPNI ou dos editores deste jornal.

### FOTO DESTAQUE



Prêmio IPNI Scholar Award 2016. Mais informações na página 14.

Devido às condições naturais ácidas dos solos brasileiros e à necessidade da prática da calagem, a disponibilidade de micronutrientes para as plantas é dependente principalmente das faixas de pH encontradas em cada ambiente, proporcionando cenários de deficiência, suficiência ou de toxidez.

A correta suplementação e eficiência na fertilização com micronutrientes dependerá das características do solo tanto quanto das eventuais mudanças e condições do ambiente proporcionadas pelo manejo de fertilizantes e corretivos. A seguir serão descritas as funções dos micronutrientes e alguns resultados de pesquisa com sua utilização na cultura da soja no Brasil.

### • MANGANÊS

Em sistemas naturais, o Mn está presente em minerais na forma de óxidos de Mn, frequentemente misturados a óxidos de ferro (Fe). Sua disponibilidade no solo é determinada por vários fatores, incluindo pH, potencial redox, natureza e concentração de cátions e ânions, composição mineralógica do solo, teor de matéria orgânica no solo e microrganismos (FAGERIA, 2009). Na planta, o Mn apresenta importante papel na constituição de enzimas, participação indireta na formação de clorofila e atua na ativação de diversas reações metabólicas ligadas à fotossíntese. O sintoma característico da deficiência de Mn é a clorose internerval das folhas, permanecendo as nervuras verde-escuras (Figura 1).



Figura 1. Sintomas de deficiência de manganês em soja.

A disponibilidade de Mn aumenta quando o pH do solo diminui, sendo comum o aparecimento de sintomas de toxidez por Mn em solos com pH abaixo de 5,5. Por outro lado, com a elevação do pH a valores acima de 6,0, há crescente redução na disponibilidade de Mn no solo, resultando na deficiência desse nutriente às plantas. O manejo incorreto de nutrientes e de corretivos do solo tem sido apontado como o principal fator desencadeador da deficiência de Mn.

Em trabalho clássico realizado no cerrado, em Latossolo Vermelho-Escuro, Tanaka et al. (1992) observaram sintomas de deficiência de Mn em plantas de soja causada pela aplicação de dose elevada de calcário. Nesse solo, mesmo havendo incorporação da calagem, a saturação por bases resultante foi de 81% e o pH 5,9, condições suficientes para o desenvolvimento da deficiência. Por outro lado, Oliveira Junior et al. (2000), estudando doses de calcário e de Mn na cultura da soja no cerrado, constataram que os efeitos favoráveis da aplicação de calcário (elevação do pH a 5,4 e saturação por bases de 70%) foram maiores do que os danos causados pela diminuição do teor de Mn, e que a aplicação foliar de Mn foi uma técnica eficiente para aumentar e manter a produção.

O material genético utilizado pelo agricultor também pode influenciar na tolerância da cultura à deficiência de Mn. Estudos conduzidos em condições de baixa disponibilidade de Mn no solo apontaram para um comportamento diferenciado entre distintas cultivares de soja. Para uma mesma concentração de Mn na parte aérea, as cultivares apresentaram diferentes comportamentos quanto aos sintomas de deficiência de Mn e produção de matéria seca (OLIVEIRA et al., 1997). Por outro lado, cultivares consideradas sensíveis, mas que tiveram maior alocação de Mn no tecido foliar, mostraram menor sensibilidade à deficiência desse elemento.

De maneira geral, a aplicação foliar de Mn na soja tem sido a forma mais utilizada para o fornecimento desse nutriente. Carvalho et al. (2015) reportaram incrementos na produtividade das cultivares Celeste e Batiza RR em resposta à fertilização foliar, sob condições de solo com teores de Mn abaixo do nível crítico. Nas condições estudadas, as produtividades máximas foram obtidas com a aplicação de 150 g ha<sup>-1</sup> de Mn, notando-se maior resposta na produção de grãos quando esta foi realizada no estágio R1, em relação ao estágio R3. Quanto à qualidade fisiológica das sementes, Carvalho et al. (2014) observaram que a aplicação foliar de Mn proporcionou incrementos nesse parâmetro em sementes submetidas aos testes de germinação, envelhecimento acelerado, emergência de plântulas, condutividade elétrica e tetrazólio (viabilidade, vigor e danos mecânicos).

Com a introdução da soja RR e a intensificação na utilização do herbicida glifosato, surgiram questões referentes ao problema da deficiência de Mn induzida pelo glifosato na soja (Figura 2). A característica quelante do glifosato pode promover a imobilização de nutrientes, como Fe e Mn, em soja transgênica resistente a este herbicida, induzindo a deficiência de Mn na cultura. Com o objetivo de mitigar esse distúrbio nutricional, Merotto Junior et al. (2015) buscaram identificar os efeitos do glifosato em interação com a adubação foliar em cultivares de soja que já apresentavam sintomas de deficiência induzida. Os resultados demonstraram que, nessas condições, a adubação foliar não promoveu incrementos nos teores foliares de Mn, mostrando-se ineficiente como forma de aumentar o rendimento de grãos de soja. Carvalho et al. (2015) concluem que a transgenia RR da soja não proporciona maior resposta à aplicação de Mn.

### • BORO

O B apresenta função vital em várias etapas relacionadas à fase reprodutiva das plantas (FAGERIA, 2009). Além disso, participa de vários processos fisiológicos, principalmente na síntese



Figura 2. Deficiência de manganês induzida pela aplicação de glifosato na soja RR.

e integridade da parede celular, podendo seus sintomas de deficiência serem confundidos com os de fósforo (P) e de potássio (K) (YAMADA, 2000). Assim, na sua deficiência não há crescimento de novas raízes e nem de novas brotações. No Brasil, é rara a ocorrência de deficiência nutricional por B, sendo encontrada somente em situações extremas de elevado pH e elevada saturação por bases do solo devido ao aumento da sua adsorção por óxidos de ferro e principalmente de alumínio. Todavia, devido ao aumento das doses de corretivos, muitas vezes ultrapassando os limites estabelecidos pelas recomendações, a ocorrência de deficiências nutricionais por B (Figura 3) podem se tornar mais frequentes.



Figura 3. Sintomas de deficiência de boro em soja.

Estudos avaliando a utilização do B em diferentes doses e épocas na cultura da soja apontam para efeitos isolados na planta, sem influência na qualidade fisiológica das sementes (KAPPES et al., 2008) e na produtividade (ROSOLEM et al. 2008; CALONEGO et al., 2011). Kappes et al. (2008) verificaram que a aplicação de B, quando responsiva, apresentou o melhor resultado no aumento do número de vagens por planta quando foi aplicado no estágio V5.

A funcionalidade do B nas plantas é dependente da disponibilidade de Ca nos tecidos, sendo de fundamental importância que ambos estejam disponíveis em quantidades suficientes para o desenvolvimento das plantas. Avaliando os efeitos da aplicação de Ca e B via foliar nas fases vegetativa e reprodutiva da soja sobre os componentes de rendimento (número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de sementes por planta) e a qualidade fisiológica das sementes, Bevilaqua et al. (2002) concluíram que a aplicação de Ca e B aumentou o peso de grãos por planta, porém não afetou a qualidade fisiológica das sementes. Além disso, os autores verificaram que as melhores respostas da aplicação de Ca e B sobre os componentes de rendimento foram verificadas nas fases de floração e pós-floração.

#### • MOLIBDÊNIO

O Mo está envolvido em diversos processos bioquímicos nas plantas e tem importância fundamental na incorporação do N em compostos orgânicos por meio das reações de redução de nitrato a nitrito (SFREDO e OLIVEIRA, 2010). Ele também é essencial para a fixação biológica do nitrogênio (FBN), pois é componente do complexo enzimático nitrogenase, envolvido no processo de redução do  $N_2$  a amônia. Assim, os sintomas de deficiência de Mo expressam-se como amarelecimento das folhas mais velhas, devido à deficiência de N, e possíveis necroses marginais, devido ao acúmulo de nitrato (Figura 4).

O solo pode atender às exigências de Mo das plantas de soja sem haver necessidade de seu fornecimento via adubação, sendo essa disponibilidade regulada pelo pH do solo. Sfredo e Oliveira (2010) salientam que a absorção de Mo pelas plantas de soja ocorre

predominantemente na forma de  $MoO_4^{2-}$  quando o pH do solo é igual ou maior que 5,0. Essa informação foi confirmada por estudo de Marcundes e Caires (2005), no qual ficou evidente que em solo com pH 5,2 não houve influência do Mo aplicado às sementes sobre a nodulação, o teor de N nas folhas e nos grãos e a produtividade. Porém, o Mo é lixiviado com facilidade no solo e os teores disponíveis ao longo do tempo, somados ao da extração pelas culturas, podem não ser suficientes para atender à demanda exigida para uma eficiente fixação biológica do N, tornando-se necessária sua suplementação via adubação.

Estudo realizado por Gelain et al. (2011) mostrou que a utilização de Mo no tratamento de sementes proporcionou maior eficiência da FBN, o que acarretou em incremento na matéria seca da parte aérea das plantas e maior teor de N foliar. Além disso, houve aumento no rendimento de grãos, na massa de 1.000 grãos e no teor de proteína dos mesmos. Outros estudos apontam que, além do tratamento de sementes, o fornecimento via foliar de Mo, juntamente com Co, também pode afetar positivamente esses parâmetros na cultura (DOURADO NETO et al., 2012).

É importante destacar que o contato direto das formulações contendo Mo com as bactérias fixadoras de N (inoculante) durante o tratamento de sementes pode prejudicar a sobrevivência dos rizóbios e, conseqüentemente, afetar a produção de nódulos e a FBN nas plantas de soja (ALBINO e CAMPO, 2001).

Em trabalho realizado por Golo et al. (2009), a aplicação de Mo e Co em sementes de soja inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* promoveu melhoria na qualidade fisiológica das sementes, porém, na ausência de inoculação, o aumento das doses de Mo e Co ocasionaram diminuição da sua qualidade. Isso leva a considerar que em solos com baixa disponibilidade desses microrganismos, ou na ausência de inoculação, deve-se evitar a aplicação de produtos que forneçam esses micronutrientes às sementes.

Diante do exposto, é importante levar em consideração as diferentes formas de fornecimento de Mo às plantas no intuito de evitar prejuízos à qualidade fisiológica das sementes e à capacidade produtiva da cultura. Dentre as tecnologias testadas está o enriquecimento de sementes com Mo, via aplicação foliar, em doses elevadas, durante a fase reprodutiva. O período de enchimento de



Figura 4. Sintomas de deficiência de molibdênio em soja.

grãos nas plantas de soja é a fase na qual o Mo é translocado para as sementes (MORAES et al., 2008). Apesar de onerosa, essa prática dispensa a aplicação de Mo no momento do cultivo, seja via tratamento de sementes seja aplicação foliar, pois a reserva interna da semente é suficiente para que a planta originada possa crescer e se desenvolver sem dependência externa.

Oliveira et al. (2015), avaliaram a viabilidade econômica da produção de sementes de soja enriquecidas com Mo e obtiveram incremento de até 680 kg ha<sup>-1</sup> com aplicações foliares de Mo. Além disso, os autores ressaltaram que a aplicação do micronutriente na dose de 800 g ha<sup>-1</sup>, em duas vezes, aumentou o lucro operacional (receita bruta - custo operacional total) da produção de sementes em cerca de 26%.

Estudos de Milani et al. (2010) demonstraram que a aplicação de doses crescentes de molibdato de sódio durante o processo de enchimento de grãos resultou em aumento linear do teor de Mo nas sementes; entretanto, esse aumento não se refletiu em benefícios para os componentes de rendimento e produtividade da cultura. Além disso, Possenti e Vilella (2010) não observaram a transferência de Mo em níveis detectáveis para as sementes da segunda geração, o que leva a concluir que, dependendo das condições do solo e da forma como o Mo é aplicado, o seu fornecimento às sementes deve ser considerado.

#### • COBALTO

O Co, assim como o Mo, é um elemento importante para a FBN da soja, pois participa da síntese de cobalamina e de leghe-moglobina, elementos presentes nos nódulos das plantas (Figura 5). Dessa forma, a ausência de Co pode resultar em deficiência de N (SFREDO e OLIVEIRA, 2010), causando clorose total das folhas mais velhas seguida de necrose (Figura 6). Sabe-se que a necessidade de Co pela planta de soja é menor que a de Mo, e que doses excessivas desse elemento, principalmente em aplicações via tratamento de sementes, podem resultar em fitotoxicidade e deficiência na absorção de ferro (Fe) pela planta.



**Figura 5.** Nódulos de soja com coloração rosada, indicando a presença de leghemoglobina e, conseqüentemente, de um processo ativo de fixação biológica de nitrogênio.

Poucas pesquisas foram realizadas visando estudar o efeito isolado do Co na cultura da soja. De forma geral, o fornecimento desse micronutriente é feito por meio de formulações contendo também Mo em sua composição. Dourado Neto et al. (2012), utilizando diferentes formulações de Co e Mo, aplicadas tanto no tratamento de sementes como em via foliar, no estágio V4 de desenvolvimento da soja, observaram aumento no número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 1.000 grãos e rendimento de grãos,



**Figura 6.** Sintomas iniciais de deficiência de cobalto em plântulas de soja.

sendo que a produtividade obtida com o uso de Co e Mo foi cerca de 10% superior à das plantas controle, que não receberam micronutrientes. Lana et al. (2009) também observaram incremento no rendimento de grãos de soja com a aplicação de Co no tratamento de sementes, obtendo aumento de 32% com a dose de 1,08 g ha<sup>-1</sup>, aplicada em formulação suspensão concentrada, e de 19% na dose de 4,13 g ha<sup>-1</sup>, aplicada em formulação solução líquida.

Com relação à qualidade fisiológica das sementes, o Co pode produzir resultados positivos na germinação e na emergência das plântulas de soja na dose de 1 g ha<sup>-1</sup> (GUERRA et al., 2006). Contudo, outros aspectos importantes devem ser considerados para que esse micronutriente atue positivamente sobre esses parâmetros, entre eles: teor de Co no solo disponível para as plantas, pH elevado do solo e disponibilidade de P no solo. Resultados de Diesel et al. (2010) mostram que a aplicação conjunta de Co e Mo não influenciou no rendimento de grãos de soja; entretanto, é necessário considerar que o ensaio foi conduzido em solo com pH 5,9 e com boa disponibilidade de nutrientes.

É importante ressaltar que, da mesma forma que o Mo, o Co pode causar redução na nodulação das plantas dependendo da forma como é aplicado. Mata et al. (2011) observaram redução no número de nódulos por planta com a aplicação de 5 g ha<sup>-1</sup> de Co e 42 g ha<sup>-1</sup> de Mo no tratamento de sementes, em comparação à menor dose. Por outro lado, essa mesma dose aplicada via foliar aos 30 dias após a emergência das plantas proporcionou maior nodulação, além de maior rendimento de grãos. Esses resultados reforçam a necessidade de se estudar diferentes formas e épocas de aplicação desses micronutrientes às plantas sem afetar o desenvolvimento das bactérias fixadoras de N, de modo a se minimizar as perdas e aumentar o potencial produtivo da cultura.

#### • COBRE

O Cu é um importante micronutriente relacionado ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Está ligado a enzimas que participam de reações redox, como a plastocianina, a qual está envolvida no transporte de elétrons na fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2010). Atua também como ativador de enzimas que participam do transporte eletrônico terminal da respiração. Na sua deficiência, as folhas novas tornam-se verde-escuras, com possíveis manchas necróticas (Figura 7), e em situação de deficiência severa pode ocorrer queda das folhas. Segundo Lopes (1999), a disponibilidade de Cu no solo está relacionada a diversos fatores, como pH, textura, conteúdo de matéria orgânica, entre outros. Em relação ao pH, a maior disponibilidade está na faixa de 5,0 a 6,5. Solos argilosos apresentam menores riscos de deficiência de Cu,



**Figura 7.** Sintomas de deficiência de cobre em soja.

comparados aos solos arenosos. A presença de matéria orgânica e de íons metálicos também é um fator importante, pois o excesso desses elementos reduz a disponibilidade de Cu às plantas.

Estudo realizado por Galvão (1999) comparando o efeito de três métodos de aplicação de Cu – no solo, em pulverização foliar e na semente – sobre a produção de soja, em três anos de cultivo, mostrou que a aplicação de 1,2 e 2,4 kg ha<sup>-1</sup> de Cu a lanço, apenas no primeiro cultivo, e a aplicação dessas mesmas doses parceladamente no sulco, no segundo e terceiro cultivo, proporcionaram incrementos na produtividade da soja. Aplicações de 0,6 kg ha<sup>-1</sup> de Cu via foliar e de 2,4 kg ha<sup>-1</sup> nas sementes proporcionaram resultados semelhantes. Esse trabalho ressalta também a questão do efeito residual do Cu no solo, pois a aplicação desse micronutriente pode disponibilizar quantidades suficientes de Cu por até quatro cultivos consecutivos (GALRÃO, 2002).

Em contraste com os resultados obtidos na pesquisa anterior, estudo realizado por Bernal et al. (2007) revela que o modo de absorção de Cu pela planta pode expressar diferentes resultados. Quando a absorção do nutriente ocorreu pelas raízes, em meio hidropônico, houve redução na biomassa, no conteúdo de clorofila e na atividade de liberação de oxigênio nos tilacóides das folhas. Por outro lado, quando a absorção ocorreu pela folha, o Cu promoveu aumento no conteúdo de clorofila e estímulo na atividade fotossintética das plantas de soja. Desta forma, um importante aspecto a ser considerado na adubação com Cu refere-se à quantidade de nutriente a qual a planta é exposta. Sánchez-Pardo et al. (2014) concluíram que a aplicação de uma dose elevada – 192 µM de CuSO<sub>4</sub> – em plantas de soja proporcionou mudanças na estrutura dos tilacóides, perda da integridade da membrana do cloroplasto e degradação do estroma, além de redução da área foliar e da espessura da folha. Como consequência, a capacidade fotossintética das plantas de soja foi significativamente reduzida.

O Cu também apresenta influência na fixação biológica de N em leguminosas. Trabalho de Seliga (1998) em casa de vegetação mostrou que a aplicação de Cu em soja, tremoço amarelo e feijão-fava promoveu aumento no acúmulo de matéria seca, no número de nódulos e maior concentração de N nas plantas de tremoço amarelo e feijão-fava, sendo que para a soja esses resultados não foram expressivos. O autor atribuiu esse resultado à maior concentração de legemoglobina nos nódulos das plantas de tremoço amarelo e feijão-fava, em comparação à soja. Isso demonstra que a necessidade de Cu para a fixação biológica de N é menor na soja do que nas outras duas espécies estudadas, embora a aplicação do micronutriente tenha promovido aumento significativo na produção de vagens nas três espécies. Em

estudo semelhante, mas utilizando dose elevada de Cu – 192 µM de CuSO<sub>4</sub> –, Sánchez-Pardo et al. (2012) constataram redução no peso e no número de nódulos de tremoço branco e soja, além de redução do conteúdo de N na planta em ambas as espécies. Entretanto, os nódulos das plantas de soja demonstraram menor sensibilidade ao excesso de Cu do que os nódulos das plantas de tremoço branco.

#### • ZINCO

O zinco (Zn) é importante na ativação de enzimas nas plantas, como a sintetase do triptofano, enzima precursora do ácido indol acético (AIA) (MASCARENHAS et al., 2014). Os sintomas de deficiência são caracterizados pela coloração amarelo-amarronzado claro nas folhas e pelo reduzido tamanho das folhas jovens (Figura 8), devido à baixa mobilidade desse micronutriente no floema da planta. Outro sintoma de deficiência é o encurtamento dos entre-nós (roseta). Condições de baixa temperatura e alta umidade do ar podem contribuir para o agravamento dos sintomas.



**Figura 8.** Sintomas de deficiência de zinco em soja.

A absorção de Zn pelas plantas de soja está diretamente relacionada ao pH do solo, sendo que o excesso de calagem e a consequente elevação excessiva do pH podem resultar em deficiência. Mascarenhas et al. (1988), estudando a concentração de Zn nas folhas de soja em função de diferentes níveis de calagem, observaram que as maiores doses de calcário aplicadas resultaram em menor concentração de Zn nas folhas. No entanto, os teores foliares de Zn, em função das maiores doses de calcário, não foram considerados limitantes para o desenvolvimento das plantas, sendo que as menores doses de calcário acarretaram em elevada acidez do solo que, por sua vez, resultou em prejuízos no rendimento de grãos da cultura. Cabe ressaltar que o estudo foi realizado em condições iniciais de introdução do sistema, nas quais os efeitos do solo ácido tornam-se mais prejudiciais do que os da redução dos teores de Zn no tecido foliar. Em sistemas agrícolas já estruturados, com alto potencial produtivo, e consequentemente alta extração de nutrientes, a prática da supercalagem pode acarretar deficiência de Zn e impacto econômico (lei do mínimo = lei de Liebig).

Em relação ao fornecimento de Zn às plantas de soja, percebe-se que a aplicação à lanço no solo, via tratamento de sementes e/ou via foliar proporcionam resultados positivos para o rendimento de grãos (INOCÊNCIO et al., 2012). Em um estudo de campo, Haach e Primieri (2012) constataram que a aplicação de Zn juntamente com Mo no tratamento de sementes e em aplicação foliar, quando a planta apresentava de quatro a cinco trifólios, proporcionou maiores produtividades.

Com o advento de cultivares de soja transgênicas resistentes ao glifosato, há uma preocupação em relação à aplicação desse herbicida sobre as plantas e ao possível efeito na absorção de nutrientes. Em relação ao Zn, Serra et al. (2011), em estudo conduzido em casa de vegetação, constataram que altas doses de glifosato reduziram o conteúdo foliar de Zn na soja e que, juntamente com a redução de Fe, Mn, Cu e N, acarretou decréscimo da matéria seca. Corroborando com esses resultados, Moreira e Moraes (2012) observaram redução na matéria seca da parte aérea e das raízes com a aplicação de 720 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato. Os autores atribuem esse fenômeno à imobilização dos carreadores de íons na membrana na rizosfera, dificultando a absorção do Zn. Dessa forma, é importante estar atento às possíveis condições de deficiência expostas anteriormente e à necessidade de suplementação nutricional com o Zn.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os micronutrientes desempenham papel importante no cenário atual de produção de soja no Brasil. Cabe destacar que cada um deles, isoladamente ou em conjunto, atua em processos bioquímicos vitais na planta, os quais afetam direta ou indiretamente a produtividade de grãos. Portanto, é fundamental sua adequada disponibilidade às plantas. Para isso, é importante observar certas características do solo que podem influenciar sua disponibilidade, como faixa de pH, teor de matéria orgânica e textura. Além disso, na falta dos micronutrientes no solo deve-se proceder o seu fornecimento às plantas, seja em aplicação direta no solo, seja no tratamento de sementes ou via foliar. Por outro lado, o excesso dos mesmos pode gerar condições de toxidez às plantas, sendo de fundamental importância o diagnóstico da fertilidade do solo prévio à aplicação de micronutrientes. O fornecimento será dependente da eficiência de aproveitamento pelas plantas, mas também é importante observar o custo e o retorno econômico dessas operações na lavoura de soja, de forma a maximizar a produção e otimizar os custos.

## REFERÊNCIAS

ALBINO, U. B.; CAMPO, R. J. Efeito de fontes e doses de molibdênio na sobrevivência do *Bradyrhizobium* e na fixação biológica de nitrogênio em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 827-834, 2001.

BERNAL, M.; CASES, R.; PICOREL, R.; YRUELA, J. Foliar and root Cu supply affect differently Fe- and Zn- uptake and photosynthetic activity in soybean plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 60, p. 145-150, 2007.

BEVILAQUA, G. A. P.; SILVA FILHO, P. M.; POSSENTI, J. C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 31-34, 2002.

CALONEGO, J. C.; OCANI, K. P.; OCANI, M. P.; SANTOS, C. H. Aducação boratada foliar na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**, v. 6, p. 20-26, 2011.

CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Enriquecimento de sementes de soja com molibdênio como fator de aumento da eficiência da fixação biológica do nitrogênio e do rendimentos da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 25., 2003, Uberaba. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja: EPAMIG: Fundação Triângulo, 2003. p. 156-157.

CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M.; SIBALDELLE, R. N. R.; MORAES, J. Z. Método alternativo para fornecer Mo para a soja e fixação biológica de nitrogênio. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 23., 2001, Londrina. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2001. p. 101.

CARVALHO, E. R.; OLIVEIRA, J. A.; CALDEIRA, C. M. Qualidade fisiológica de sementes de soja convencional e transgênica RR reduzidas sob aplicação foliar de manganês. **Bragantia**, v. 73, n. 3, p. 219-228, 2014.

CARVALHO, E. R.; OLIVEIRA, J. A.; COSTA NETO, J.; SILVA, C. A. T.; FERREIRA, V. F. Doses e épocas de aplicação de manganês via foliar no cultivo de soja convencional e em derivada transgênica RR. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 2, p. 352-361, 2015.

DIESEL, P.; SILVA, C. A. T.; SILVA, T. R. B.; NOLLA, A. Molibdênio e cobalto no desenvolvimento da cultura da soja. **Agrarian**, v. 3, n. 8, p. 169-174, 2010.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; MARTIN, T. N.; SILVA, M. R.; PAVI-NATO, P. S.; HABITZREITER, T. L. Aducação mineral com cobalto e molibdênio na cultura da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2741-2752, 2012.

FAGERIA, N. K. **The use of nutrients in crop plants**. Boca Raton: CRC Press, 2009. 419 p.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stage of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977. 11 p.

GALRÃO, E. Z. Métodos de avaliação de cobre e avaliação da disponibilidade para a soja num Latossolo Vermelho-Amarelo franco-argiloso-arenoso fase cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 265-272, 1999.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. p. 185-226.

GELAIN, E.; ROSA JUNIOR, E. J.; MERCANTE, F. M.; FORTES, D. G.; SOUZA, F. R.; ROSA, Y. B. C. J. Fixação biológica de nitrogênio e teores foliares de nutrientes na soja em função de doses de molibdênio e gesso agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 2, p. 259-269, 2011.

GOLO, A. L.; KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M. Qualidade das sementes de soja com a aplicação de diferentes doses de molibdênio e cobalto. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 40-49, 2009.

GUERRA, C. A.; MARCHETTI, M. E.; ROBAINA, A. D.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; NOVELINO, J. O. Qualidade fisiológica de sementes de soja em função da adubação com fósforo, molibdênio e cobalto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 1, p. 91-97, 2006.

HAACH, R.; PRIMIERI, C. Aplicação de zinco e molibdênio em tratamento de sementes e via foliar na cultura da soja. **Cultivando o Saber**, v. 5, n. 1, p. 21-29, 2012.

INOCÊNCIO, M. F.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; VELOSO, M. P.; FERRAZ, F. M.; HICKMANN, C. Resposta da soja à adubação com zinco em solo com teores acima do nível crítico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 10, p. 1550-1554, 2012.

KAPPES, C.; GOLO, A. L.; CARVALHO, M. A. C. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agrônômicas e na qualidade de sementes de soja. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 3, p. 291-297, 2008.

LANA, M. R. Q.; FARIA, M. V.; BONOTTO I.; LANA, A. M. Q. Cobalt and molybdenum concentrated suspension for soybean seed treatment. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1715-1720, 2009.

MALLARINO, A. P.; CAMBERATO, J. J.; KAISER, D. E.; LABOSKI, C. A. M.; RUIZ DIAZ, D. A.; VYN, T. J. **Micronutrients fertilization for corn and soybean: a research update**. In: 45th North Central Extension-Industry Soil Fertility Conference. Des Moines, IA, 2015. p. 44-57. Disponível em: < <http://extension.agron.iastate.edu/nce/ncepdfs/2015/ncsfsc%202015%20mallarino%20pg44.pdf>>. Acesso em jan. 2016.

MARCONDES, J. A. P.; CAIRES, E. F. Aplicação de molibdênio e cobalto na semente para cultivo da soja. **Bragantia**, v. 64, n. 4, p. 687-694, 2005.

MASCARENHAS, H. A. A.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; GALLO, P. B. Zinco nas folhas de soja em função da calagem. **Bragantia**, v. 47, n. 1, p. 137-142, 1988.

MASCARENHAS, H. A. A.; ESTEVES, J. A. S.; WUTKE, E. B.; GALLO, P. B. Micronutrientes em soja no estado de São Paulo. **Nucleus**, v. 11, n. 1, p. 323-342, 2014.

MATA, F. S. D.; ALMEIDA, J. A. R.; REIS, T. C.; SOUZA, D. S.; MAURICIO, I. S. Eficiência da fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja com aplicação de diferentes doses de molibdênio (Mo) e cobalto (Co). **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n. 2, p. 15-22, 2011.

MEROTTO JUNIOR, A.; WAGNER, J.; MENEGUZZI, C. Efeitos do herbicida glifosato e da aplicação foliar de micronutrientes em soja transgênica. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 2, p. 499-508, 2015.

MILANI, G. L.; OLIVEIRA, J. A.; PEREIRA, E. M.; CARVALHO, B. O.; OLIVEIRA, G. E.; COSTA, R. R. Aplicação foliar de molibdênio durante a maturação de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 810-816, 2010.

MORAES, L. M. F.; LANA R. M. Q.; MENDES, C.; MENDES, E.; MONTEIRO, A.; ALVES, J. F. Redistribuição de molibdênio aplicado via foliar em diferentes épocas na cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1496-1502, 2008.

MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C. Alterações na rizosfera em resposta a aplicação de glifosato e zinco na soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6., 2012, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Embrapa Soja, 2012.

OLIVEIRA JUNIOR, J. A.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. Efeitos do manganês sobre a soja cultivada em solo de cerrado do triângulo mineiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n. 8, p. 1629-1636, 2000.

OLIVEIRA, M. O.; SEDIYAM, C. S.; NOVAIS, R. F.; SEDIYAMA, T. Crescimento de cultivares de soja em condições de baixa disponibilidade de manganês no solo. II. Concentração e alocação do manganês. **Revista Ceres**, v. 44, n. 251, p. 43-52, 1997.

OLIVEIRA, O. C.; LAZARINI, E.; TARSITANO, M. A. A.; PINTO, C. C.; SÁ, M. E. Custo e lucratividade da produção de sementes de soja enriquecidas com molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 82-88, 2015.

POSSENTI, J. C.; VILLELA, F. A. Efeito do molibdênio aplicado via foliar e via sementes sobre o potencial fisiológico e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 143-150, 2010.

RESENDE, V. de R. **Adubação com micronutrientes no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 43 p. ((Documentos, 80)

ROSOLEM, C. A.; ZANCANARO, L.; BISCARO, T. Boro disponível e resposta da soja em Latossolo Vermelho-Amarelo do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2375-2383, 2008.

SÁNCHEZ-PARDO, B.; FERNÁNDEZ-PASCUAL, M.; ZORNOZA, P. Copper microlocalisation and changes in leaf morphology, chloroplast ultrastructure and antioxidative response in white lupin and soybean grown in copper excess. **Journal of Plant Research**, v. 127, p. 119-129, 2014.

SÁNCHEZ-PARDO, B.; FERNÁNDEZ-PASCUAL, M.; ZORNOZA, P. Copper microlocalisation, ultrastructural alterations and antioxidant responses in the nodules of white lupin and soybean plants grown under conditions of copper excess. **Environmental and Experimental Botany**, v. 84, p. 52-60, 2012.

SELIGA, H. Nitrogen fixation in several grain legume species with contrasting sensitivities to copper nutrition. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 20, n. 3, p. 263-267, 1998.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; CANDIDO, A. C. S.; DIAS, A. C. R.; CRISTOFFOLETI, P. J. Influência do glifosato na eficiência nutricional do nitrogênio, manganês, ferro, cobre e zinco em soja resistente ao glifosato. **Ciência Rural**, v. 41, n. 1, p. 77-84, 2011.

SFREDO, G. J.; OLIVEIRA, M. C. N. **Soja: molibdênio e cobalto**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 36 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 5. ed. Sunderland: Sinauer Associates Inc., 2010. 782 p.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BULISANI, E. A. Deficiência de manganês em soja induzida por excesso de calcário. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 247-250, 1992.

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 90, p. 1-5, 2000.

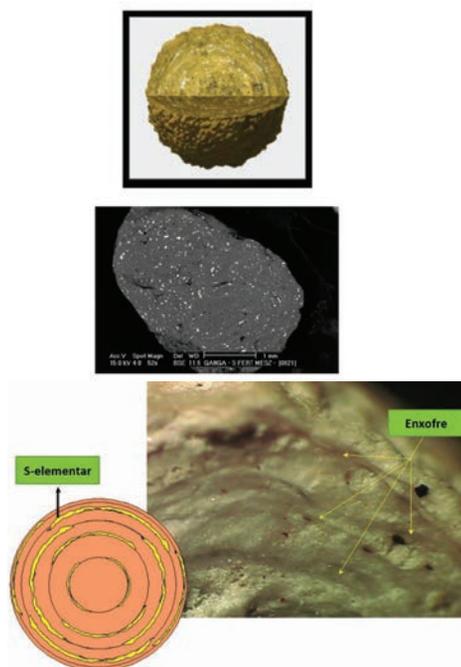
## ERRATA - JORNAL DE INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS 152 – DEZEMBRO DE 2015

1. Na página 12, **ONDE SE LÊ:**

(...) O processo de enriquecimento do MAP com S consiste na mistura de sulfato e de S elementar no processo de granulação, aumentando o conteúdo de S no adubo, porém sem diminuir o conteúdo de P (Figura 17). (...)

**LEIA-SE:**

(...) O processo de enriquecimento de fertilizantes fosfatados com S consiste na mistura de sulfato e de S elementar no processo de granulação, aumentando o conteúdo de S no adubo, porém sem diminuir o conteúdo de P (Figura 17). (...)



**Figura 17.** Tecnologia de incorporação de enxofre elementar em fertilizantes fosfatados.

**Fonte:** Mosaic Fertilizantes.

2. Na página 13, **ONDE SE LÊ:**

(...) Figura 17. MAP enriquecido com S elementar. (...)

**LEIA-SE:**

(...) Figura 17. Tecnologia de incorporação de enxofre elementar em fertilizantes fosfatados. (...)

3. Na página 13, Figura 19, **ONDE SE LÊ:**

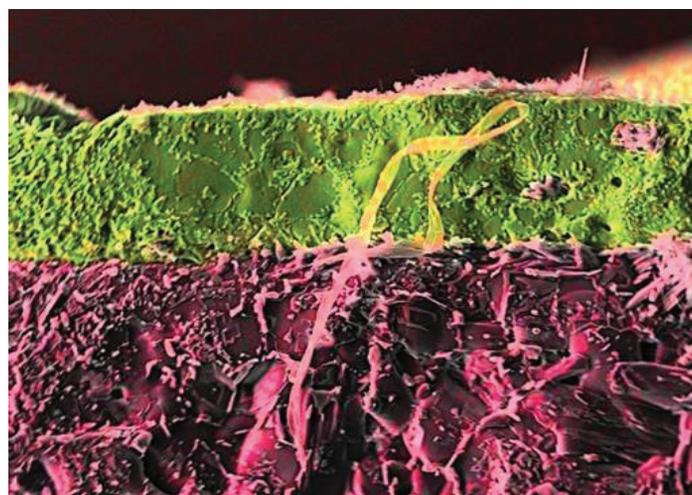
(...) Figura 19. Recobrimento do MAP com S elementar.

**Fonte:** Mosaic Fertilizantes. (...)

**LEIA-SE:**

(...) Figura 19. Eletromicrografia de varredura da ureia (em cor rosa) revestida com 16% enxofre elementar (em cor verde).

**Fonte:** Souza (2015).



**Figura 19.** Eletromicrografia de varredura da ureia (em cor rosa) revestida com 16% enxofre elementar (em cor verde).

**Fonte:** Souza (2015).