



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Soja
Rod. Carlos João Strass - Distrito de Warta
Fone: (43) 3371-6000 Fax: (43) 3371-6100
Caixa Postal 231 - 86001-970 Londrina PR
Home page: <http://www.cnpso.embrapa.br>
E-mail: sac@cnpso.embrapa.br*

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

Governo
Federal

Apoio:



Documentos

ISSN 1516-781X
Junho, 2004

231

DEFICIÊNCIAS E TOXICIDADES DE NUTRIENTES EM PLANTAS DE SOJA

**Descrição dos sintomas e
ilustração com fotos**





REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

Roberto Rodrigues
Ministro

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

José Amauri Dimarzio
Presidente

Clayton Campanhola
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Hélio Tollini

Ernesto Paterniani

Luiz Fernando Rigato Vasconcellos
Membros

Mauro Motta Durante
Secretário Geral

DIRETORIA-EXECUTIVA DA EMBRAPA

Clayton Campanhola
Diretor-Presidente

Mariza Marilena Tanajura Luz Barbosa

Gustavo Kauark Chianca
Herbert Cavalcante de Lima
Diretores

EMBRAPA SOJA

Vania Beatriz Rodrigues Castiglioni
Chefe Geral

João Flávio Veloso Silva
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Norman Neumaier
Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios

Heveraldo Camargo Mello
Chefe Adjunto de Administração

Exemplares desta publicação podem ser solicitadas a:
Área de Negócios Tecnológicos da Embrapa Soja
Caixa Postal 231 - CEP 86 001-970
Telefone (43) 3371 6000 Fax (43) 3371 6100 Londrina, PR
e-mail: sac@cnpsa.embrapa.br

As informações contidas neste documento somente poderão ser reproduzidas com a autorização expressa do Comitê de Publicações da Embrapa Soja

Embrapa

ISSN 1516-781X
Junho, 2004

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Soja
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Documentos 231

Deficiências e Toxicidades de Nutrientes em Plantas de soja

**Descrição dos sintomas e
ilustração com fotos**

Gedi Jorge Sfredo
Clóvis Manuel Borkert

Londrina, PR
2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:
Embrapa Soja
Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral
Caixa Postal 231
86001-970 - Londrina, PR
Fone: (43) 3371-6000
Fax: (43) 3371-6100
Home page: <http://www.cnpso.embrapa.br>
e-mail (sac): sac@cnpso.embrapa.br

Comite de Publicações da Embrapa Soja

Presidente: *João Flávio Veloso Silva*
Secretária executiva: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*
Membros: *Clara Beatriz Hoffmann-Campo*
George Gardner Brown
Waldair Pereira Dias
Ivan Carlos Corso
Décio Luis Gazzoni
Manoel Carlos Bassoi
Geraldo Estevam de Souza Carneiro
Léo Pires Ferreira
Supervisor editorial: *Odilon Ferreira Saraiva*
Normalização bibliográfica: *Ademir Benedito Alves de Lima*
Editoração eletrônica: *Neide Makiko Furukawa*
Capa: *Danilo Estevão*

1ª Edição

1ª impressão 06/2004 - tiragem: 2000 exemplares

Todos os direitos reservados.

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

Sfredo, Gedi Jorge

Deficiências e toxicidades de nutrientes em plantas de soja / Gedi Jorge Sfredo, Clóvis Manuel Borkert. - Londrina: Embrapa Soja, 2004.

44p. ; 14cm. - (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.231)

1.Soja-Nutriente-Deficiência. 2.Soja-Toxicidade. I. Borkert, Clóvis Manuel. II.Título. III.Série.

CDD 633.348911

© Embrapa 2004

Autores

Gedi Jorge Sfredo, Doutor
Pesquisador da Embrapa Soja
Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas
Rod. Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral
Caixa Postal 231
86001-970 - Londrina, PR
sfredo@cnpso.embrapa.br

Clóvis Manuel Borkert, Ph.D.
Pesquisador da Embrapa Soja
Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas
borkert@cnpso.embrapa.br

Apresentação

Esta publicação é o resultado do esforço conjunto de anos de pesquisa da equipe de “Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas” da Embrapa Soja, que vêm gerando novas tecnologias para a cultura da soja, visando dar sustentação técnica e econômica através do manejo racional de adubos e de corretivos do solo.

A partir destas pesquisas foram determinados os níveis dos nutrientes nas folhas da soja considerados suficientes para o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, para a maior produtividade. Desta maneira, também foi possível reunir um conjunto de informações, através de trabalhos de campo e de casa de vegetação, com a descrição e sintomas visuais das principais anormalidades causadas por deficiência ou excesso de nutrientes ou de elementos químicos nocivos às plantas.

O objetivo principal é fornecer um manual básico de identificação e descrição de sintomas de deficiências/toxicidade dos nutrientes aos profissionais da assistência técnica ou agricultores, que na sua vida diária se deparam com plantas com característica distintas das consideradas normais, que trazem em seu bojo, dificuldades de interpretação e preocupação aos agricultores. Assim, com esta publicação, será mais fácil, ter uma melhor idéia do que está ocorrendo com a nutrição das plantas e conse-

quentemente com a lavoura, possibilitando adotar procedimentos mais adequados para o diagnóstico do estado nutricional da soja e correção dos possíveis distúrbios.

Assim, a Embrapa Soja espera, mais uma vez, estar cumprindo sua missão e, contribuindo com informações precisas e de fácil utilização, na busca de soluções viáveis para o desenvolvimento sustentável da cultura da soja.

João Flávio Veloso da Silva

*Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Soja*

Sumário

Introdução	9
Sintomas de deficiência e de toxicidade de Macronutrientes	13
Nitrogênio (N)	13
Fósforo (P)	15
Potássio (K)	17
Cálcio (Ca)	24
Magnésio (Mg)	26
Enxofre (S)	26
Sintomas de deficiência e de toxicidade de Micronutrientes	29
Cobre (Cu)	29
Ferro (Fe)	31
Cobalto (Co)	33
Manganês (Mn)	33
Zinco (Zn)	37
Boro (B)	37
Molibdênio (Mo)	41
Cloro (Cl)	42
Agradecimentos	43
Anotações	44

Deficiências e Toxicidades de Nutrientes em Plantas de Soja

Descrição dos sintomas e ilustração com fotos

Gedi Jorge Sfredo
Clóvis Manuel Borkert

Introdução

Antes de se fazer um diagnóstico do estado nutricional das plantas, por deficiência ou por excesso, torna-se imprescindível observar algumas informações para distinguir os sintomas nutricionais de outras possíveis causas, tais como: incidência de pragas ou doenças, distribuição das plantas com sintomas na lavoura, simetria dos sintomas nas folhas com mesma idade fisiológica, condições climáticas e gradiente de desenvolvimento dos sintomas nas plantas. A razão principal pela qual a folha é preferencialmente analisada é que a mesma é o órgão que, de modo geral, reflete melhor o estado nutricional das plantas, ou seja, responde mais prontamente às variações do suprimento ou falta de um determinado nutriente ou elemento tóxico existente no solo ou fornecido pelos adubos.

Os nutrientes apresentam diferenças nas suas funções como constituintes metabólicos e estruturais nos órgãos vegetais. Isto determina uma variação no grau de transporte e redistribuição dos nutrientes, que ocorre predominantemente pelo floema, distinguindo-os em grupos de nutrientes móveis, de mobilidade intermediária e pouco móveis, conforme a seguir:

- Alta: N, P, K, Mg e Cl;
- Intermediária: S, Co, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn;
- Baixa: Ca e B.

A maior ou menor mobilidade dos nutrientes no floema tem profunda importância prática na identificação visual dos sintomas característicos de alguma anormalidade (deficiência ou toxicidade). A localização da sintomatologia nas folhas ocorrerá em função da redistribuição dos nutrientes para os pontos de crescimento, dependentes de diversos fatores como o estágio de desenvolvimento das plantas, velocidade de movimentação, entre outros. Assim, a localização das folhas com sintomas (folhas de baixo ou de cima), favorece a separação dos nutrientes pelos grupos de mobilidade e, dessa maneira, aumenta as chances de predição do nutriente causador do sintoma. Assim, observa-se que os sintomas do nutriente com grande mobilidade (redistribuição) aparecem, primeiramente, nas folhas mais velhas. Por outro lado, para os nutrientes com menor redistribuição, os sintomas de deficiências aparecem nas folhas novas. Em todos os casos é possível iden-

tificar um gradiente de intensidade dos sintomas típicos. Vale lembrar, que esta classificação tem uma função muito mais didática que fisiológica.

- nutrientes móveis: causam sintomas nas folhas mais velhas (gradiente de aumento dos teores das folhas velhas para as folhas novas);
- nutrientes intermediários: causam sintomas nas folhas velhas mas, predominantemente, nas folhas novas;
- nutrientes imóveis: causam sintomas em folhas mais novas (gradiente de aumento dos teores das folhas novas para as folhas velhas).

Como aplicação prática da avaliação da diagnose visual tem-se a possibilidade de identificação da necessidade de aplicação de determinado nutriente que estaria limitando a produção ou, mais amplamente, o ajuste no programa de adubação. Contudo, a decisão final só será eficientemente tomada, a partir da diagnose foliar, através da análise química das folhas das plantas com algum sintoma visual, comparado-as com as análises das folhas das plantas consideradas sadias.

Finalmente, uma prática de manejo eficiente, juntamente com a análise do solo, é o diagnóstico do estado nutricional das plantas, que deve ser adotado pelos agricultores, independente do aparecimento de sintomas. Para tanto, um aspecto importante é a época de amostragem e a escolha da folha a ser colhida. A época recomendada é quando 50 % das plantas do talhão estão no início do florescimento

(fase de desenvolvimento R₁), que ocorre com o aparecimento de uma flor aberta em qualquer nó da haste principal. Deve-se colher, por talhão, em torno de 35 folhas (os três folíolos, sem o pecíolo) recém-maduras que, de modo geral, correspondem à terceira ou quarta folha a partir do ápice da haste principal (Foto 1). Esta prática, além de

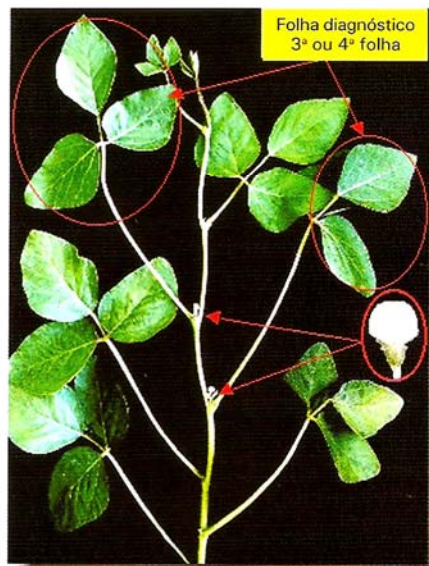


Foto 1. Terceira ou quarta folha de soja, partindo do ápice, a serem colhidas para análise das folhas, na fase de desenvolvimento R₁.

possibilitar o monitoramento da evolução da lavoura ao longo das safras, é importante pois nem sempre a identificação visual, é suficiente para a avaliação completa do estado nutricional das plantas, tendo em vista que as relações entre os nutrientes podem ser mais importantes que a identificação isolada de um único elemento problema.

Sintomas de deficiência e de toxicidade de Macronutrientes

Nitrogênio (N)

O nitrogênio é um nutriente móvel no floema e absorvido, predominantemente nas condições naturais e aeróbicas como NO_3^- . Nas leguminosas, contudo, o nitrogênio atmosférico é fixado simbioticamente em amônia nos nódulos radiculares e, transportado como íon amônio. Na planta, 90% do N está na forma orgânica, como aminoácidos livres, proteínas, nucleotídeos, aminas, purinas, coenzimas, etc. A deficiência de N causa baixos teores de proteínas nos grãos.

- 1 Na deficiência de N (Fotos 2 e 3) ocorre uma clorose total das folhas mais velhas, seguida de necrose;
- 2 na falta de molibdênio (Mo) ocorre a deficiência de N (Foto 3).



Foto 2. Deficiência de Nitrogênio. Clorose total da folha. Início nas folhas mais novas.



Foto 3. Deficiência de Nitrogênio devido à falta de Molibdênio (Mo). Amarelo sem Mo; Verde com Mo.

Fósforo (P)

O fósforo é absorvido predominantemente na forma iônica como $H_2PO_4^-$. É um nutriente móvel no floema e, juntamente com o nitrogênio e o potássio, é o mais prontamente redistribuído, via floema, para outras partes da planta, em particular aos órgãos novos em crescimento, vegetativos ou reprodutivos, que são drenos preferenciais no desenvolvimento das plantas.

- ① Na deficiência de P (Fotos 4, 5 e 6), ocorrem plantas com crescimento reduzido, baixa inserção de vagens e folhas mais velhas com coloração verde-azulada; e



Foto 4. Frente: sem fósforo; Fundo: com fósforo. Solo LEa de Ponta Grossa, PR.



Foto 5. À direita: sem fósforo; à esquerda: com fósforo. Solo LVD de Balsas, MA.



Foto 6. Lavoura de soja: faixa sem adubo na sementeira.

- 2 a Foto 6 ilustra uma lavoura de soja onde a semeadora não soltou adubo.

Potássio (K)

O potássio é absorvido pelas raízes na forma iônica K^+ . É um nutriente caracterizado por sua alta mobilidade nas plantas dentro das células, dos tecidos e no transporte a longas distâncias, movendo-se das folhas e órgãos mais velhos para os mais novos ou para os frutos em desenvolvimento.

Atua na ativação enzimática e regula a abertura e o fechamento dos estômatos e na regulação osmótica dos tecidos; aumenta a resistência das plantas às doenças e; aumenta a resistência ao acamamento, devido à lignificação das células do esclerênquima.

- 1 A deficiência causa clorose internerval, seguida de necrose nos bordos e ápice das folhas velhas, devido à formação de putrescina; a planta mostra aspecto de queimada por fogo, herbicidas, etc (Fotos 7 a 15);
- 2 em solos arenosos, se for aplicado todo na sementeira, pode ocorrer deficiência devido à lixiviação. Por isso, 2/3 da dose deve ser aplicada em cobertura (Fotos 7, 8 e 9);
- 3 tomada aérea de experimento com doses de K em Campo Mourão, PR (Foto 10);



Foto 7. Solo arenoso do Cerrado do Sul do Maranhão. Plantas secas: sem Potássio em cobertura; Plantas verdes: com Potássio em cobertura.



Foto 8. Solo arenoso do Cerrado do Sul do Maranhão. Plantas secas: sem Potássio em cobertura; Plantas verdes: com Potássio em cobertura.



Foto 9. Solo arenoso do Cerrado do Sul do Maranhão. Plantas secas: sem Potássio em cobertura; Plantas verdes: com Potássio em cobertura.



Foto 10. Vista aérea de Experimento com doses de Potássio (K). Parcelas com soja seca sem K ou com pouco K; soja verde, com K. LRD-Campo Mourão, PR.

- 4 parcelas com e sem K, em experimento com doses de K (Foto 11);



Foto 11. Parcelas do Experimento com doses de K: frente, sem K; fundos, com K.

- 5 seqüência dos sintomas de deficiência de K: início, intermediário e final (Fotos 12 a 15); e
- 6 lavoura com esta deficiência, além da redução do rendimento, produz grãos pequenos, enrugados e deformados com baixo vigor e baixo poder germinativo (Foto 16); mesmo que as vagens sequem, a maturação da planta toda é atrasada, podendo causar também, a haste verde, retenção foliar e vagens chochas.



Foto 12. Planta com sintomas iniciais de deficiência de Potássio em soja. Clorose nas bordas das folhas.



Foto 13. Folha com sintoma inicial de deficiência de Potássio em soja. Clorose nas bordas das folhas.



Foto 14. Folha com sintoma intermediário de deficiência de Potássio em soja. Clorose com início de necrose nas bordas das folhas.



Foto 15. Folha com sintoma final de deficiência de Potássio em soja. Necrose nas bordas das folhas até necrose total.

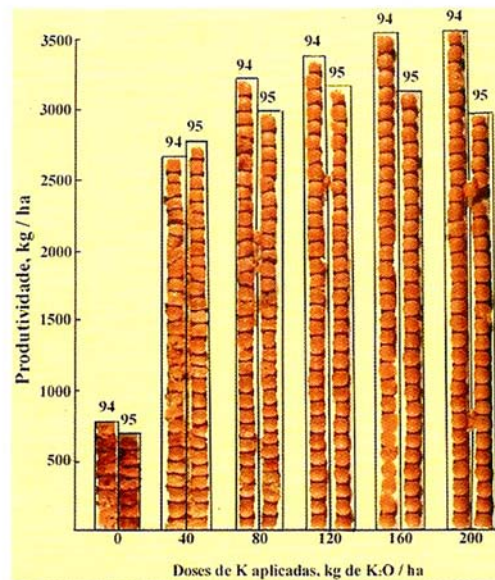


Foto 16. Sementes de soja de cada dose de Potássio, do Experimento com doses de Potássio. Sementes livres de qualquer alteração após a dose de 80 kg/ha de K₂O.

Cálcio (Ca)

O cálcio é um nutriente absorvido pelas raízes como íons Ca^{2+} , com baixa mobilidade no floema, com conseqüente aparecimento dos sintomas de deficiência nos tecidos novos da plantas.

É benéfico na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico; ativa enzimas relacionadas ao metabolismo do fósforo e; atua na manutenção da integridade funcional da membrana e da parede celular e como ativador de enzimas relacionadas ao metabolismo do fósforo.

- 1 Na deficiência a membrana torna-se “porosa”, rompendo a compartimentação celular e perdendo a seletividade para íons desejáveis e absorvendo os íons indesejáveis; e
- 2 na deficiência de cálcio (Fotos 17 e 18), são afetados os pontos de crescimento, tanto da raiz como da parte aérea; os sintomas aparecem nas partes mais novas da planta, atrofiando o sistema radicular, matando a gema apical; há o retardamento da emergência das folhas primárias que, quando emergem, adquirem forma de taça, chamado de encarquilhamento (Foto 17). Ocorre também, colapso do pecíolo (Foto 18) pela desintegração da parede celulósica. Esses sintomas, geralmente, ocorrem em solos ácidos e estão associados às toxicidades de alumínio e de manganês.



Foto 17. Deficiência de Cálcio. Folhas novas encarquilhadas.



Foto 18. Deficiência de Cálcio. Folhas novas encarquilhadas com morte da gema apical e colapso do pecíolo.

Magnésio (Mg)

As plantas absorvem o magnésio como íon Mg^{2+} . Assim como o potássio é móvel no floema, de modo que na deficiência do nutriente, os sintomas típicos de carência aparecem primeiro nas folhas mais velhas.

O magnésio é o átomo central da molécula de clorofila, correspondendo a 2,7% do peso da clorofila, fazendo parte na sua composição química (estrutura) e sendo fundamental nos processos da fotossíntese. É um ativador de várias enzimas relacionadas à síntese de carboidratos e de ácidos nucléicos.

- 1 Como as transmitases são enzimas que necessitam de Mg para a síntese de proteínas, as plantas deficientes em Mg têm maior relação N-solúvel/N-protéico;
- 2 na deficiência de magnésio (Foto 19), as folhas mais velhas mostram clorose internerval (amarelo-claro) e nervuras cor verde-pálida.

Enxofre (S)

O enxofre é um nutriente absorvido predominantemente como íons divalente SO_4^{2-} , com transporte a longa distância ocorrendo, principalmente, pelo xilema e com baixa mobilidade no floema. Por isto, os primeiros sintomas de deficiência aparecem nas folhas novas.



Foto 19. Deficiência de Magnésio. Folhas com clorose internerval. Limbo amarelo-pálido e nervuras verde-pálida. Início dos sintomas nas folhas mais velhas.

É componente de enzimas e coenzimas, participando do metabolismo dos carboidratos e dos lipídios e auxilia as fixações livre e simbiótica do N_2 do ar. 90% do S na planta está na forma orgânica, como cistina, metionina, cisteína, proteínas, glicosídeos e vitaminas. Participa na síntese de proteínas, sua falta causa o aparecimento de altas relações N-solúvel/N-protéico.

- 1 Na deficiência, ocorre clorose uniforme, semelhante à deficiência de N, porém ocorre nas folhas novas, enquanto que a clorose devido à deficiência de N inicia nas folhas mais velhas (Fotos 20 e 21). Na Foto 20, compara-se planta com aplicação de S e sem S e na Foto 21 mostra as folhas com e sem S.



Foto 20. Deficiência de Enxofre (S). Esquerda, com S; direita, sem S. Clorose total das folhas com início nas folhas mais novas.

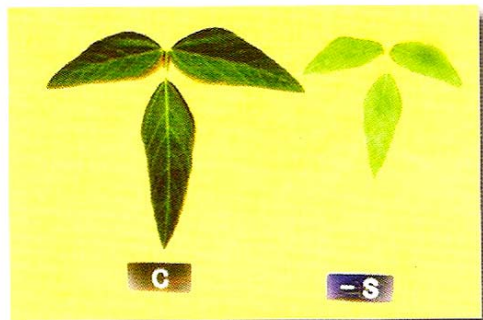


Foto 21. Deficiência de Enxofre (S). Esquerda, com S; direita, sem S. Clorose total das folhas com início nas folhas mais novas.

Sintomas de deficiência e de toxicidade de Micronutrientes

Cobre (Cu)

O cobre é um nutriente absorvido pelas plantas como íon Cu^{2+} . Devido à pouca mobilidade do Cu no floema, na sua deficiência as folhas mais novas apresentam os primeiros sintomas, indicando que a quantidade do nutriente translocada no floema, não é suficiente para sustentar o desenvolvimento de novos tecidos.

Certas enzimas contêm Cu ou são por ele ativadas, como as oxidases. Atua também como ativador de enzimas que participam do transporte eletrônico terminal da respiração e da fotossíntese.

- 1 sua deficiência causa redução no crescimento da planta, as folhas mais novas assumem a cor verde-acinzentada ou verde-azulada. Há também a redução no crescimento das plantas pelo encurtamento dos internódios (Foto 22); e
- 2 sua toxicidade causa aparecimento de pontos necróticos na borda dos folíolos das folhas mais velhas (Foto 23), que progridem para as mais novas.

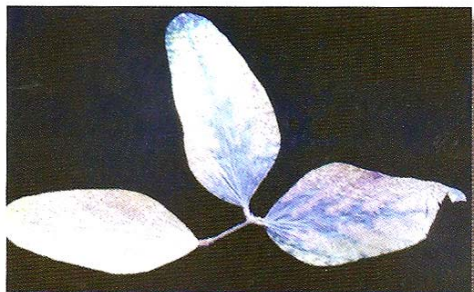


Foto 22. Deficiência de Cobre (Cu). Clorose (cor violeta) nas bordas da folha, evoluindo entre as nervuras. Início nas folhas mais novas.

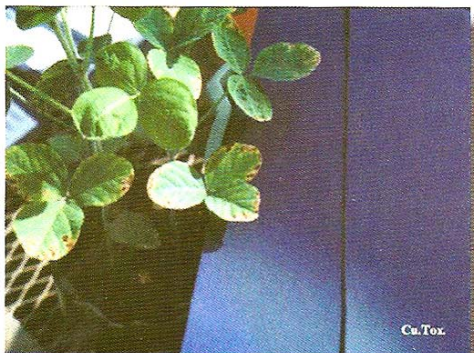


Foto 23. Toxicidade de Cobre (Cu). Necrose nas bordas das folhas.

Ferro (Fe)

O ferro é um nutriente absorvido predominantemente em condições aeróbicas e fisiológicas de pH, como Fe^{2+} . Caracteriza-se por possuir mobilidade intermediária nas plantas, fazendo com que a deficiência do nutriente ocorra primeiro nas folhas novas, devido a baixa remobilização a partir das folhas velhas.

A (Fotos 24 e 25). Em solos mal drenados, o excesso de chuva também pode induzir a toxicidade pelo nutriente pela maior disponibilidade de Fe^{2+} .

O ferro participa das funções enzimáticas catalizadas pela catalase, peroxidase, nitrogenase, leghemoglobina e ferredoxina. Na deficiência de Fe, há menos RNA e menor taxa de síntese de proteínas. 75% do Fe encontra-se nos cloroplastos e, conseqüentemente, na sua deficiência, ocorre clorose das folhas jovens, pela diminuição da quantidade de cloroplasto e do teor de clorofila.

- 1 Sua deficiência de ferro causa clorose uniforme das folhas jovens, que pode também ser induzida pelo excesso de cobalto aplicado nas sementes (Fotos 24 e 25);
- 2 em solos mal drenados, o excesso de chuva pode induzir a toxicidade de Fe, ao aumentar a redução desse elemento no solo por falta de aeração, conseqüentemente aumentando a absorção pela planta.

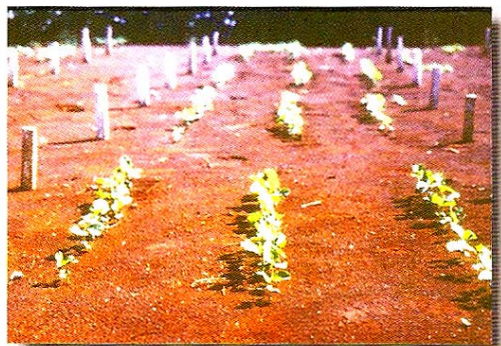


Foto 24. Deficiência de Ferro em 1º plano, devido ao excesso de aplicação de Cobalto.



Foto 25. Deficiência de Ferro, devido ao excesso de aplicação de Cobalto.

Cobalto (Co)

O cobalto é um nutriente absorvido pelas raízes como Co^{2+} , considerado móvel no floema. Contudo, quando aplicado via foliar, é parcialmente móvel. É essencial para a fixação biológica do nitrogênio, pois participa na síntese de cobamida e da leghemoglobina.

- 1 Sua deficiência causa clorose total seguida de necrose nas folhas velhas, devido à deficiência de nitrogênio; e
- 2 o excesso de Co diminui a absorção de ferro, motivo pelo qual os sintomas de toxicidade de Co são semelhantes aos de deficiência de ferro, com folhas cloróticas na parte superior das plantas e atrofiamento das plantas (Fotos 24 e 25).

Manganês (Mn)

A disponibilidade de manganês para as plantas é altamente dependente do pH do solo, fazendo com que o aumento do pH pela calagem diminua o teor do nutriente, com aparecimento dos sintomas de deficiência nas folhas. Apesar da influência direta do pH na disponibilidade dos micronutrientes (Mn, Fe, Cu e Zn), em condições de campo, o efeito na redução da disponibilidade, ocorre primeiramente com o Mn.

O manganês tem baixa mobilidade no floema e a sua deficiência aparece inicialmente nas folhas mais novas.

O Mn atua como ativador de certas enzimas, participa da reação da fotólise da água no fotosistema II e da formação da clorofila.

- 1 Sua deficiência causa clorose em tons amarelo-esverdeados das folhas mais novas entre as nervuras e as nervuras de cor verde-escura (Fotos 26, 27 e 28);
- 2 Foto 26: vista parcial de lavoura de soja com plantas deficientes;
- 3 Fotos 27 e 28: folhas de soja com deficiência; e
- 4 sua toxicidade aparece inicialmente, também em folhas jovens, caracterizado por encarquilhamento dos folíolos (Foto 29) e pontos necróticos de coloração marrom-escura no limbo foliar (Foto 30).



Foto 26. Deficiência de Manganês (Mn): lavoura de soja clorótica, devido ao excesso de calcário com elevação excessiva do pH do solo.



Foto 27. Deficiência de Manganês (Mn): plantas com clorose intervascular, com limbo amarelo-esverdeado e nervuras verde-escuro.



Foto 28. Deficiência de Manganês (Mn): folha com clorose intervascular, com limbo amarelo-esverdeado e nervuras verde-escuro.



Foto 29. Toxicidade de Manganês (Mn). Folhas encarquilhadas com pintas marrons no limbo.

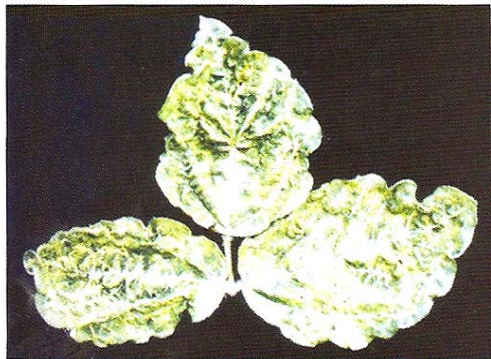


Foto 30. Toxicidade de Manganês (Mn). Folhas encarquilhadas com pintas marrons no limbo.

Zinco (Zn)

O zinco é um nutriente absorvido ativamente pelas raízes como Zn^{2+} , com o processo de absorção sendo altamente dependente do pH do solo.

Na planta, tem baixa mobilidade no floema.

O Zn atua na ativação de enzimas como a sintetase do triptofano, que é precursor do AIA, desidrogenase e anidrase carbônica.

- 1 Sua deficiência diminui o nível de RNA, prejudicando a síntese das proteínas, causa encurtamento dos internódios, com produção de folhas pequenas, cloróticas e lanceoladas, e as folhas mais novas ficam com clorose internerval de coloração amarelo-ouro (Foto 31) e as nervuras com cor verde-escura; e
- 2 a alta concentração de fósforo no substrato diminui a absorção de Zn pelas plantas.

Boro (B)

O boro é um nutriente que está normalmente presente na solução do solo, na faixa de pH em que normalmente os solos são cultivados ($pH < 7$), como uma molécula não dissociada de ácido bórico (H_3BO_3).

Por outro lado, a toxicidade de B caracteriza-se pelo aparecimento de manchas pardas nos bordos das folhas pro-



Foto 31. Deficiência de Zinco (Zn). Sintoma inicial nas folhas mais novas. Com clorose internerval com cor amarelo-ouro.

gredindo para a necrose das margens e pontuações internavais, o encarquilhamento das folhas mais velhas, encurtando os internódios e causa a morte da gema apical (Foto 32).

Apesar do papel do B no metabolismo das plantas ainda estar sujeito a consideráveis debates, sabe-se que a nutrição com o nutriente está intimamente ligada à estrutura primária da parede celular e no funcionamento das membranas celulares. O boro é também necessário para a elongação e para a divisão celular, sugerindo a sua participação na síntese de RNA.



Foto 32. Toxicidade de Boro (B). Necrose nas bordas das folhas.

O boro desempenha papel importante no transporte e metabolismo de carboidratos (glúcídeos) no interior da planta. É necessário para a elongação e para a divisão da célula, sugerindo a sua participação na síntese do RNA.

- 1 Sua deficiência desorganiza os vasos condutores, diminui a germinação do grão de pólen e o crescimento do tubo polínico; devido à pouca mobilidade na planta, os sintomas de deficiência (Foto 33) se manifestam primeiramente nos tecidos jovens e recém formados;
- 2 outro sintoma de deficiência de B é o superbrotaamento (Foto 34), por morte da gema apical; e



Foto 33. Deficiência de Boro (B). Folhas novas encarquilhadas com morte da gema apical.



Foto 34. Deficiência de Boro (B). Superbrotamento.

- 3 a toxicidade de B caracteriza-se pelo aparecimento de manchas pardas nos bordos das folhas progredindo para a necrose das margens e pontuações internervais, o encarquilhamento das folhas mais velhas, encurtando os internódios e causa a morte da gema apical (Foto 32).

Molibdênio (Mo)

O molibdênio é absorvido pelas raízes como MoO_4^{2-} .

É um nutriente que se caracteriza por ser mais necessário para a fixação biológica de nitrogênio na soja, do que propriamente para o metabolismo da planta.

É também, um nutriente móvel no floema.

O complexo da nitrogenase também contém Mo e a enzima necessária para a fixação simbiótica do N_2 .

- 1 Faz parte da estrutura da redutase do nitrato e a sua deficiência provoca o acúmulo de nitrato na planta;
- 2 a nitrogenase também contém Mo e é a enzima necessária para a fixação simbiótica do N_2 ; e
- 3 os sintomas de desordens nutricionais, em plantas cultivadas em solos deficientes ou ácidos, caracterizam-se por plantas amareladas;
- 4 apresenta, ainda, sintomas semelhantes à deficiência de nitrogênio, induzida pela deficiência de molibdênio, que causam a clorose total das folhas mais velhas (Foto

3) ou de meia idade fisiológica, seguida de necrose como consequência da inibição da atividade da nitrato redutase e subsequente acúmulo de nitrato.

Cloro (Cl)

O cloro atua na fotólise da água e no transporte de elétrons. Embora a deficiência de cloro raramente ocorra, por ser um elemento presente em todos os ambientes. Mas, quando ocorre a deficiência de Cl, ocasiona a redução drástica no peso seco das plantas e no tamanho das folhas,

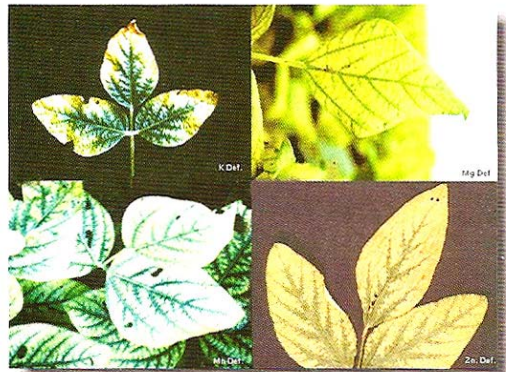


Foto 35. Sintomas de deficiência de K, Mg, Mn e Zn, para efeitos de comparação de diferentes cloroses.

ocorrendo também uma clorose internerval nas folhas maduras e o murchamento das folhas.

A toxicidade de Cl é muito mais comum do que a deficiência, com inúmeros casos na literatura relatando a toxicidade, especialmente quando grande quantidade de cloreto de potássio é aplicado como adubo em solos ácidos. A aplicação de calcário para corrigir a acidez do solo reduz e elimina este efeito tóxico do cloro.

Os sintomas são conhecidos como "Queima Foliar da Soja".

Agradecimentos

Aos colegas César de Castro pelas sugestões, Iraci Yoshico Imazu pela colaboração na digitação do texto e Marisa Yuri Horikawa pela digitalização e tratamento das imagens.