



IDENTIFICAÇÃO VISUAL DE DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM SOJA

Claudinei Kappes⁽¹⁾

O objetivo deste documento é contribuir para uma correta, rápida e prática identificação visual de deficiência nutricional em soja e que ao longo do tempo, técnicos, agrônomos, pesquisadores, extensionistas e agricultores possam se familiarizar com os sinais comuns demonstrados pelas desordens nutricionais.

Inicialmente, é importante considerar que:

- ✓ A deficiência nutricional é uma desordem fisiológica que pode se manifestar antes do surgimento do sintoma visual;
- ✓ Nem toda deficiência nutricional demonstra o sintoma visual, o que dificulta o seu diagnóstico no campo. Estamos falando da “fome oculta”;
- ✓ Nos casos de “fome oculta”, a desordem fisiológica também é suficiente para comprometer o desenvolvimento da planta e reduzir a produtividade da cultura;
- ✓ Quando os sintomas visuais são detectados no campo, o nível de deficiência é grave e a produtividade certamente foi prejudicada;
- ✓ Em muitos casos, os sintomas visuais de deficiência nutricional no campo podem não serem facilmente diagnosticados, pois confundem-se com outros problemas de caráter bióticos (ataques de insetos-praga, doenças e nematoides) e abióticos (toxicidade de defensivos agrícolas e adversidades climáticas);
- ✓ As imagens disponibilizadas neste documento podem auxiliar a correta identificação, porém, a maneira mais assertiva e segura para o diagnóstico de deficiência de determinado nutriente foi e sempre será a análise química de folha e de solo em laboratório, associada ao histórico de manejo e a experiência do profissional de campo;
- ✓ A análise foliar, além de indicar uma possível deficiência nutricional, tem a capacidade de verificar a ocorrência de toxidez ou desequilíbrio de nutrientes na planta;
- ✓ A ausência visual de sintomas de deficiência não é garantia de uma nutrição adequada (Figura 1).

⁽¹⁾Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador em Fertilidade do Solo e Adubação, NemaBio, Sinop - MT.
E-mail: claudinei.kappes@nemabio.com.br

NemaBio

NemaBio Laboratório e
Pesquisa Agronômica –
Rua das Cerejeiras, 1745C
– Jardim Paraíso 1,
CEP: 78556-106,
Sinop - MT - Brasil.

Fone: (66) 99652-5990 /
(66) 99626-1722
contato@nemabio.com.br

Website:
www.nemabio.com.br

Informativo Técnico

Publicação trimestral de
divulgação tecnológica,
gratuita, editada pela
NemaBio.

Permitida a reprodução
parcial ou total deste
documento, desde que
citada a fonte.





Figura 1. Lavoura de soja em condição nutricional aparentemente adequada.

Fonte: Claudinei Kappes.

Os sintomas de deficiência nutricional se associam à sua localização física na planta, uma vez que estes apresentam diferenças em suas funções (metabólicos e estruturais). Através da distribuição dos nutrientes na planta, que ocorre predominantemente pelo floema, é possível distinguir em grupos, conforme a seguir:

- ✓ *Alta mobilidade:* N, P, K e Mg;
- ✓ *Mobilidade intermediária:* S, Cu, Fe, Mo e Zn;
- ✓ *Baixa mobilidade:* Ca, B e Mn.

O conhecimento da mobilidade dos nutrientes é um aspecto técnico e prático que auxilia a identificação de possíveis deficiências nutricionais. Desta maneira, os nutrientes que apresentam alta mobilidade aparecem primeiramente nas folhas velhas. Por outro lado, para os nutrientes com baixa mobilidade, os sintomas de deficiências aparecem nas folhas novas. Nutrientes com mobilidade intermediária causam sintomas nas folhas velhas, mas predominantemente, nas folhas novas.

A identificação de uma deficiência nutricional, entretanto, não pode ser baseada exclusivamente na distinção dos nutrientes quanto a sua mobilidade, pois no campo os processos são dinâmicos e os sintomas podem se espalhar por toda a planta à medida que ocorre o avanço da deficiência. Na Figura 2 temos uma situação prática de que não

podemos ser arbitrários no uso do critério da mobilidade dos nutrientes. Trata-se de deficiência de manganês (Mn) em folhas velhas. Se considerarmos a baixa mobilidade deste elemento, o diagnóstico poderia ser de deficiência de magnésio (alta mobilidade, portanto, deficiência nas folhas velhas). Acontece que temos que considerar os manejos e os processos que foram acontecendo no campo.

No presente caso, temos que admitir algumas justificativas: (i) alguns dias atrás estas folhas velhas eram novas; (ii) pode ter ocorrido aplicação foliar de Mn, levando a correção nutricional e gerando aparência verde, sobretudo das folhas novas; (iii) pode ter ocorrido mudança climática (excesso de chuva em solo com problema de drenagem provoca aumento significativo da solubilidade e absorção de Mn pelas plantas); e (v) com o desenvolvimento do sistema radicular, este foi acessando camadas profundas do solo em que o pH é menor (ambiente ácido), portanto, com maior disponibilidade de Mn na solução. Isto ocorre é comum quando o calcário tem incorporação limitada às camadas superficiais.

Nesta situação é evidente que o profissional de campo não pode adotar o critério da mobilidade dos nutrientes; caso contrário, o diagnóstico será equivocado. Portanto, a experiência de campo e o domínio do manejo utilizado são de extrema importância para o profissional contornar este problema e evitar possíveis erros de identificação.



Figura 2. Plantas de soja com deficiência de manganês intensificada em folhas velhas, mas que anteriormente situava-se nas folhas novas.

Fonte: Claudinei Kappes.

Nitrogênio (N)

O N é o nutriente que apresenta maior concentração em plantas e grãos de soja, que o absorvem na forma mineral e biológica; esta última por meio da fixação do N atmosférico (N₂). O N faz parte da molécula de clorofila e sua deficiência é ocasionada pela redução da atividade fotossintética da planta.

Devido à alta mobilidade do N na planta, os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas velhas como uma coloração verde-claro a amarelado generalizada, incluindo as nervuras (Figura 3), que dias mais tarde se tornam amarelas. Com o avanço da deficiência, os sintomas passam a ser detectados também nas folhas novas da parte superior da planta. Outros sintomas incluem: atraso e menor crescimento vegetativo (plantas ficam atrofiadas), menor número de folhas, senescência precoce, redução significativa de produtividade e dos teores de proteínas nos grãos.

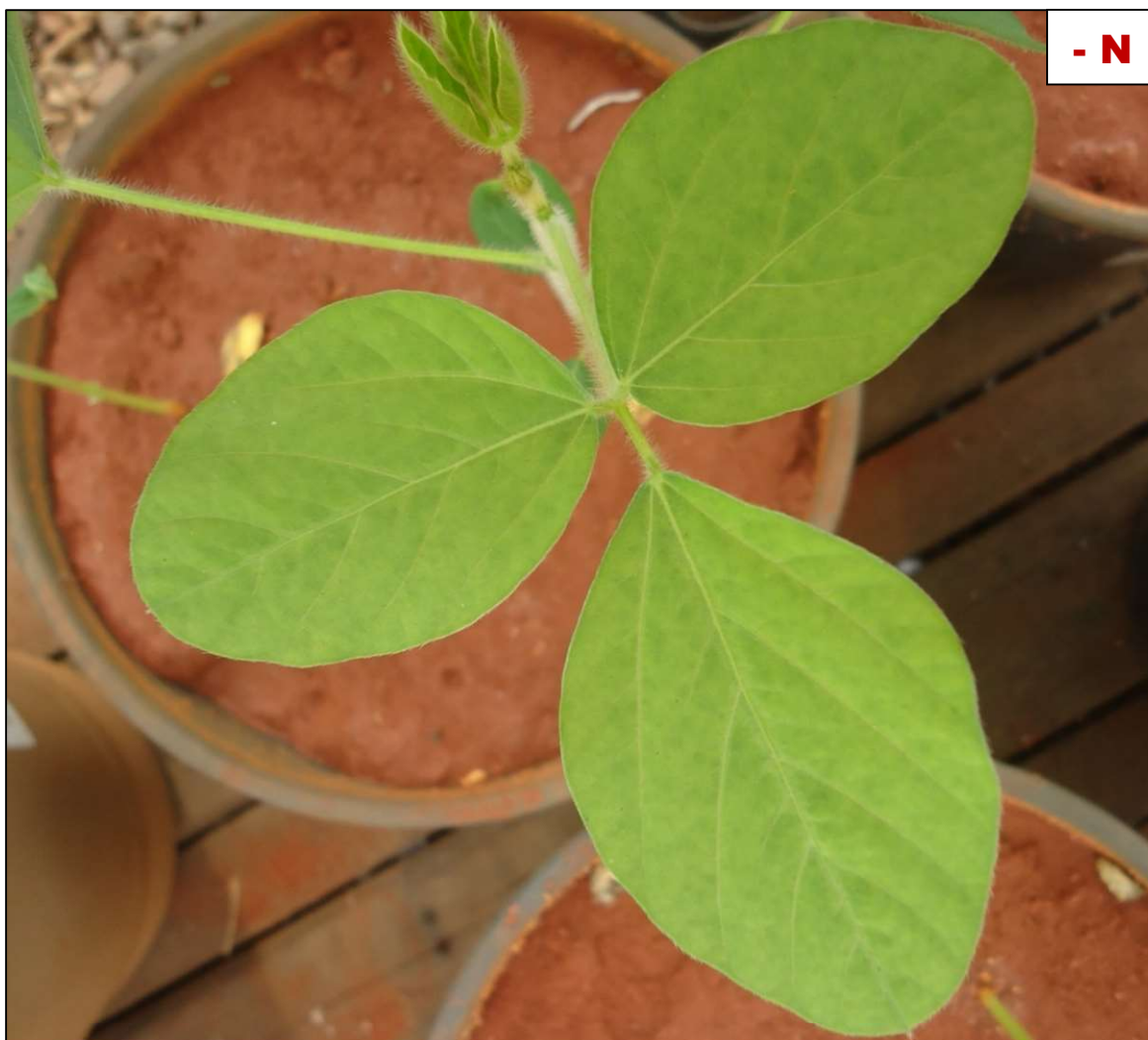


Figura 3. Trifólio de soja com deficiência de nitrogênio (coloração verde-claro a amarelado generalizada, incluindo as nervuras).

Fonte: Claudinei Kappes.

Em razão da participação do N na molécula de clorofila, plantas de soja com adequado suprimento do nutriente produzem folhas de coloração verde-escuro, ao passo que plantas com deficiência perdem uniformemente a coloração verde-escuro das folhas, como podemos evidenciar na Figura 4.

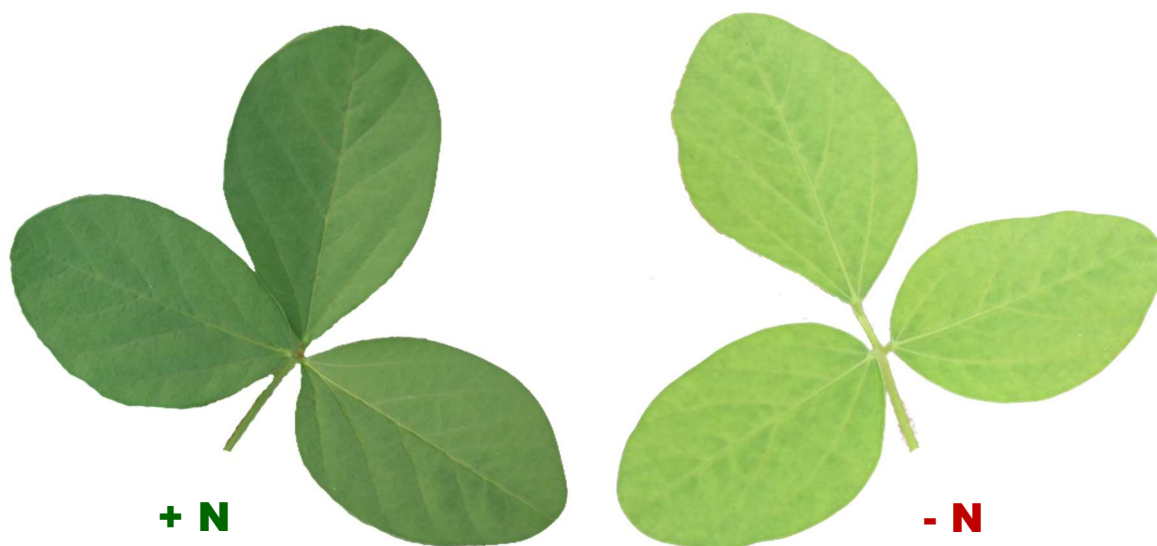


Figura 4. Trifólio de soja sem deficiência (à esquerda) e com deficiência de nitrogênio (à direita), caracterizada pela coloração uniforme verde-claro a amarelado.

Fonte: Claudinei Kappes.

A deficiência de N em soja pode ser favorecida por algumas situações, entre elas:

- ✓ Ineficiência no processo de nodulação: afeta diretamente a fixação biológica do N (FBN). Esta ineficiência pode ter origem ao não atendimento das boas práticas de inoculação das sementes (transporte e armazenamento inadequado do inoculante; produto de baixa qualidade e/ou vencido; dose abaixo da recomendada; inoculação muito tempo antes da semeadura; e exposição das sementes tratadas ao sol) ou às próprias condições do solo (área de primeiro ano de cultivo sem presença de bactérias do grupo rizóbio; acidez do solo, inibindo a FBN; e baixa disponibilidade de cobalto, molibdênio e ferro, elementos importantes nesta simbiose);
- ✓ Cultivo em solos arenosos: por características peculiares apresentam menores teores de matéria orgânica (importante fonte de N);
- ✓ Baixa atividade da microbiota e falta de água no solo: provoca a diminuição da taxa de mineralização da matéria orgânica, e conseqüentemente, reduz a liberação do N;
- ✓ Altas precipitações pluviométricas ou irrigações: potencializam a lixiviação do N no perfil do solo e a perda por erosão laminar;
- ✓ Falta de molibdênio, pois faz parte da nitrogenase, enzima fundamental para a FBN.

Na Figura 5 podemos verificar o quão é importante a FBN para a adequada nutrição de N em soja, sobretudo em solo arenoso. As plantas com presença de nódulos no sistema radicular demonstram condição nutricional adequada, enquanto que com a ausência de nódulos radiculares, as plantas encontram-se deficientes em N, o que se comprova pela coloração verde-claro a amarelado, atraso do crescimento e menor número de folhas.

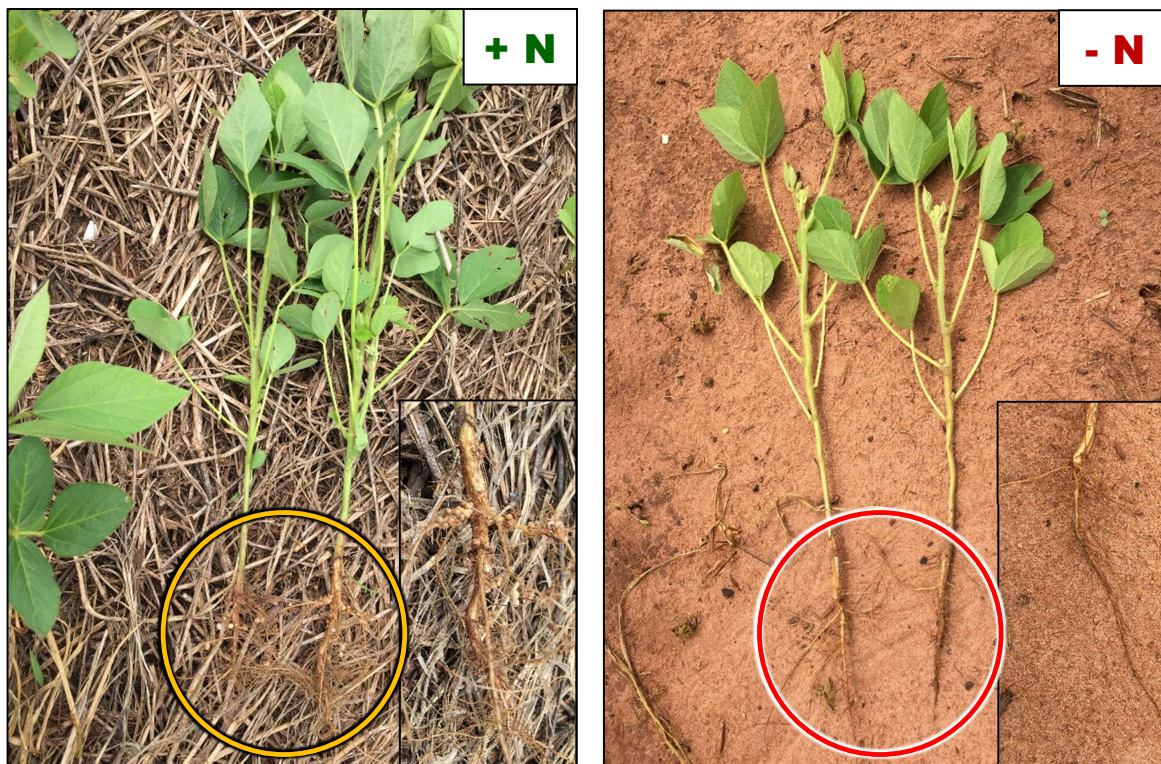


Figura 5. Plantas de soja sem deficiência (à esquerda) e com deficiência de nitrogênio (à direita) em solo arenoso devido ao baixo teor de matéria orgânica e ausência de nódulos no sistema radicular.

Fonte: Claudinei Kappes.

Fósforo (P)

O P é móvel no floema e, juntamente com o N e K, é o mais redistribuído para os órgãos novos em crescimento. Com função-chave na fotossíntese, o P também participa na respiração, metabolismo de açúcares, armazenamento e transferência de energia, divisão e crescimento celular das raízes e da parte aérea das plantas.

A deficiência de P é mais comum em solos ácidos tropicais argilosos (baixo pH, alta capacidade de fixação do elemento e pouca matéria orgânica). Em áreas de primeiro ano de cultivo, a deficiência de P pode ser identificada com facilidade onde houve falha operacional da semeadora ao distribuir o fertilizante fosfatado no sulco de semeadura.

Os sintomas da deficiência de P em soja são o atraso e a redução do crescimento vegetativo das plantas, as quais tronam-se raquíticas e com folhas pequenas e eretas (Figuras 6, 7, 8 e 9) e apresentam baixa inserção e menor número de vagens.



Figura 6. Plantas de soja com deficiência de fósforo em solo argiloso (plantas raquíticas com folhas pequenas e eretas).

Fonte: Claudinei Kappes.



Figura 7. Plantas de soja com deficiência (na frente) e sem deficiência de fósforo (ao fundo) em solo argiloso.

Fonte: Claudinei Kappes.

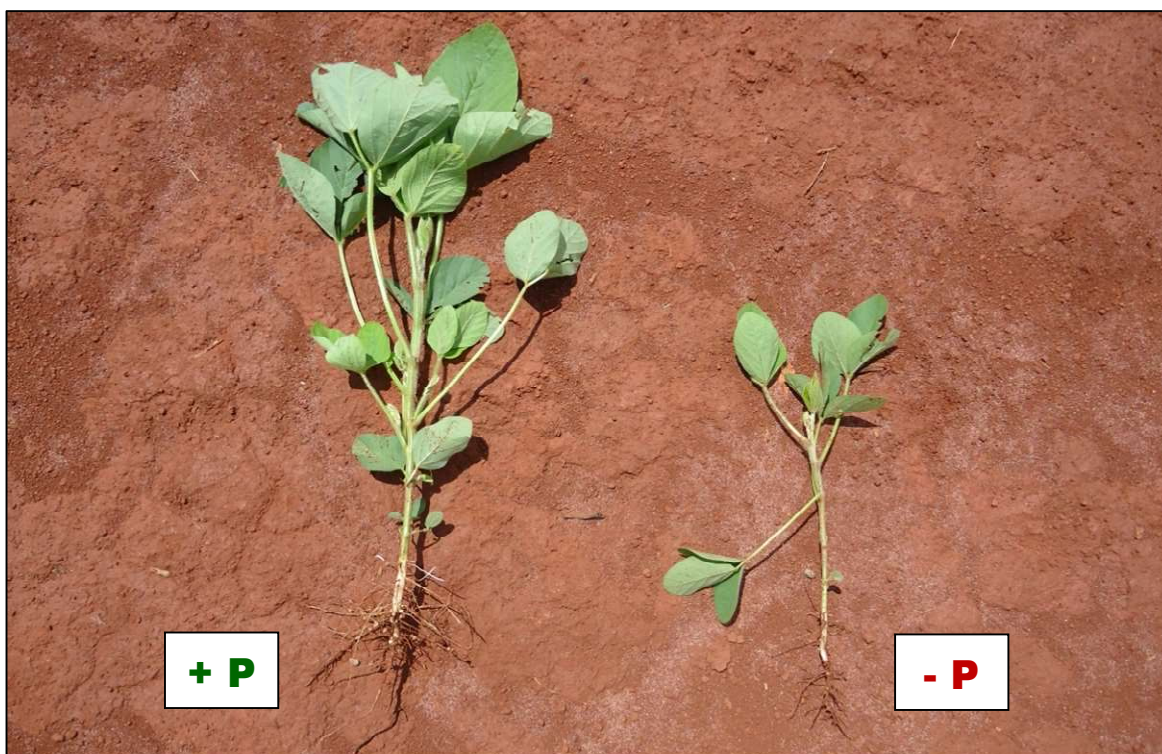


Figura 8. Diferença no tamanho de plantas de soja semeadas no mesmo dia em solo argiloso: sem deficiência (à esquerda) e com deficiência de fósforo (à direita).

Fonte: Claudinei Kappes.



Figura 9. Diferença no tamanho das folhas de soja com mesma idade fisiológica e posição na planta, sem deficiência (à esquerda) e com deficiência de fósforo (à direita).

Fonte: Claudinei Kappes.

As folhas velhas podem assumir coloração verde-escuro a azuladas e ficarem retorcidas. Contudo, pelo fato de a soja ser uma leguminosa (alta demanda de N), estes sintomas são variáveis e não bem definidos. As folhas podem apresentar coloração verde-claro (Figura 10), pois a baixa absorção de P reduz o número e a eficiência dos nódulos nas raízes e, como consequência, a assimilação do N é comprometida, tornando-as pálidas em razão do menor conteúdo de clorofila. Lavouras de soja com deficiência severa de P apresentam, ainda, limitação no fechamento das entre linhas.



Figura 10. Plantas de soja com deficiência de fósforo em solo de textura média (redução do desenvolvimento vegetativo e o não fechamento das entre linhas).

Fonte: Claudinei Kappes.

Potássio (K)

O K é o segundo nutriente que apresenta maior concentração em plantas e grãos de soja, perdendo somente para o N. O K, diferente dos outros nutrientes, não forma compostos orgânicos nas plantas, porém tem função fundamental na ativação enzimática, fotossíntese, eficiência de uso da água (regula a abertura e fechamento dos estômatos), formação de sacarose e síntese de proteínas.

A deficiência de K é mais comum em solos arenosos (menor CTC), desprovidos de palhada sobre a superfície ou em áreas que receberam doses abaixo das recomendadas de maneira contínua por algumas safras (esgotamento gradativo do K no solo).

Um dos sintomas mais comuns da deficiência de K em soja é o aparecimento de um tom amarelado nas bordas das folhas velhas. Com o avanço da deficiência, esta clorose atinge o centro e, por último, a base das folhas, como podemos notar nas Figuras 11 e 12.



Figura 11. Evolução gradual dos sintomas de deficiência de potássio em folhas de soja.
Fonte: Claudinei Kappes.

Quando a deficiência se encontra em fase avançada, os tecidos das áreas amareladas nas bordas se tornam necrosados (Figura 13), dando aspecto de “secamento” ou “queimamento”. Com o passar do tempo e com a ação do vento, as áreas necrosadas se rasgam com facilidade.



Figura 12. Trifólio de soja com deficiência de potássio (clorose nas bordas das folhas).
Fonte: Claudinei Kappes.

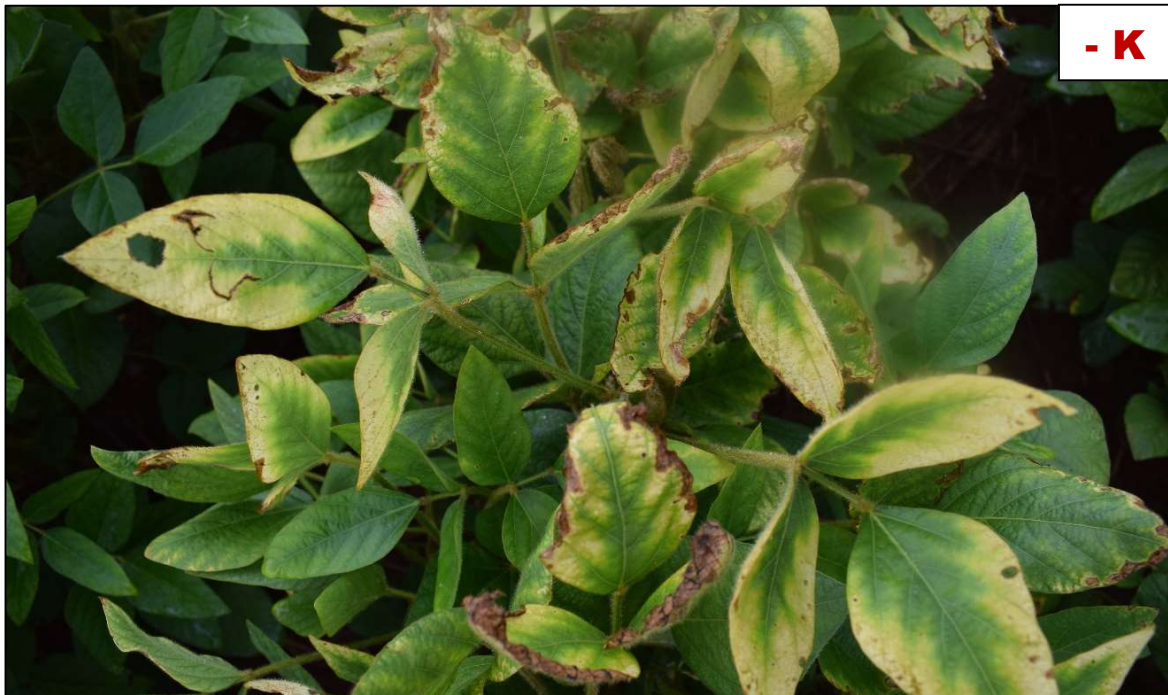


Figura 13. Trifólios de soja com deficiência avançada de potássio (clorose seguida de necrose nas bordas das folhas).
Fonte: Claudinei Kappes.

Com o aumento no uso de cultivares de soja de hábito de crescimento indeterminado e de elevado potencial produtivo, tem sido cada vez mais comum a identificação de deficiência de K nas folhas novas da parte superior da planta (Figura 14). Geralmente, este comportamento ocorre nos casos de deficiência tardia e sob alta severidade.



Figura 14. Plantas de soja em cultivar de hábito de crescimento indeterminado com deficiência de potássio (clorose nas bordas das folhas).

Fonte: Claudinei Kappes.

A explicação é de que nas cultivares de hábito de crescimento indeterminado, além de apresentarem maior demanda de K em comparação as de hábito de crescimento determinado, a dinâmica de acúmulo do nutriente é priorizada para os grãos situados no terço inferior, depois médio. Por último, ocorre o acúmulo de K nos grãos do terço superior da planta; nesta ocasião, se o solo não apresentar níveis que garantam o adequado suprimento de K, surge então a deficiência do elemento nas folhas novas e nas vagens que estão em formação nesta região da planta. Nas vagens, o sintoma é a presença de manchas de coloração marrom, como podemos constatar na Figura 15.

Portanto, como mencionado no início deste documento para o caso do Mn, esta é mais uma situação prática em que o profissional de campo deve ficar muito atento e jamais adotar de maneira exclusiva e arbitrária, o critério da mobilidade dos nutrientes para a identificação de uma deficiência nutricional, pois o dinamismo dos processos no campo vai muito além dos conceitos teóricos.



Figura 15. Vagens de soja em cultivar de hábito de crescimento indeterminado apresentando manchas marrons-acinzentadas devido à deficiência tardia de potássio.

Fonte: Claudinei Kappes.

Plantas de soja com deficiência severa de K, além de serem menos produtivas, apresentam má formação e enchimento dos grãos, os quais ficam pequenos, chochos e com o tegumento enrugado (Figura 16), ou seja, de baixa qualidade proteica.



Figura 16. Grãos de soja com adequado suprimento de potássio (à esquerda) e com má formação e enchimento devido à deficiência severa do nutriente (à direita).

Fonte: Claudinei Kappes.

Sob deficiência severa de K, a maturação da planta é atrasada e desuniforme, podendo ser verificados sintomas conhecidos como haste verde, retenção foliar e presença de vagens secas e chochas, conforme mostrado na Figura 17. Cuidados devem ser tomados para que estes sintomas não sejam confundidos com os problemas fisiológicos conhecidos como “soja louca 1” (provocada pelo ataque de percevejos) e “soja louca 2” (ocasionada pelo nematoide de parte aérea *Aphelenchoides besseyi*). O distúrbio da haste verde provocado pela carência de K é favorecido quando a relação Ca+Mg/K no solo é superior a 50 na camada de 0 a 20 cm.



Figura 17. Plantas de soja com haste verde e retenção foliar devido à deficiência severa de potássio em solo argiloso cuja relação Ca+Mg/K era de 73 na camada de 0 a 20 cm.

Fonte: Claudinei Kappes.

Outro importante benefício do K está relacionado à maior resistência das plantas ao ataque de insetos-praga e patógenos. Na Figura 18 podemos observar a maior sensibilidade das plantas deficientes em K à infecção do fungo *Phakopsora pachyrhizi*, causador da ferrugem-asiática. Outras doenças que têm demonstrado maiores incidências em áreas com baixos níveis de K são a mancha parda (*Septoria glycines*) e o crestamento foliar de cercospora (*Cercospora kikuchii*).

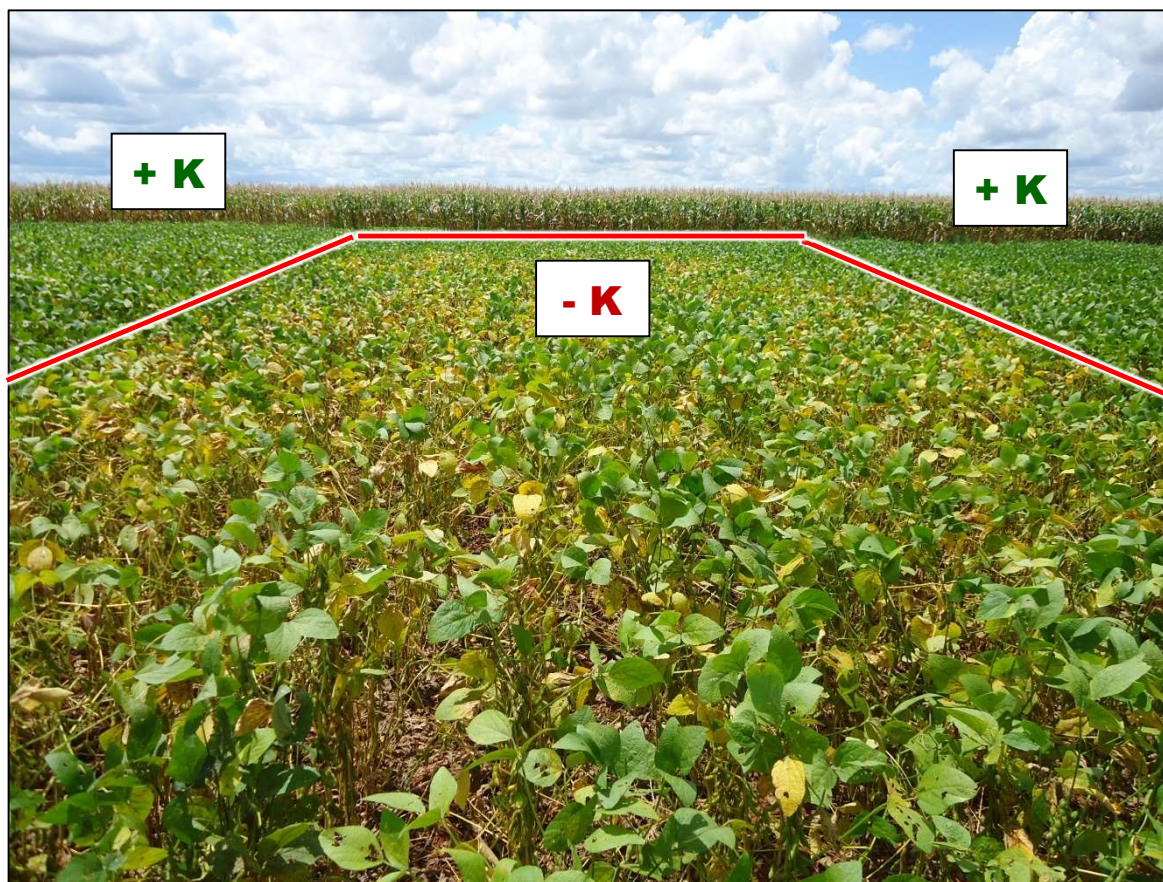


Figura 18. Maior severidade de ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) comprovada pelo desfolhamento precoce em plantas de soja com deficiência de potássio em relação às plantas com nutrição adequada do nutriente sob mesmas condições de semeadura e manejo sanitário.

Fonte: Claudinei Kappes.

Cálcio (Ca)

A deficiência de Ca ocorre com maior frequência em lavouras sob solos tropicais ácidos, de textura arenosa e está associada à toxicidade de alumínio (Al) e Mn, elementos que têm sua concentração aumentada com a acidez.

Os sintomas característicos da deficiência de Ca em soja ocorrem nas folhas novas, como consequência de sua baixa mobilidade na planta. As folhas ficam encarquilhadas, adquirindo um aspecto de “concha”, como podemos verificar na Figura 19.

Outros sintomas da falta de Ca na planta incluem a expansão foliar reduzida, senescência precoce da folha (tornam-se moles e flexíveis devido a perda da integridade da membrana celular e se desprendem facilmente da planta), clorose internerval e presença de pontos de coloração marrom nas bordas (Figura 20).



Figura 19. Trifólio de soja com deficiência de cálcio (folhas encarquilhadas e aspecto de “concha”). Fonte: Claudinei Kappes.

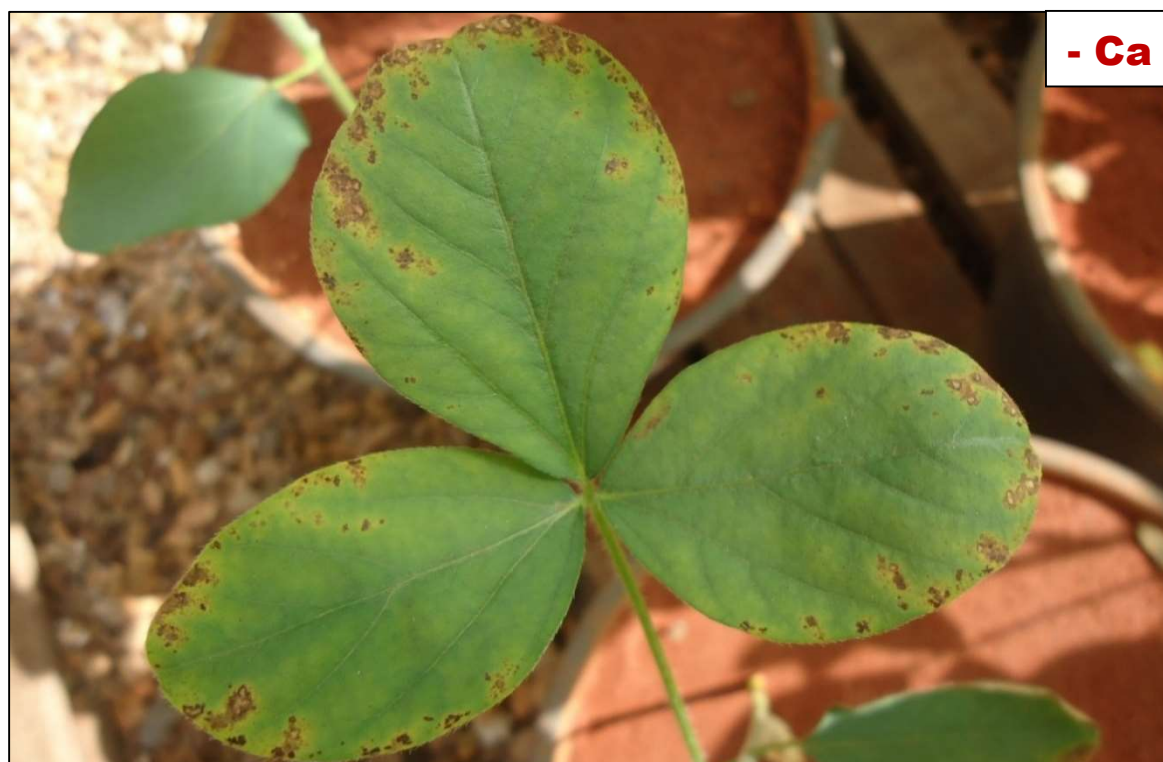


Figura 20. Trifólio de soja com deficiência de cálcio (clorose internerval e pontos de coloração marrom nas bordas). Fonte: Claudinei Kappes.

Por fim, a falta temporária de Ca acarreta também o colapso do pecíolo (Figuras 21 e 22), devido a desintegração da parede celular. Geralmente este sintoma ocorre nos trifólios situados na parte mediana da haste principal (trifólios adultos, mas de tamanho reduzido), cujas plantas encontram-se nas fases reprodutivas de desenvolvimento (maior demanda hídrica).

O colapso do pecíolo é favorecido sob condições de baixa disponibilidade hídrica no solo e alta taxa de transpiração da planta (perda de água na forma de vapor para a atmosfera), uma vez que a absorção do Ca é altamente dependente do aproveitamento da água e da intensidade transpiratória. Portanto, este distúrbio pode ocorrer mesmo em solos cujos teores de Ca encontram-se adequados.



Figura 21. Colapso do pecíolo em soja provocado pela falta de cálcio (desintegração da parede celular).

Fonte: Claudinei Kappes.

O profissional de campo deve ficar muito atento no diagnóstico, pois o colapso do pecíolo pode ser facilmente confundido com a antracnose (*Colletotrichum truncatum*). Na maioria das situações, ao submeter os pecíolos com o colapso provocado pela carência de Ca à análise laboratorial, é identificada a presença oportunista do fungo *C. truncatum*, ou seja, este não é o agente causal do problema, mas sim a consequência.

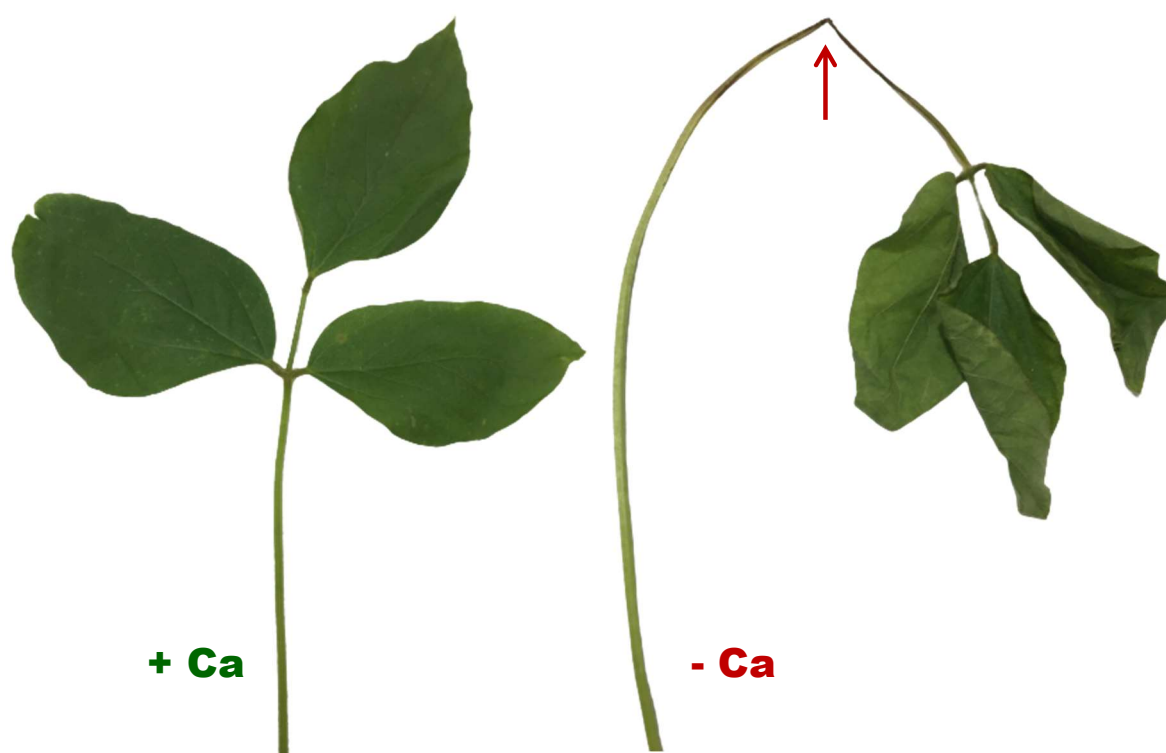


Figura 22. Trifólio de soja normal (à esquerda) e com colapso do pecíolo (à direita) provocado pela falta de cálcio (desintegração da parede celular).

Fonte: Claudinei Kappes.

Magnésio (Mg)

O Mg faz parte da composição química da clorofila (estrutura), sendo fundamental nos processos fotossintéticos da planta. Assim como o Ca, a disponibilidade de Mg às plantas está relacionada com o pH do solo. Na prática, a deficiência de Mg tem maior probabilidade de ocorrência em lavouras cultivadas em solos arenosos tropicais ácidos e com baixo teor de matéria orgânica.

Em solos com excesso de outras bases, a exemplo do K, a deficiência de Mg também pode ser intensificada. Portanto, altas doses de K devem ser evitadas ou recomendadas com muito critério técnico, sobretudo em solos em que o nível de Mg se encontra próximo ao nível crítico.

Os sintomas da deficiência de Mg em soja podem ser percebidos com o surgimento de uma clorose verde-claro nos tecidos internervais das folhas, devido à baixa produção de clorofila. Com o decorrer do tempo, esta clorose avança uniformemente em toda a folha, adquirindo uma coloração amarelada, como podemos verificar nas Figuras 23 e 24. É importante notar que as nervuras foliares permanecem verdes.



Figura 23. Evolução gradual dos sintomas de deficiência de magnésio em folhas de soja (clorose verde-claro a amarelado entre as nervuras).

Fonte: Claudinei Kappes.

Os sintomas da deficiência de Mg se iniciam pelas folhas velhas (Figura 25), visto que é um nutriente móvel nas plantas. Mas, com o aumento de sua severidade, as folhas novas da parte superior da planta também são atingidas (Figura 26).



Figura 24. Trifólios de soja com deficiência de magnésio (clorose verde-claro a amarelado nos tecidos internervais e nervuras permanecendo verdes).

Fonte: Claudinei Kappes.



Figura 25. Plantas de soja com deficiência de magnésio (clorose verde-claro a amarelado nos tecidos internervais nas folhas velhas).

Fonte: Claudinei Kappes.



Figura 26. Plantas de soja com deficiência de magnésio em folhas novas devido à alta severidade.

Fonte: Claudinei Kappes.

Enxofre (S)

Na planta, o S é essencial para a formação de proteínas por ser constituinte de alguns aminoácidos, em auxiliar na produção de enzimas e de vitaminas, promover a formação de nódulos, auxiliar na formação dos grãos e da clorofila (mas não é constituinte desse pigmento fotossintético, como é o caso do N e Mg).

Desta maneira, o S assume importância especial para a soja por se tratar de uma cultura com teores consideráveis de proteínas nos grãos e diante do aumento de produtividade que a cultura tem propiciado nos últimos anos, isto é, maior exportação de proteínas e conseqüentemente de S pelos grãos.

A deficiência de S em soja pode ser favorecida pelas mesmas situações do N, uma vez que a dinâmica destes nutrientes no solo é semelhante. Assim, cultivo em solos arenosos, com baixos teores de matéria orgânica (fonte de S), baixa atividade da microbiota e falta de água no solo (menor taxa de mineralização da matéria orgânica) e altas precipitações, são condições que potencializam a deficiência de S na cultura.

Os sintomas de deficiência de S são identificados pela coloração uniforme verde-claro (Figura 27). Ao contrário do N, a deficiência de S ocorre nas folhas novas da parte superior da planta (Figura 28), por se tratar de um nutriente com mobilidade restrita na planta e diferentemente do Mg, as nervuras foliares perdem a coloração verde-escuro.



Figura 27. Trifólio de soja com deficiência de enxofre (coloração verde-claro).
Fonte: Claudinei Kappes.



Figura 28. Plantas de soja em fase vegetativa com deficiência de enxofre em solo arenoso.
Fonte: Claudinei Kappes.

Em fases avançadas de deficiência de S, toda a planta fica acometida pelos sintomas (Figura 29), assumindo a coloração verde-claro inclusive nas folhas velhas. Nesta ocasião, deve-se tomar cuidados interpretativos para não ser confundida com a deficiência de N e P; por isso, o diagnóstico inicial e o acompanhamento da evolução sintomática são aspectos que podem auxiliar na distinção e propiciar o diagnóstico correto.

Quando a deficiência de S ocorre precocemente na lavoura, é possível perceber plantas de menor porte e com as ramificações e hastes finas (perda da firmeza) e com problemas no processo de nodulação no sistema radicular, mesmo em áreas com histórico de uso e que receberam doses elevadas de inoculante. Logo, quando a deficiência de S é tardia, estes últimos sintomas não são notados.



Figura 29. Sistema radicular com nodulação prejudicada (à esquerda) e plantas de soja em fase reprodutiva com coloração verde-claro generalizada devido à deficiência severa de enxofre em solo arenoso (à direita).

Fonte: Claudinei Kappes.

No campo, quando os sintomas não assumem magnitude de severidade, a identificação visual de deficiência de S é uma tarefa difícil, exigindo experiência do profissional. Entretanto, pode ser facilmente identificada pela resposta da planta à aplicação de S, especialmente na forma de sulfato (Figura 30), por ser a forma prontamente disponível e rapidamente absorvida. Em alguns casos, a deficiência de S só é notada no momento da maturação da cultura (Figura 31), desde que se tenha um comparativo ao lado com fornecimento de S. Na maioria das vezes, a deficiência de S passa despercebida.

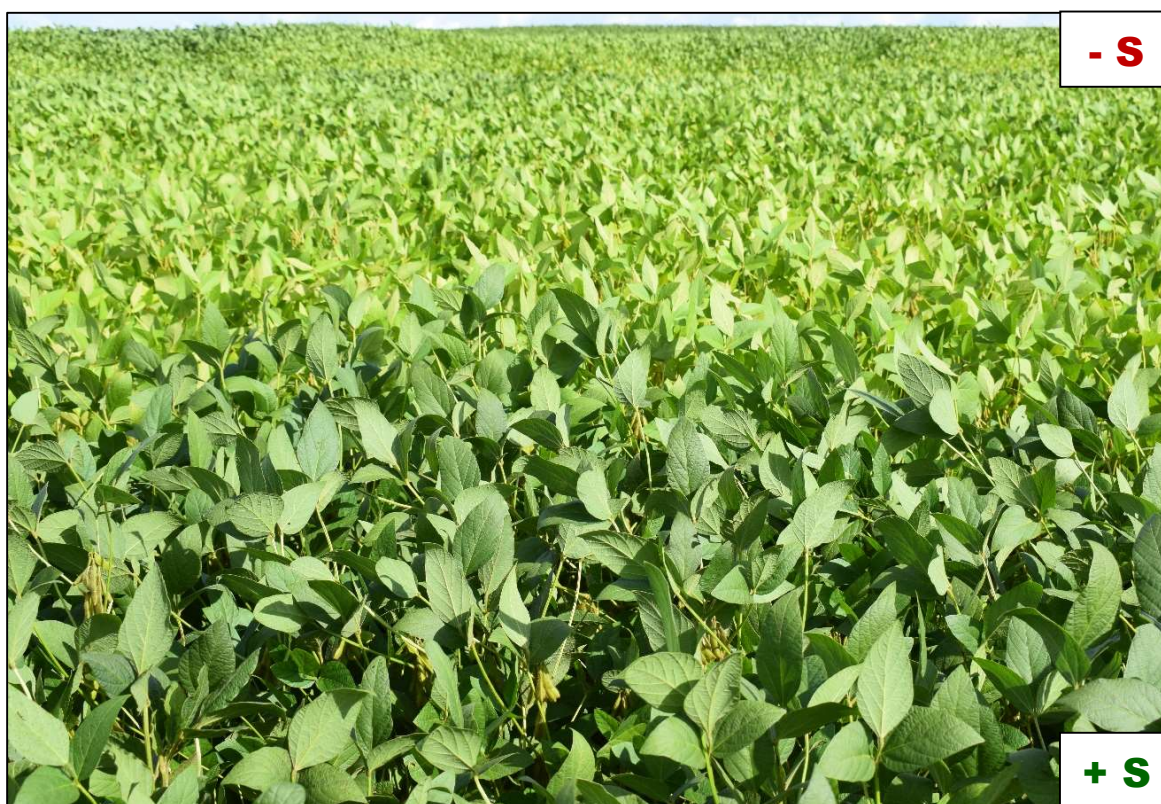


Figura 30. Plantas de soja em fase reprodutiva sem deficiência (na frente) e com deficiência de enxofre (ao fundo) em solo arenoso.

Fonte: Claudinei Kappes.

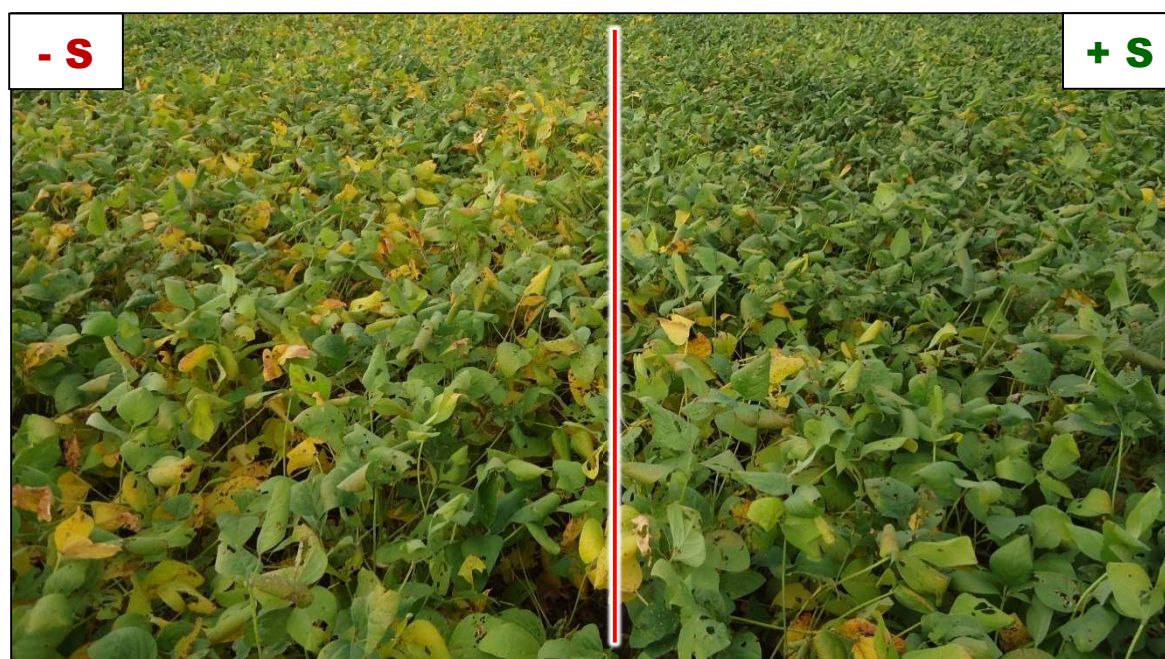


Figura 31. Plantas de soja com deficiência tardia de enxofre em solo arenoso.

Fonte: Claudinei Kappes.

Boro (B)

Essencial para o crescimento e desenvolvimento de novas células nos pontos meristemáticos da planta, o B em soja tem contribuição na formação da parede celular, florescimento, pegamento e desenvolvimento das vagens.

A matéria orgânica do solo é a fonte mais importante de B. Portanto, cultivo em solos arenosos, com baixos teores de matéria orgânica, baixa atividade de microrganismos, falta de água (menor mineralização da matéria orgânica) e excesso de água no solo (maior perda por lixiviação), aumentam a frequência de deficiência de B em soja.

Devido à baixa mobilidade do B na planta, os sintomas de deficiência aparecem como crescimento anormal e lento das folhas novas e dos pontos de crescimento apical. As folhas assumem uma coloração verde-escuro, ficam grossas e enrugadas (as bordas se curvam para baixo) e tem a ponta deformada, como podemos observar na Figura 32. Com o avanço da deficiência, os entrenós ficam curtos, ocorre a morte dos pontos de crescimento terminal e a formação e o pegamento de flores são afetados.



Figura 32. Planta de soja com deficiência de boro (deformação da ponta da folha e enrugamento).

Fonte: Claudinei Kappes.

O B é um nutriente que apresenta uma característica peculiar: a faixa entre a deficiência e a toxidez é muito estreita, o que exige cuidado na dose a ser aplicada. Na Figura 33 temos um trifólio de soja com sintomas de toxidez de B provocada pela aplicação de dose acima da recomenda em solo arenoso (ambiente mais suscetível à toxidez no caso de doses elevadas do elemento). Os sintomas de toxidez são identificados pelo surgimento de amarelecimento seguido de uma progressiva necrose, a qual se inicia na pontas e bordas das folhas.



Figura 33. Trifólio de soja com toxidez de boro devido à aplicação de dose acima da recomenda em solo arenoso (amarelecimento seguido de necrose nas pontas e bordas das folhas).

Fonte: Claudinei Kappes.

Com o avanço da toxidez de B, a necrose se encaminha para a nervura central e as folhas ficam com a aparência de queimadas, caindo precocemente, como podemos observar na Figura 34. Outros sintomas característicos da toxidez podem incluir o encarquilhamento das folhas, plantas de menor porte (entrenós curtos) e morte da gema apical da planta.



Figura 34. Plantas de soja em fase avançada de toxidez de boro devido à aplicação de dose acima da recomendação em solo arenoso (folhas com aparência de queimadura e queda precoce).

Fonte: Claudinei Kappes.

Cobre (Cu)

O Cu tem papel fundamental na fotossíntese por ser um componente-chave da clorofila. Entre suas principais funções na planta estão a sua participação em enzimas, FBN, lignificação da parede celular e mecanismos de resistência a doenças.

Solos de várzea ou sob sistema plantio direto são os mais propícios à deficiência de Cu, visto que o elemento é retido fortemente pela matéria orgânica. O pH também afeta a disponibilidade de Cu no solo (menor disponibilidade e solubilidade com pH acima de 7,0).

Identificar uma deficiência de Cu em soja no campo é uma missão difícil, pois os sintomas não são tão marcantes como para a maioria dos nutrientes. Outro aspecto a ser considerado é que vários fungicidas utilizados no manejo de doenças foliares têm Cu em suas formulações, o que acaba garantindo parte do seu suprimento à planta. São os denominados fungicidas cúpricos.

Quando presente a deficiência em soja, esta é caracterizada por pecíolos das folhas novas curvados para baixo. As folhas perdem a coloração verde, ficando com tom verde-acinzentado. Em situações de severidade, pode ocorrer necrose nas pontas das folhas, a qual progride pelas bordas resultando uma aparência de perda de água.

Outro sintoma característico da deficiência de Cu em soja é a falta de simetria das folhas, as quais apresentam aspecto de “folha grávida” (um dos lados do limbo foliar cresce mais que outro), como podemos observar na Figura 35.



Figura 35. Folhas de soja com deficiência de cobre (falta de simetria e aspecto de “folha grávida”).

Fonte: Godofredo C. Vitti.

Ferro (Fe)

O Fe participa das funções enzimáticas da planta e na sua falta há menor taxa na síntese de proteínas. A maior parte do Fe se encontra nos cloroplastos, o que provoca clorose das folhas pela diminuição da quantidade de cloroplasto e do teor de clorofila nos casos de deficiência.

Doses de cobalto (Co) aplicadas via tratamento de sementes, acima das recomendadas (> 4 g/ha de Co), podem induzir temporariamente a deficiência de Fe em soja, como podemos observar na Figura 36. Neste caso, o principal sintoma é o amarelecimento da folha unifoliolada (diminuição na produção de clorofila), que se inicia pelas bordas e se generaliza e uniformiza por todo o limbo foliar (Figura 37). Esta indução temporária ocorre pois o excesso de Co diminui drasticamente a absorção e o transporte de Fe na planta.



Figura 36. Plantas de soja com deficiência de ferro devido ao excesso de cobalto aplicado via tratamento das sementes (amarelecimento da folha unifoliolada).

Fonte: Claudinei Kappes.



Figura 37. Evolução gradual dos sintomas de deficiência de ferro em folhas unifolioladas de soja (amarelecimento da folha unifoliolada que se inicia pelas bordas e se generaliza por todo o limbo).

Fonte: Claudinei Kappes.

Na maioria das situações em que a deficiência de Fe foi induzida pelo excesso de Co, os sintomas ficam restritos à folha unifoliolada. Depois de alguns dias, os primeiros trifólios que surgem na sequência não apresentam os sintomas (Figura 38), as plantas se desenvolvem normalmente e a produtividade da cultura não é afetada.



Figura 38. Plantas de soja com deficiência de ferro devido ao excesso de cobalto aplicado via tratamento de sementes (sintomas restritos à folha unifoliolada e trifólios sem a deficiência).

Fonte: Claudinei Kappes.

Uma situação comum de ser encontrada no campo recém emergido são plantas com deficiência de Fe e outras sem sintomas à curtas distâncias (Figura 39), ou seja, o problema não ocorre em todas as plantas. Neste caso, a explicação está no processo operacional do tratamento de sementes: ao adicionar a calda no equipamento misturador, ocorre naturalmente uma superdosagem nas sementes que têm o contato direto com a mesma; outro fator é a má homogeneização. Portanto, o problema é excesso pontual da dose de Co, gerado pelo ineficiente processo operacional do tratamento de sementes.

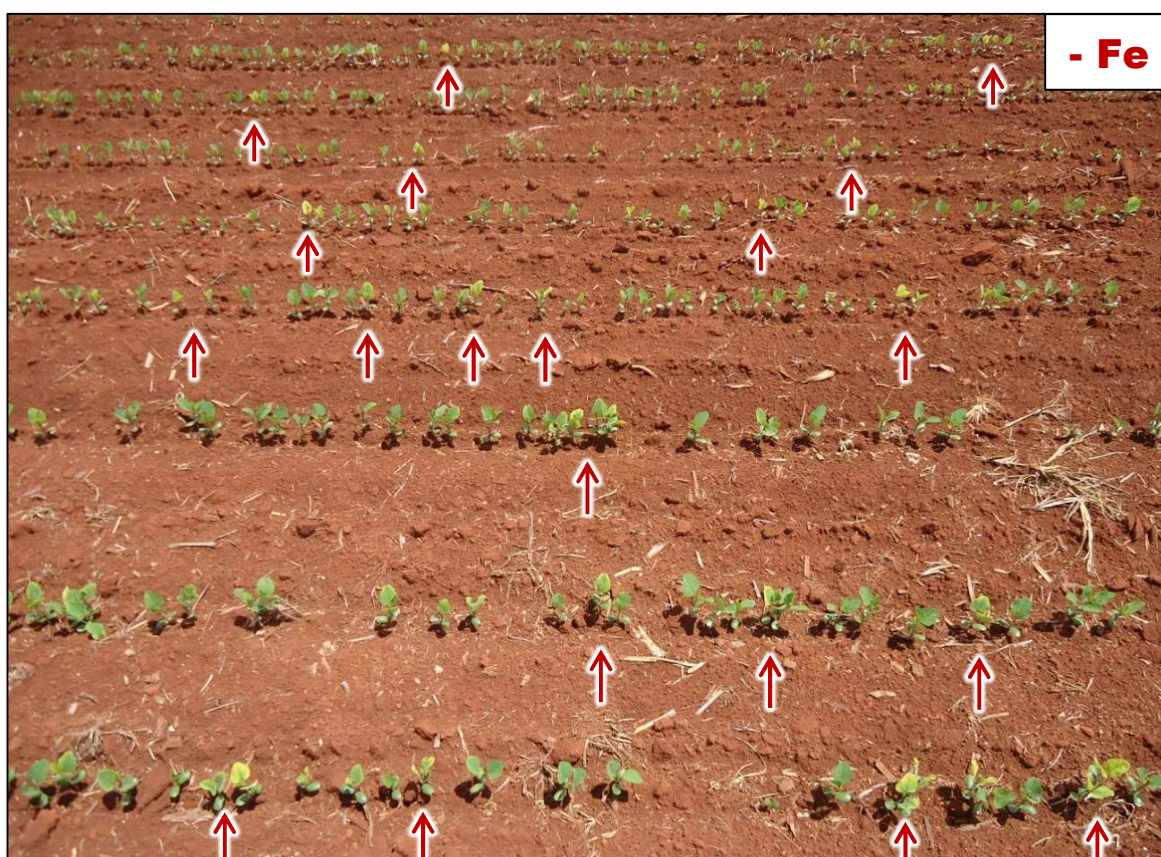


Figura 39. Plantas de soja com deficiência de ferro (setas) devido à ineficiência do processo operacional do tratamento de sementes (excesso de cobalto).

Fonte: Claudinei Kappes.

Quando a deficiência de Fe está relacionada com a baixa disponibilidade do elemento no solo (mais comum em solos com pH elevado – acima de 7,0), isto é, não foi induzida pelo excesso de Co, os sintomas surgem como clorose internerval das folhas novas da parte superior da planta (inversamente à deficiência de Mg), e quando a severidade aumenta, a clorose se estende para as folhas velhas. Com a evolução da deficiência, a planta inteira pode adquirir coloração amarelada, inclusive as nervuras.

No campo, os sintomas de deficiência de Fe e Mn são muito similares, portanto, difíceis de serem distinguidos apenas com os aspectos visuais. A deficiência de Fe também pode ser diagnosticada incorretamente pelo desequilíbrio nutricional ou pelos sintomas de ataque de insetos-praga, doenças, nematoides e toxidez por herbicidas. Quando a deficiência de Fe é provocada pela alta dose de Co, os sintomas são muito característicos e de fácil identificação no campo.

O excesso de chuva pode induzir a toxicidade de Fe, sobretudo em áreas com problema de infiltração (alagamentos que perduram por alguns dias). Nesta situação de pouco oxigênio no solo, o elemento tem sua solubilidade aumentada (predomínio do Fe na forma redutiva), com conseqüente incremento na absorção pela planta.

Manganês (Mn)

O Mn atua como ativador enzimático e desempenha papel direto na fotossíntese, ajudando na síntese da clorofila. A deficiência pode ocorrer em solos com alto teor de matéria orgânica e pH alcalino e naqueles naturalmente pobres em Mn.

Assim como para o Mg e o Fe, a deficiência de Mn em soja também provoca clorose entre as nervuras das folhas (Figura 40). Na prática, as deficiências destes três nutrientes costumam ser confundidas. A deficiência de Mn difere das de Mg e Fe devido às nervuras permanecerem verdes e aparecerem ressaltadas, de forma saliente. Outro aspecto é que na deficiência de Mn os sintomas são visíveis primeiro nas folhas novas (baixa mobilidade na planta), enquanto que na de Mg, as folhas velhas são as primeiras a serem afetadas. É preciso, entretanto, que o profissional de campo tome os devidos cuidados ao adotar o critério da mobilidade dos nutrientes, como mencionado no início deste documento.



Figura 40. Trifólio de soja com deficiência de manganês (clorose internerval e nervuras permanecendo verdes).

Fonte: Claudinei Kappes.

Com o avanço da deficiência de Mn, a clorose foliar passa de verde-pálido para amarelo-pálido (Figura 41). Em casos de severidade na deficiência, toda a planta apresenta os sintomas (Figura 42) e pode ocorrer redução ou atraso no crescimento das plantas e nas folhas podem surgir áreas necróticas marrons.

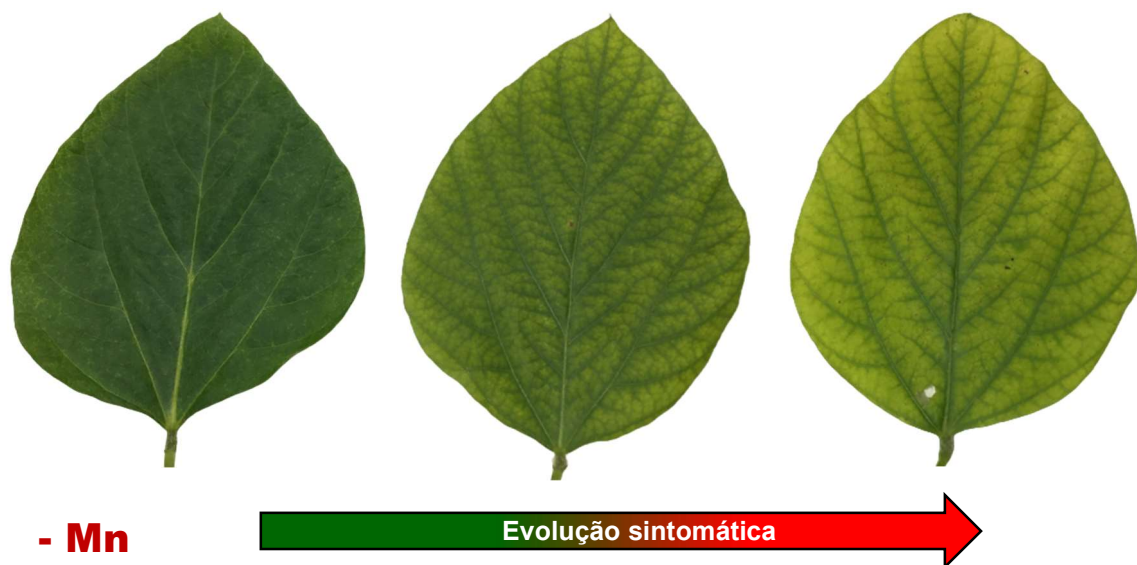


Figura 41. Evolução gradual dos sintomas de deficiência de manganês em folhas de soja (clorose internerval e nervuras permanecendo verdes).

Fonte: Claudinei Kappes.



Figura 42. Plantas de soja com deficiência generalizada de manganês (folhas com clorose internerval e nervuras permanecendo verdes).

Fonte: Claudinei Kappes.

No campo é muito comum encontrar plantas deficientes de Mn onde houve descarregamento de calcário nas margens de estradas (Figura 43) ou em áreas que receberam doses excessivas do corretivo. Isto ocorre, pois, a disponibilidade de Mn às plantas é altamente influenciada pelo pH do solo, fazendo com que o aumento de pH pela calagem diminua drasticamente a sua disponibilidade.



Figura 43. Lavoura de soja com deficiência de manganês devido ao excesso de calcário (reboleira de plantas com folhas cloróticas onde houve descarregamento de calcário).

Fonte: Claudinei Kappes.

Embora a alteração do pH do solo exerça influência direta na disponibilidade dos micronutrientes catiônicos, no campo, o efeito na redução da disponibilidade ocorre primeiramente com o Mn.

Zinco (Zn)

O Zn tem papel fundamental no sistema enzimático e controla a síntese de reguladores de crescimento que influenciam o crescimento das plantas. A deficiência de Zn pode ocorrer em solos de baixa disponibilidade natural do nutriente (arenitos, por exemplo) e em situações de aplicações elevadas de calcário e/ou P.

Plantas de soja deficientes em Zn apresentam entrenós curtos (este é um dos primeiros sintomas a serem observados, devido à escassez de reguladores de crescimento), produção de folhas pequenas e áreas cloróticas entre as nervuras das folhas novas, as quais permanecem com coloração verde-escuro (Figura 44). Com o avanço da deficiência, os tecidos com clorose ficam de coloração marrom e morrem prematuramente. Outros sintomas incluem o atraso da maturação e a presença de poucas vagens.



Figura 44. Planta de soja com deficiência de zinco (entrenós curtos, folhas pequenas e áreas cloróticas entre as nervuras).

Fonte: D. Whitney.

Diagnose foliar

Uma maneira assertiva e segura para o diagnóstico do estado nutricional da cultura é a análise foliar, tendo em vista que a folha é o órgão que corresponde melhor às variações no suprimento dos nutrientes. Vale lembrar que o diagnóstico nutricional se torna mais preciso quando se associa os resultados de análises foliares com as análises de solo.

A análise foliar contribui no acompanhamento e avaliação de um programa de adubação auxiliar, permitindo um eventual ajuste nutricional para a safra seguinte. Portanto, recomenda-se a análise foliar independente do aparecimento visual de sintomas, pois como discutido anteriormente, dependendo do nível da deficiência nutricional pode ocorrer a “fome oculta”, a qual somente é diagnosticada através de resultados laboratoriais.

O momento para se realizar a amostragem de folhas difere em função do hábito de crescimento da cultivar. Para cultivares com hábito de crescimento determinado, a amostragem deve ser realizada no início do florescimento/florescimento pleno (entre os estádios R1 e R2). Para cultivares com hábito de crescimento indeterminado, recomenda-se o estágio R2, podendo-se estender até o início do estágio R3, desde que as plantas estejam entre os estádios V8 e V10. Em ambos os casos, deve-se sempre considerar o estágio de desenvolvimento de aproximadamente 50% das plantas do talhão.

Na amostragem deve-se coletar o terceiro ou quarto trifólio totalmente formado localizado na haste principal (Figura 45), com ou sem pecíolo, considerado a partir do ápice das plantas de um mínimo de 30 plantas no talhão. As folhas coletadas devem estar livres de poeira e de contaminações por produtos aplicados via foliar. Recomenda-se que as folhas coletadas sejam acondicionadas em sacos de papel e secas à sombra para posterior envio ao laboratório.

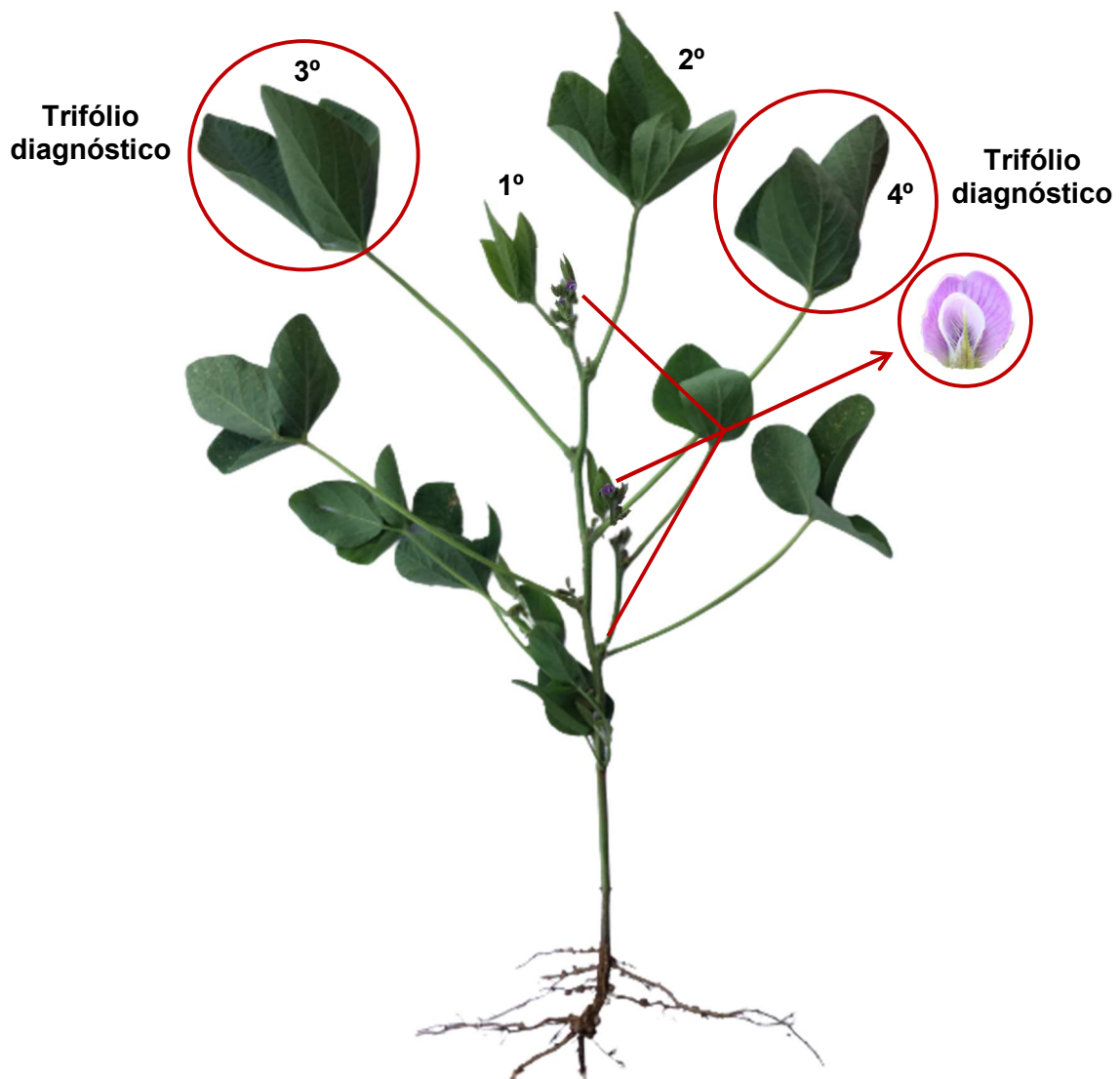


Figura 45. Terceiro ou quarto trifólio totalmente formado, a partir do ápice da haste principal da planta a ser coletado para diagnose foliar entre os estádios fenológicos R1 e R2.

Fonte: Claudinei Kappes.

Nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul adota-se como folha índice o terceiro ou quarto trifólio a partir do ápice na haste principal da planta no estágio R2, podendo-se interpretar os resultados com ou sem pecíolo a partir de níveis de teores apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Níveis interpretativos dos resultados de análises de folhas⁽¹⁾ de soja com ou sem pecíolo (estádio R2), para os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Nutriente	----- Trifólio com pecíolo -----			----- Trifólio sem pecíolo -----		
	Baixo	Adequado	Alto	Baixo	Adequado	Alto
	----- g/kg -----					
N	< 36,8	36,8 a 46,9	> 46,9	< 50,6	50,6 a 62,4	> 62,4
P	< 2,3	2,3 a 3,4	> 3,4	< 2,8	2,8 a 3,9	> 3,9
K	< 17,3	17,3 a 25,7	> 25,7	< 14,4	14,4 a 20,3	> 20,3
Ca	< 6,8	6,8 a 11,8	> 11,8	< 6,2	6,2 a 11,6	> 11,6
Mg	< 2,9	2,9 a 4,7	> 4,7	< 3,0	3,0 a 4,9	> 4,9
S	< 2,1	2,1 a 3,0	> 3,0	< 2,4	2,4 a 3,3	> 3,3
	----- mg/kg -----					
B	< 33	33 a 50	> 50	< 37	37 a 56	> 56
Cu	< 6	6 a 11	> 11	< 7	7 a 12	> 12
Fe	< 59	59 a 120	> 120	< 77	77 a 155	> 155
Mn	< 28	28 a 75	> 75	< 38	38 a 97	> 97
Zn	< 31	31 a 58	> 58	< 41	41 a 78	> 78

⁽¹⁾Terceiro ou quarto trifólio totalmente formado, a partir do ápice da haste principal da planta durante o florescimento pleno (estádio R2).

Fonte: Kurihara et al. (2008) apud Embrapa (2020)*.

Para o estado do Paraná, os níveis de suficiência nutricional definidos para cultivares de soja com hábito de crescimento indeterminado são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Níveis interpretativos dos resultados de análises de folhas de soja sem pecíolo (estádio R2) para cultivares de hábito de crescimento indeterminado no estado do Paraná.

Nutriente	Baixo	Adequado	Alto
	----- g/kg -----		
N	< 46	46 a 60	> 60
P	< 3,0	3,0 a 4,1	> 4,1
K	< 17,5	17,5 a 23	> 23
Ca	< 6,0	6,0 a 9,5	> 9,5
Mg	< 3,0	3,0 a 4,5	> 4,5
S	< 2,2	2,2 a 3,2	> 3,2
	----- mg/kg -----		
B	< 45	45 a 75	> 75
Cu	< 5,5	5,5 a 11	> 11
Fe	< 80	80 a 175	> 175
Mn	< 100	100 a 170	> 170
Zn	< 35	35 a 55	> 55

Fonte: Embrapa (2020)*.

*EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2020. 247p. (Sistemas de Produção, 17).