

Fertilidade

Nutrição de lavouras de soja: situação atual e perspectivas

Quirino Augusto de Camargo Carmello e Fábio Alvares de Oliveira*

Qualquer elemento químico presente no solo pode ser absorvido pelas raízes das plantas. No entanto, além de carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O), somente treze elementos inorgânicos são considerados essenciais. Eles são divididos, em função das quantidades exigida pelas plantas, em macronutrientes – nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) – e micronutrientes – boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn). O cobalto é essencial à fixação de nitrogênio das leguminosas, associado simbioticamente a bactérias do gênero *Rhizobium*. A taxa de acúmulo de material seco determina as quantidades de nutrientes absorvidos pela planta (Figura 1).



ACERVO FUNDAÇÃO MT

Lavoura de soja; MT, 2005

A soja apresenta uma taxa inicial de absorção de nutrientes bastante reduzida, devido ao seu pequeno crescimento nessa fase. A etapa de maior exigência nutricional inicia-se por volta dos 30 dias e se mantém elevada até o início do enchimento dos grãos, quando a fixação de nitrogênio e a atividade fotossintética são elevadas e produzem um desenvolvimento mais acelerado. Uma intensa translocação de nutrientes, acumulados nas partes vegetativas, ocorre à medida que o enchimento de grãos evolui, diminuindo a demanda por nutrientes do solo. Posteriormente, as atividades fisiológicas apresentam redução sensível, encerrando, com a maturação da planta, a absorção e o processo fotossintético. Sabe-se que a ordem decrescente de exigências nutricionais da soja é N, K, Ca, Mg, P e S. Sabe-se ainda que o acúmulo máximo dos nutrientes ocorre entre 82 e 92 dias de idade, que a maior taxa de absorção dos macronutrientes ocorre entre 39 e 58 dias, e que 50% do total de nutrientes já foi absorvido entre 20 e 39 dias (Tabela I).

DESORDENS NUTRICIONAIS

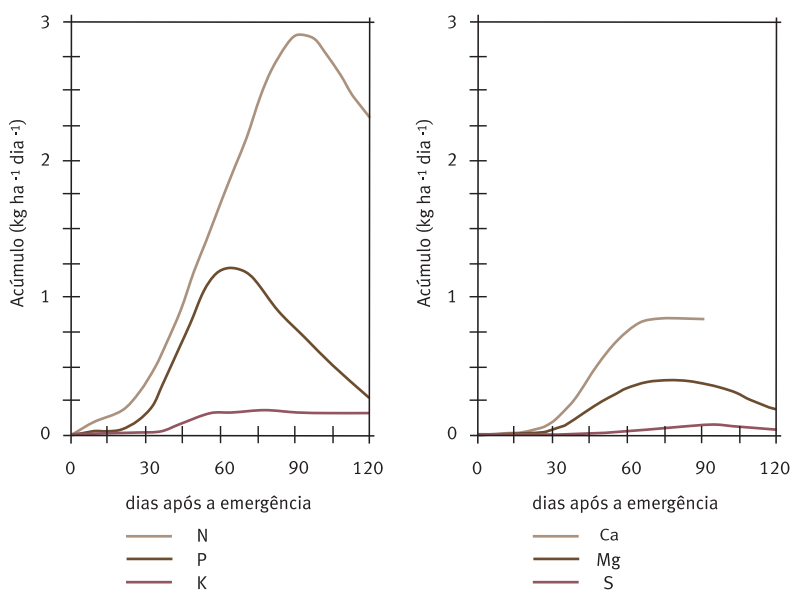
Os nutrientes desempenham funções estruturais e metabólicas nas plantas. Sua disponibilidade correlaciona-se ao rendimento de grãos. As desordens nutricionais ocasionam redução de produtividade e estão associadas a sintomas característicos da falta de cada nutriente. Antes mesmo do surgimento dos sintomas, o crescimento e a produção já foram limitados, situação denominada fome oculta. Apesar da sintomatologia de cada desordem nutricional ser característica, a diagnose visual é apenas a primeira etapa do diagnóstico nutricional, e deve ser confirmada pelas análises do solo e de tecidos.

O pleno acompanhamento da lavoura é indispensável (variedade, época de semeadura e fatores climáticos, entre outros), pois esses fatores podem interferir na absorção de nutrientes e são necessários à identificação do nutriente, auxiliando o diagnóstico. A ocorrência de pragas e doenças que podem provocar sintomas semelhantes aos das

desordens nutricionais também deve ser observada. Os sintomas acontecem em reboleira ou de forma generalizada no campo, tendo em vista que as deficiências nutricionais raramente aparecem só em algumas plantas, surgindo também em áreas com alguma característica comum, como no manejo da fertilidade do solo.

Além disso, os sintomas devem ser simétricos, isto é, apresentam-se igualmente distribuídos nas folhas com mesma idade fisiológica, e mesmo dentro da folha. Devido à diferente mobilidade verificada no floema, há um gradiente de evolução nos sintomas nas plantas. Os nutrientes N, P, K, Mg e Cl, por serem móveis, se redistribuem rapidamente para as partes mais jovens, ocorrendo uma deficiência no solo. Desenvolvem-se assim sintomas mais evidentes nas folhas velhas. Já os nutrientes S, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn são pouco móveis e o Ca e B, por sua vez, são imóveis, o que determina o surgimento de sintomas de deficiências mais severos em folhas mais jovens. Quando ocorre toxicidade, no entanto, o gradiente de severidade dos sintomas desenvolve-se com maior intensidade nos órgãos mais velhos da planta. No campo, os sintomas mais comuns na soja são os de deficiências de N, P, K e de Mn (Figuras 2 a 5)

FIGURA 1 | ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES, EM FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE DESENVOLVIMENTO DA SOJA CV SANTA ROSA



Fonte: Modificado de Bataglia e Mascarenhas (1977)

DIAGNOSE FOLIAR

Além da análise do solo, a análise química das plantas pode dar indícios da fertilidade do solo, já que existe uma relação entre disponibilidade de nutrientes no solo e teores acumulados em tecidos, influenciando diretamente o desenvolvimento e a produtividade das culturas. A utilização de um conjunto de plantas como referência sobre a disponibilidade de nutrientes no solo permite interpretar o estado nutricional do plantio, que se deve a fatores físicos, químicos e biológicos que interferem diretamente na disponibilidade e na absorção dos nutrientes. O mais importante nessa

FIGURA 2 | DEFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO, DEVIDO À FALTA DE MOLIBDÊNIO (Mo)



ACERVO EMBRAPA SOJA

FIGURA 3 | PLANTAS COM MENOR DESENVOLVIMENTO, POR DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO



GEDI, J. SFREDO/EMBRAPA SOJA

FIGURA 4 | DEFICIÊNCIA DE POTÁSSIO; CLO-ROSE COM INÍCIO DE NECROSE NAS BORDAS DOS FOLÍOLOS



GEDI, J. SFREDO/EMBRAPA SOJA

FIGURA 5 | DEFICIÊNCIA DE MANGANÊS, APRESENTANDO CLOROSE INTERNIVAL DE FOLHAS JOVENS



ACERVO EMBRAPA SOJA

amostragem é o teor variável que as folhas apresentam, em função do estágio de crescimento da soja. Órgão que melhor reflete o estado nutricional da planta, a folha que atingiu a maturação fisiológica e o estágio de desenvolvimento da planta é a que reflete o maior acúmulo de nutrientes.

Na soja, o ponto máximo da curva de acúmulo dos nutrientes ocorre no estágio R_1 , ou seja, no início do florescimento. Esse é o ponto em que as folhas da planta de soja contêm maiores concentrações de nutrientes. No campo, isso ocorre aproximadamente entre 45 e 60 dias após a emergência, dependendo da latitude do local, da data de semeadura e do ciclo de desenvolvimento da cultivar (Sfredo et al., 1986). Para a coleta das amostras de folhas, recomenda-se a terceira e/ou a quarta folha trifoliolada da haste principal, a partir da primeira folha completamente expandida, no ápice da planta, coletada no início da floração (R_1). Devem ser coletadas de 30 a 40 folhas trifolioladas, sem o pecíolo, em talhões de 50 a 100 ha, dependendo da homogeneidade da lavoura, quanto à variedade ou cultivar, tipo de solo, topografia do terreno e manejo adotado. Após a coleta das folhas e sua análise, é necessário interpretar os resultados obtidos para se diagnosticar o estado nutricional das

plantas e identificar as situações de deficiência ou excesso de nutrientes, fornecendo subsídios complementares à análise de solo, para a recomendação de uma adubação racional e econômica.

A interpretação dos teores de nutrientes nos tecidos foliares pode ser efetuada pela comparação dos resultados com os valores do padrão nutricional estabelecido para a cultura, correspondente ao intervalo de teores foliares responsável pela atividade fisiológica máxima e, conseqüentemente, taxas de crescimento e produção maiores e melhor qualidade (Bataglia et al., 1992). Dentre os métodos de diagnose foliar para a cultura da soja, tem-se o nível crítico, valor abaixo do qual o nutriente limita a produtividade; o método das faixas de suficiência e o Sistema Integrado de Recomendação e Diagnose, também conhecido como DRIS, sigla para *Diagnosis and Recommendation Integrated System*.

O método do nível crítico apresenta maior rigidez, por não considerar a flutuação dos valores nutricionais em função das condições edafoclimáticas e do manejo ao qual a soja foi submetida. As faixas de suficiência permitem que os teores se enquadrem dentro de valores que normalmente podem variar, devido à influência de muitos fatores. Além disso, valores abaixo do nível médio de suficiência indicam limitação de produção, devido à deficiência nutricional, ao passo que valores muito superiores podem restringir o desenvolvimento das plantas, caracterizando a toxicidade por excesso ou por desequilíbrio nutricional. Na Tabela 2, são apresentados os valores para a interpretação da diagnose foliar na cultura da soja, aferidos e confirmados por pesquisas, ao longo dos anos. Essas faixas apresentam amplitude elevada, devido à adaptabilidade exigida para as diferentes regiões produtoras de soja no país. No entanto, trabalhos de regionalização dos padrões de referência foram realizados, por exemplo, nos Estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, visando a uma melhoria na precisão do diagnóstico.

O DRIS utiliza a relação entre pares de nutrientes para a determinação de índices nutricionais, que são comparados com valores de referência de uma população padrão, identificados por normas (Beaufils, 1973). Assim, o DRIS analisa os fatores nutricionais que interferem na produtividade, por meio de índices relativos à interação entre os nutrientes, determinando o balanço nutricional. Desse modo, é possível estabelecer a ordem de limitação dos nutrientes, em uma escala contínua (dos mais deficientes até o mais excessivo), e planejar racionalmente o manejo da adubação, solucionando-se os problemas nutricionais da lavoura, a começar pela correção dos desequilíbrios maiores.

O DRIS necessita de uma base de dados para a geração da população de referência. Contudo, como a interpretação baseia-se na identificação comparativa do equilíbrio nutricional, verifica-se uma maior precisão com a especialização das normas, de acordo com o manejo da cultura da soja e a variabilidade genética, por meio da regionalização das condições edafoclimáticas. Atualmente, o agricultor dispõe de algumas bases de dados para a análise foliar da soja pelo método DRIS, principalmente na região dos cerrados. No entanto, estudos mais detalhados estão sendo realizados no Paraná, apresentando uma base de dados informatizada e disponível desde o final da safra 2003/2004, no site < www.cnpso.embrapa.br/dris >, com perspectiva de regionalização das normas para as diversas regiões produtoras do Estado, a partir de 2006.

A diagnose foliar é o mais importante método de avaliação do estado nutricional das plantas, mas não é independente, devendo ser utilizado de maneira complementar à análise de solo, e em associação com o conjunto de informações sobre o histórico da área e o manejo do solo, entre outras tecnologias. Desse modo, é possível ter maior precisão na avaliação da fertilidade do solo, na recomendação

TABELA 1 | QUANTIDADE ABSORVIDA E EXPORTADA DE NUTRIENTES PELA CULTURA DA SOJA, PARA A PRODUÇÃO DE 1.000 kg DE GRÃOS


PARTES DA PLANTA	-----kg t ⁻¹ -----						----- mg t ⁻¹ -----					
	N	P	K	CA	MG	S	B	CU	FE	MN	MO	ZN
Grãos	51	4,4	16,5	3,0	2,0	5,4	20	10	70	30	5	40
Restos culturais	32	2,3	14,9	9,2	4,7	10,0	57	16	390	100	2	21
Total	83	6,7	31,4	12,2	6,7	15,4	77	26	460	130	7	61
% exportado	61	65	53	25	30	35	26	38	15	23	71	66

Fonte: Correção e manutenção da fertilidade do solo (2004)

TABELA 2 | CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES PARA INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DAS ANÁLISES DE FOLHAS DE SOJA DO TERÇO SUPERIOR, NO INÍCIO DO FLORESCIMENTO (ESTÁDIO R₁)

NUTRIENTE	CONCENTRAÇÃO				
	Deficiente ou muito baixa	Baixa	Suficiente ou média	Alta	Excessiva ou muito alta
----- g.kg ⁻¹ -----					
N	<32,5	32,5 a 45,0	45,0 a 55,0	55,0 a 70,0	>70,0
P	<1,6	1,6 a 2,5	2,5 a 5,0	5,0 a 8,0	>8,0
K	<12,5	12,5 a 17,0	17,0 a 25,0	25,0 a 27,5	>27,5
Ca	<2,0	2,0 a 3,5	3,5 a 20,0	20,0 a 30,0	>30,0
Mg	<1,0	1,0 a 2,5	2,5 a 10,0	10,0 a 15,0	>15,0
S	<1,5	1,5 a 2,0	2,0 4,0	> 4,0	-
----- mg.kg ⁻¹ -----					
B	<10	10 a 20	20 a 55	55 a 80	>80
Cu		<6	6 a 14	>14	
Fe	<30	30 a 50	50 a 350	350 a 500	>500
Mn	<15	15 a 20	20 a 100	100 a 250	>250
Mo	<0,5	0,5 a 1,0	1,0 a 5,0	5,0 a 10,0	>10
Zn	<11	11 a 20	20 a 50	50 a 75	>75

Fonte: Correção e manutenção da fertilidade do solo (2004)

de adubação e, conseqüentemente, na produtividade das culturas da soja. 

***Quirino Augusto de Camargo Carmello** é professor do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da USP ESALQ (qaccarme@esalq.usp.br) e **Fábio Alvares de Oliveira** é pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR (falvares@cnpso.embrapa.br).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R.; SANTOS, W. R. dos. Diagnose visual e análise de plantas. In: DECHEN, A. R.; BOARETTO, A. E.; VERDADE, F. C. (Coords.). REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. *Anais... Adubação, produtividade e ecologia*. Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 369-393 (Série Técnico-Científica, 180).

BATAGLIA, O. C.; MASCARENHAS, H. A. A. *Absorção de nutrientes pela soja*. Campinas: Instituto Agronômico, 1977. 36 p. (Boletim Técnico, n. 41).

BEAUFILS, E. R. *Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS): a general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition*. Pietermaritzburg: University of Natal South Africa, 1973. 132 p. (Soil Science Bulletin, 1).

CORREÇÃO e manutenção da fertilidade do solo. In: TECNOLOGIAS de produção de soja – Região Central do Brasil, 2005. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste; Fundação Meridional, 2004. p. 57-80 (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 6).

SFREDO, G. J. et al. *Soja: nutrição mineral, adubação e calagem*. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1986. 51 p. (Embrapa-CNPSo, Documentos, 17).