

Faixas de suficiência para teores foliares de nutrientes em soja, definidas pelo uso do método DRIS, para solos de origem basáltica

NELSON HARGER⁽¹⁾, CARLOS HISSAO KURIHARA⁽²⁾, FÁBIO ÁLVARES DE OLIVEIRA⁽³⁾ & RICARDO RALISCH⁽⁴⁾

RESUMO - Estabeleceu-se um banco de dados formado por teores de macro e micronutrientes determinados em 194 amostras de limbo foliar e 142 amostras do limbo foliar associado ao pecíolo coletadas em lavouras de soja cultivadas em sistema de plantio direto a partir de solos basálticos. Os limites inferiores e superiores da faixa de teor considerada adequada para amostras do trifólio sem o pecíolo foram: 50,7 a 61,4 g kg⁻¹ de N; 2,8 a 4,2 g kg⁻¹ de P; 17,6 a 24,3 g kg⁻¹ de K; 7,3 a 10,4 g kg⁻¹ de Ca; 3,6 a 4,9 g kg⁻¹ de Mg; 2,7 a 4,0 g kg⁻¹ de S; 49 a 55 mg kg⁻¹ de B; 9 a 14 mg kg⁻¹ de Cu; 137 a 229 mg kg⁻¹ de Fe; 48 a 108 mg kg⁻¹ de Mn; e 25 a 40 mg kg⁻¹ de Zn. Para amostras de trifólio associado ao pecíolo foram estimados os teores: 41,7 a 48,9 g kg⁻¹ de N; 2,5 a 3,6 g kg⁻¹ de P; 22,4 a 26,7 g kg⁻¹ de K; 8,2 a 10,8 g kg⁻¹ de Ca; 3,0 a 4,8 g kg⁻¹ de Mg; 2,5 a 3,5 g kg⁻¹ de S; 52 a 60 mg kg⁻¹ de B; 8 a 11 mg kg⁻¹ de Cu; 119 a 211 mg kg⁻¹ de Fe; 40 a 94 mg kg⁻¹ de Mn; e 22 a 38 mg kg⁻¹ de Zn. Os resultados obtidos evidenciaram que os valores de referência para análise foliar na cultura da soja são influenciados pelo tipo de folha índice, e, quando não observado, podem levar a equívocos nos diagnósticos do estado nutricional. Verificou-se ainda, maior sensibilidade em se diagnosticar deficiências minerais, quando se adota valores de referência regionalizados. Quando se compara as faixas de suficiência obtidas neste trabalho com os valores estabelecidos na literatura, observaram-se menores amplitudes dos teores para o fósforo, cálcio, magnésio, ferro e boro; e faixa de teores distintos para o nitrogênio.

Palavras-Chave: (*Glycine max*, plantio direto, análise foliar)

Introdução

A avaliação do estado nutricional da planta normalmente é feita pela diagnose foliar, tendo-se em vista que a folha recém madura é o órgão que responde mais rapidamente às variações do suprimento do nutriente, seja pelo solo, seja pelo adubo [1].

Especificamente para a cultura da soja, chama atenção à ausência de consenso entre pesquisadores quanto ao procedimento de amostragem de folhas, especialmente quanto à forma de coleta, existindo a recomendação de coleta do terceiro trifólio a partir do ápice, acompanhado de pecíolos [2, 1, 3, 4, 5] ou não [6]. Para estes casos, os níveis críticos adotados pelos autores mencionados são os mesmos e podem refletir em equívocos de interpretação dos resultados foliares.

Entre os métodos empregados na avaliação nutricional está o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), desenvolvido por Beaufils [7]. Este método de interpretação compara razões entre pares de nutrientes de uma lavoura amostrada com valores de referência ou normas obtidas em população de alta produtividade.

Kurihara [7], Urano et al. [8] Kurihara et al. [9] estabeleceram valores de referência regionalizados de interpretação de nutrientes na soja mediante o emprego do método DRIS, ao relacionarem os teores foliares com o respectivo índice DRIS, a partir de banco de dados estabelecido para as condições do Mato Grosso do Sul. Sugeriram a adoção de valores de faixa ótima, obtidas pela definição de uma amplitude de desvios padrão em torno do valor ideal que representa o equilíbrio nutricional, ou seja, zero (Faixa de Beaufils). Maeda et al. [10], observaram a maior sensibilidade do método DRIS, em relação ao das faixas de suficiência na interpretação de resultados analíticos de amostras de folhas.

O presente trabalho teve por objetivo estabelecer faixas adequadas de teores foliares de nutrientes para a soja, a partir de solos de origem basáltica, tanto para amostras de trifólio como de trifólio associado ao pecíolo, definidas pelo uso do método DRIS de diagnose do estado nutricional.

Material e Métodos

A. Formação do banco de dados

Foram selecionadas 231 áreas cultivadas comercialmente com a cultura da soja nos anos agrícolas 2005/06 e 2006/07, representativas de diversas regiões do Paraná, a partir de solos de origem basáltica e em sistema

⁽¹⁾ Primeiro Autor é Coordenador Estadual da Cadeia Produtiva de Grãos da Emater. Rua Jamil Sony, 17, Bairro 28 de janeiro, Apucarana, PR, CEP 86800-660. E-mail: nelsonharger@emater.pr.gov.br.

⁽²⁾ Segundo Autor é Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Rod BR 163, km 253,6, Dourados, MS, CEP 79804-970.

⁽³⁾ Terceiro Autor é Pesquisador da Embrapa Soja, C.P. 231, CEP 86001-970, Londrina - Pr

⁽⁴⁾ Terceiro Autor é Professor do Centro de Ciência Agrárias, Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, CEP 86.051-990.

de plantio direto.

As amostragens foram realizadas no estádio R2 (pleno florescimento) conforme descrição de Richie et al. [11], coletando-se o limbo foliar (trifólio) associado ao pecíolo em 30 folhas recém maduras, correspondente a terceira e/ou quarta folha a partir do ápice da haste principal. As amostras compostas foram separadas entre pecíolo e trifólio, acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas para análise química.

No laboratório da Embrapa Soja, os pecíolos e trifólios foram submetidos a lavagens com água, solução ácida diluída e água destilada, seguida de secagem em estufa com circulação forçada de ar, em temperatura de 65°C por 72 horas, pesadas e moídas em moinho tipo Willey, aonde procedeu-se a análise química do limbo foliar em 231 amostras e, separadamente, a do pecíolo em 142 amostras.

A partir dos resultados das análises, foi verificada a hipótese de normalidade da distribuição de frequências dos quocientes entre os teores foliares de nutrientes, e dos quocientes transformados por função logarítmica neperiana pelo teste de Kolmogorov-Smirnov [12] a 1 e 5% de probabilidade, aonde foram selecionadas 194 amostras foliares para estudo.

B. Definição das faixas de suficiência

O cálculo dos índices DRIS foi efetuado utilizando-se o banco de dados da Embrapa Soja, constituído por 1.047 amostras sem pecíolo a partir de solos de origem de basalto do Paraná. A partir do ajuste de um modelo de regressão para teores de nutrientes em amostras de folhas sem pecíolo em função do índice DRIS, calculou-se a faixa de suficiência, considerando-se uma amplitude de $\pm 10 \frac{2}{3} s$ para o I_A , ou seja, $-6,7 \leq I_A \leq 6,7$ (Faixas de Beaufils).

Do ajuste de um modelo de regressão de 142 dados para teores de nutrientes em amostras de folhas com pecíolo, em função dos teores em limbo foliar, e dos limites inferior e superior das faixas ótimas calculadas para amostras sem pecíolo, estimou-se as faixas de teores considerados adequados para amostras foliares com pecíolo.

Resultados

A. Interpretação dos teores foliares

O peso médio dos trifólios foi de 18,2 g, correspondente a 74,7 % da massa seca total. Para os pecíolos, o peso médio foi de 6,1 g ou 25,3 % do total. Os teores de nutrientes nos trifólios foram superiores aos do pecíolo para nitrogênio, fósforo, enxofre, zinco, manganês, ferro, cobre e boro, com variações de até 290% para o nitrogênio e 90% para o fósforo. Em comparação, os teores nos pecíolos foram superiores para potássio e cálcio. No caso do magnésio os teores foram muito próximos, independente da parte da planta amostrada. As médias, desvios padrões e coeficiente de variações dos teores foliares para macro e micronutrientes em pecíolo, trifólio e pecíolo

associado ao trifólio, para amostragem no estádio R2, são apresentadas na Tabela 1.

B. Prova de aderência ao teste de Kolmogorov-Smirnov

Verificou-se inicialmente que 47,3% das relações duais apresentavam distribuição normal e outras 52,7% induziram a outra distribuição de probabilidade. Procedeu-se a eliminação de 37 amostras e aplicou-se nova prova de aderência ao teste de Kolmogorov-Smirnov para as 194 amostras restantes do banco de dados. Houve melhora considerável na consistência dos dados, uma vez que 69,1 % das relações duais apresentaram distribuição normal, contra 30,9% das relações com algum desvio, ou seja, que ainda contribuíam para aumentos da assimetria nas relações duais. Ao se aplicar o teste de Kolmogorov-Smirnov para dados transformados para logaritmo neperiano, constatou-se que 86,4% das relações duais apresentaram distribuição normal, estabelecendo o banco de dados para definição de faixas de suficiência.

B. Determinação das faixas de suficiência pelo DRIS

A partir dos modelos de regressão ajustados para os teores de nutrientes em função do índice DRIS (Tabelas 2 e 3), calcularam-se as faixas de suficiência para a interpretação dos resultados das análises de folhas de soja (com e sem pecíolo), considerando-se uma amplitude de índice DRIS entre -6,667 e +6,667 (Tabela 4). Para teores de nutrientes inferiores ou superiores a esta faixa ótima, os índices DRIS estão associados a possíveis limitações de produtividade por deficiência ou excesso nutricional, respectivamente, razão pela qual foram definidos como os limites para as faixas de interpretação - baixo e alto.

Discussão

Na comparação numérica entre os teores médios de nutrientes das faixas de suficiência com e sem pecíolo para interpretação dos resultados dos teores foliares em soja a partir de solos basálticos, pode-se observar teores superiores para N, Cu, Mn P, S, Fe, Mg e Zn (23,7; 21,1; 16,4; 14,8; 11,7; 10,9; 9,0 e 8,3 % respectivamente), e inferiores para K, B e Ca (14,7; 7,1 e 6,8 % respectivamente). Os resultados permitiram constatar que a forma de coleta da folha índice nas amostragens foliares, influencia na determinação de valores de referência e, por conseguinte, na interpretação de teores foliares na cultura da soja, podendo, quando não observado, levar a equívocos nos diagnósticos do estado nutricional.

Ao se comparar as amplitudes de valores existentes entre os limites inferior e superior da faixa de suficiência estabelecidos em [5] e neste trabalho, verifica-se que o uso do método DRIS proporcionou a redução da amplitude de valores para todos os nutrientes estudados, à exceção do N. Observa-se efeito mais pronunciado para Fe, B, Mn, Zn e Ca, onde a amplitude da faixa de suficiência foi reduzida em 207 mg kg⁻¹, 28 mg kg⁻¹, 19 mg kg⁻¹, 14 mg kg⁻¹ e 13,3 g kg⁻¹, respectivamente. Contudo, em termos proporcionais, verifica-se que a magnitude da redução da

amplitude da faixa de suficiência foi maior para B, Mg, Ca e Fe, onde as diferenças entre o limite superior e inferior determinados com o uso do DRIS (6 mg kg⁻¹, 1,3 g kg⁻¹, 3,1 g kg⁻¹ e 92 mg kg⁻¹, respectivamente), foram reduzidas em 82,9; 82,7; 81,2 e 69,3% respectivamente (35 mg kg⁻¹, 7,5 g kg⁻¹, 16,5 g kg⁻¹ e 300 mg kg⁻¹, respectivamente).

Conclusões

Os valores de referência para o diagnóstico do estado nutricional da soja podem ser estabelecidos a partir do uso do método DRIS, considerando-se para a faixa de suficiência uma amplitude de ± 10 2/3 do desvio padrão em torno do índice igual a zero.

A definição de valores de referência é influenciada pelo tipo de folha índice e das condições edafoclimáticas às quais os valores de referência foram obtidos (base de dados DRIS utilizada).

Agradecimentos

Agradecemos aos pesquisadores Carlos Hissao Kurihara, Fábio Álvares de Oliveira e Ricardo Ralisch, colaboradores desse trabalho, que é parte de tese de doutorado do primeiro autor.

Referências

- [1] MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. de. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In: MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional da plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba, POTAFOS, 1997. p.115-230.
- [2] BORKERT, C.M.; YORINORE, J.T.; CORRÊIA-FERREIRA, B.S.; ALMEIDA, A.M.R.; FERREIRA, L.P. & SFREDO G.J. Seja o doutor da sua soja. In: POTAFÓS. Informações agronômicas, 66:1-16, 1994.

- [3] AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARANHAS, H.A.A.; RAIJ, B van; QUAGGIO, J.A & CANTARELLA, H. Leguminosas e Oleaginosas. In: Raij, B. van et al (eds). Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo, 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. p.187-203.
- [4] LANTMANN, A.F.; CASTRO C de.; SFREDO, G.J. Sistema DRIS para recomendação de adubação. In: Curso de Fertilidade do solo em plantio direto, 5., 2002, Guarapuava. Resumo de palestras, Guarapuava, 2002. p.72-79.
- [5] TECNOLOGIAS de produção de soja - Região Central do Brasil - 2008. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008, 280p. (Sistema de Produção 12. Embrapa Soja).
- [6] BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme of experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. South Africa: University of Natal, Pietermaritzburg. 1973. 132p. (Soil Science Bulletin, 1).
- [7] KURIHARA, C.H. Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa 2004. 101p. (Tese de Doutorado).
- [8] URANO, E.O.M.; KURIHARA, C.H.; MAEDA, S.; VITORINO, A.C.T.; GONÇALVES, M.C.; MARCHETTI, M.E. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos Chance Matemática, Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação e Diagnose da Composição Nutricional. R. Bras. Ci Solo, 31:63-72, 2007.
- [9] KURIHARA, C.H.; STAUT, L.A.; MAEDA, S. Faixas de suficiência de nutrientes em de soja, em Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, definidas pelo uso do método DRIS de diagnose do estado nutricional. In: Reunião de Pesquisa de Soja da região Central do Brasil, 30., 2008, Rio Verde, GO. Resumos... Londrina: Embrapa Soja, 2008. p.293-295 (Embrapa Soja. Documentos, 304).
- [10] RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; RITCHIE, H.E.T. How a soybean plant develops. Iowa State Univ. Of Science and Technol. Coop. Ext. Serv. Special Report, 53, 1982. 20 p., (adaptado por J. T. Yorinori, 1996).
- [11] MAEDA, S. Interpretação do estado nutricional de soja pelo DRIS no Mato Grosso do Sul. Curitiba, UFPR, 2002. 107p. (Tese de Doutorado).
- [12] CAMPOS, H. Estatística experimental não-paramétrica. Piracicaba: USP, 1983. 349p.

Tabela 1. Média ($\bar{y}$), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) para os teores de nutrientes em soja no pecíolo (PEC), trifólio (TRI) e pecíolo associado ao trifólio (TRI+PEC), em estágio R2, para 142 amostras coletadas em lavouras comerciais em solos de basalto do Paraná.

Nutriente	Pecíolo (PEC)			Trifólio (TRI)			TRI + PEC		
	$\bar{y}$	s	CV	$\bar{y}$	s	CV	$\bar{y}$	s	CV
	- g kg ⁻¹ -		- % -	- g kg ⁻¹ -		- % -	- g kg ⁻¹ -		- % -
N	14,13	1,86	13,14	55,14	6,10	11,06	44,77	4,54	10,15
P	1,85	0,42	22,88	3,56	0,69	19,39	3,13	0,56	18,04
K	34,58	9,28	26,82	22,91	3,98	17,37	25,86	3,27	12,67
Ca	10,92	2,26	20,69	7,28	1,76	24,12	8,20	1,61	19,72
Mg	3,34	0,74	22,07	3,29	0,61	18,57	3,30	0,89	31,51
S	2,10	0,23	10,81	2,49	0,29	11,71	2,39	0,22	9,31
	- mg kg ⁻¹ -		- % -	- mg kg ⁻¹ -		- % -	- mg kg ⁻¹ -		- % -
B	39,90	6,44	16,14	52,22	6,65	12,74	49,11	4,59	9,36
Cu	4,85	1,56	32,26	10,87	5,36	49,27	9,35	4,10	43,93
Fe	126,44	86,39	68,33	219,17	81,57	37,22	195,73	77,45	39,57
Mn	45,24	15,26	33,74	97,45	35,65	36,58	84,25	29,46	34,96
Zn	26,80	10,35	38,62	41,81	11,18	26,75	38,01	9,10	24,03

Tabela 2. Equações de regressão para teor de macro (g kg⁻¹) e micronutriente (mg kg⁻¹) no terceiro trifólio sem pecíolo (TRI) e em estágio R2, em função do índice DRIS, calculado a partir de norma específica⁽¹⁾.

Macronutrientes	R ²	Micronutrientes	R ²
$\hat{N}_{TRI} = 56,088 + 0,804^{**} I_N$	0,329	$\hat{B}_{TRI} = 47,844 + 0,452^{**} I_B + 0,0884^{**} I_B^2$	0,700
$\hat{P}_{TRI} = 3,501 + 0,104^{**} I_P$	0,764	$\hat{Cu}_{TRI} = 11,377 + 0,322^{**} I_{Cu}$	0,863
$\hat{K}_{TRI} = 20,931 + 0,506^{**} I_K$	0,683	$\hat{Fe}_{TRI} = 178,053 + 6,923^{**} I_{Fe} + 0,109^{**} I_{Fe}^2$	0,953
$\hat{Ca}_{TRI} = 8,718 + 0,228^{**} I_{Ca} + 0,0029^{**} I_{Ca}^2$	0,872	$\hat{Mn}_{TRI} = 75,607 + 4,493^{**} I_{Mn} + 0,053^{**} I_{Mn}^2$	0,917
$\hat{Mg}_{TRI} = 4,1670e^{0,0236806^{**} I_{Mg}}$	0,827	$\hat{Zn}_{TRI} = 31,485 + 1,169^{**} I_{Zn} + 0,019^{**} I_{Zn}^2$	0,884
$\hat{S}_{TRI} = 3,232 + 0,0979^{**} I_S + 0,0021^{**} I_S^2$	0,612		

⁽¹⁾ Norma específica - Banco de dados DRIS base Embrapa soja formado por 1.047 amostras de solos de origem basáltica.

⁽²⁾ Número de amostras para análise de regressão: 194

Tabela 3. Equações de regressão para o teor de nutriente no terceiro trifólio com pecíolo (PEC) e em estágio R2, em função do teor no terceiro trifólio sem pecíolo (TRI), calculado a partir de norma específica ⁽¹⁾.

Macronutrientes	R ²	Micronutrientes	R ²
$\hat{N}_{PEC} = 7,42 + 0,676^{**} N_{TRI}$	0,825	$\hat{B}_{PEC} = 35,04 - 0,574^{**} B_{TRI} + 0,019^{**} B_{TRI}^2$	0,931
$\hat{P}_{PEC} = 0,27 + 0,8002^{**} P_{TRI}$	0,961	$\hat{Cu}_{PEC} = 0,72 + 0,794^{**} Cu_{TRI}$	0,892
$\hat{K}_{PEC} = 11,43 + 0,627^{**} K_{TRI}$	0,578	$\hat{Fe}_{PEC} = -9,08 + 0,935^{**} Fe_{TRI}$	0,974
$\hat{Ca}_{PEC} = 1,88 + 0,863^{**} Ca_{TRI}$	0,888	$\hat{Mn}_{PEC} = 4,40 + 0,819^{**} Mn_{TRI}$	0,942
$\hat{Mg}_{PEC} = 1,96 - 0,440^{**} Mg_{TRI} + 0,207^{**} Mg_{TRI}^2$	0,433	$\hat{Zn}_{PEC} = 5,27 + 0,779^{**} Zn_{TRI}$	0,984
$\hat{S}_{PEC} = 0,55 + 0,737^{**} S_{TRI}$	0,825		

⁽¹⁾ Norma específica - Banco de dados DRIS base Embrapa Soja formado por 1.047 amostras formado por amostras de solos de origem basáltica.

⁽²⁾ Número de amostras para análise de regressão: 142

Tabela 4. Teores de nutrientes para a interpretação dos resultados das análises foliares de soja, sem e com pecíolo, em estágio R2 calculado a partir de norma específica ⁽¹⁾.

Nutriente	Trifólio sem pecíolo					Trifólio com pecíolo				
	Baixo	Suficiente		Alto		Baixo	Suficiente		Alto	
g kg ⁻¹										
N	< 50,7	50,7	a	61,4	> 61,4	< 41,7	41,7	a	48,9	> 48,9
P	< 2,8	2,8	a	4,2	> 4,2	< 2,5	2,5	a	3,6	> 3,6
K	< 17,6	17,6	a	24,3	> 24,3	< 22,4	22,4	a	26,7	> 26,7
Ca	< 7,3	7,3	a	10,4	> 10,4	< 8,2	8,2	a	10,8	> 10,8
Mg	< 3,6	3,6	a	4,9	> 4,9	< 3,0	3,0	a	4,8	> 4,8
S	< 2,7	2,7	a	4,0	> 4,0	< 2,5	2,5	a	3,5	> 3,5
mg kg ⁻¹										
B	< 49	49	a	55	> 55	< 52	52	a	60	> 60
Cu	< 9	9	a	14	> 14	< 8	8	a	11	> 11
Fe	< 137	137	a	229	> 229	< 119	119	a	211	> 211
Mn	< 48	48	a	108	> 108	< 40	40	a	94	> 94
Zn	< 25	25	a	40	> 40	< 22	22	a	38	> 38

⁽¹⁾ Norma específica - Banco de dados DRIS base Embrapa Soja formado por amostras de solos de origem basáltica.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.