

Avaliação da forma de coleta de folhas para fins de diagnose nutricional da soja

OLIVEIRA, S. C. A.¹; CORSINO, D. L. M.²; KLEINERT, J. J.³; GERMANO, M. G.⁴; CASTRO, C. de⁵; OLIVEIRA JUNIOR, A. de⁵

¹Unifil-Centro Universitário Filadélfia, steelycarolliny@gmail.com; ²UEL-Universidade Estadual de Londrina; ³Químico Industrial; ⁴Analista, Embrapa Soja; ⁵Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

A análise foliar constitui o principal método utilizado para a avaliação do estado nutricional de plantas. A premissa básica da análise foliar, como ferramenta para a diagnose nutricional, é a de que a concentração de um determinado nutriente na folha é resultado da sua disponibilidade no solo e que alterações nas suas concentrações foliares estão relacionadas com alterações no desenvolvimento e na produção. A escolha da folha como referência para diagnose justifica-se por ser este o órgão que melhor reflete o estado nutricional da planta (Malavolta et al., 1997).

Vários fatores podem influenciar a concentração de nutrientes na planta, a saber: idade da planta, parte da planta amostrada, espécie e cultivar, clima (temperatura, quantidade e distribuição das chuvas, duração do dia e da noite e horário de coleta da amostra), fatores edáficos, incidência de doenças e pragas e práticas culturais (Bataglia et al., 1996). Em geral, as recomendações, para compor uma amostra, são feitas para coleta de trinta a quarenta folhas recém-maduras da haste principal, as quais correspondem à terceira ou quarta folha, do ápice para a base (Tecnologias..., 2013).

Para que não haja equívocos na interpretação da análise foliar, é fundamental que o procedimento de coleta de amostra de folhas siga o padrão estabelecido para a cultura, para o qual os valores de referência também foram definidos. Neste contexto, existem várias recomendações para a coleta das amostras de folhas de soja: Tisdale et al. (1993) recomendam a coleta antes do início do florescimento em trifólios recém amadurecidos, com ou sem o pecíolo, já Malavolta et al. (1997) recomendam que seja coletado a primeira folha amadurecida a partir da ponta do ramo, sem o pecíolo. Em Tecnologias... (2013), recomenda-se que, para cultivares de soja com crescimento deter-

minado, seja coletado o terceiro ou quarto trifólio sem o pecíolo, a partir do ápice da planta, no início do florescimento (R1); no caso de cultivares de soja com crescimento indeterminado, recomenda-se a retirada do terceiro ou quarto trifólio sem pecíolo, no pleno florescimento (R2). Para os estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, deve ser realizada a coleta da folha no terceiro ou quarto trifólio com pecíolo, a partir do ápice no estágio de florescimento pleno (R2) e, por fim, para solos argilosos derivados do basalto no estado do Paraná, as amostras devem ser coletadas no terceiro ou quarto trifólio com ou sem pecíolo, também, no estágio de florescimento pleno. Portanto, verifica-se que não há uma recomendação padrão para a amostragem de folhas na cultura da soja, em especial, no que tange se as amostras devem ser coletadas com ou sem pecíolo.

Alterações significativas nos teores de nutrientes são observadas em relação à análise de material processado com e sem pecíolo. De acordo com Maeda et al. (2004), a mais importante alteração em relação ao diagnóstico nutricional foi observada para o Nitrogênio, onde amostras sem pecíolo apresentaram teores com suficiência superior em até 100% em relação as amostras com o pecíolo. Em termos percentuais, efeitos importantes foram também observados para o enxofre e para o ferro.

Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar a concentração de Nitrogênio (N), de Fósforo (P) e de Potássio (K) em função da amostragem de trifólios (coleta sem pecíolo) e de folhas (coleta com pecíolo) e comparar estes resultados com o respectivo acúmulo desses nutrientes na planta, identificando, portanto, qual método de amostragem possui melhor sensibilidade para avaliação do estado nutricional da planta, com ênfase nos macronutrientes primários (N, P, K).

Material e Métodos

As amostras foram coletadas a partir de duas cultivares de tipo de crescimento indeterminado (Cv-1: BRS-1010 Ipro e Cv-2: BRS-1003 Ipro), na safra 2017/2018, em um experimento de longa duração com manejo da adubação (doses) com P e K, conduzido desde 1989, na Faz. Experimental da Embrapa Soja, no município de Londrina. Para a comparação da forma de amostragem, foram utilizados sete tratamentos contrastantes quanto às doses aplica-

das e, conseqüentemente, quanto à disponibilidade de P e K no solo (Tabela 1). O delineamento experimental foi de blocos completos ao acaso, com quatro repetições, sendo a área total das parcelas de 160 m². As cultivares foram semeadas nas subparcelas (área total de 80 m², 4m x 20m), sendo que a área útil de colheita utilizada foi de 25,5 m² (1,5m x 17 m). Para otimizar a avaliação, as amostras foram coletadas em sete dos 12 tratamentos e nas quatro repetições, totalizando assim, 56 amostras de folhas, de trifólio e de plantas (7 tratamentos x 2 cultivares x 4 repetições). Na Tabela 2 estão descritas as principais atividades conduzidas durante o ciclo de desenvolvimento da soja.

Determinações analíticas

A determinação de N total foi realizada a digestão em banho seco à 350°C durante aproximadamente quatro a cinco horas em presença de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado e peróxido de hidrogênio (H₂O₂); as amostras foram analisadas em sistema automático de destilação-titulação Autokjeldahl Unit K-370/371 (Büchi, Switzerland).

A determinação dos teores de P e K nas amostras de tecido vegetal foi realizada a digestão úmida em Forno de Micro-ondas Marca CEM, Modelo MarsXpress, na presença de solução aquosa de ácido nítrico (HNO₃) e peróxido de hidrogênio (H₂O₂) a 130V. As análises foram realizadas em Espectrômetro de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), marca PerkinElmer, modelo *Optima 8300* (Dual View).

Método estatístico

Foram calculados os coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre as variáveis dependentes (Produtividade de grãos, Produção de Massa Seca da Parte Aérea, Acúmulo de nutrientes na planta e concentração de nutrientes nas folhas e nos trifólios). Especificamente para as concentrações nas amostras coletadas com e sem pecíolo, foi realizada a comparação de médias pelo teste t de Student para amostras dependentes. Todas as análises foram realizadas utilizando o software Statistica 7.0 - Stat Soft.

Tabela 1. Tratamentos utilizados para as avaliações e os respectivos teores de P e K disponíveis no solo (0-20 cm).

Tratamento	Verão		Inverno		Teor disponível ¹⁾	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P	K
	----- kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ -----					
1	0	0	0	0	2,3	0,07
2	0	0	50	50	5,2	0,08
3	0	0	50	0	5,8	0,05
4	0	0	0	50	2,5	0,19
6	60	0	50	50	17,9	0,07
10	0	80	50	50	8,9	0,38
12	60	80	50	50	16,3	0,50

¹⁾ Amostragem em Outubro de 2017.

Tabela 2. Histórico de condução do experimento com a soja – safra 2017/2018.

Data	Atividade
10 e 15/11/2017	Semeadura da Soja, Cv-1-BRS-1010 Ipro (10/11) e Cv-2-BRS-1003 Ipro (15/11), com espaçamento entre-linhas de 0,5 m, 15 sementes / metro linear e tratamento de sementes com StandakTop (Fungicida + Inseticida), CoMo e Inoculante;
16 e 21/11/2017	Emergência da Soja;
03/01/2018	Coleta de 20 trifólios por parcela (estádio R2), nas Cv-1 e Cv-2, para Análise de Rotina; Amostragem realizada em todos os tratamentos.
04/01/2018	Coleta de 20 folhas (com pecíolo) por parcela (estádio R2) e de 10 plantas (5 plantas subsequentes em 2 pontos da parcela), nas duas cultivares e nos tratamentos 1, 2, 3, 4, 6, 10 e 12;
22/01/2018	Pesagem das amostras de plantas;
15/03/2018	Colheita da Soja, Cv-1 (BRS-1010 Ipro);
19/03/2018	Colheita da Soja, Cv-2 (BRS-1003 Ipro);
26/03/2018	Pesagem para determinação da Produtividade de grãos;

Resultados e Discussão

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados das estatísticas descritivas (média, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação – CV%) para as variáveis analisadas. Observa-se, portanto, que os tratamentos selecionados proporcionaram grande amplitude em todas as variáveis (diferença entre os valores máximos e mínimos) possibilitando assim a adequada comparação entre as formas de coleta. Em relação à comparação da concentração média nas amostras de folha e de trifólio observou-se diferença estatística significativa para os três nutrientes em estudo, sendo que, para o N e para o P, a concentração no trifólio foi superior. O oposto foi verificado para o K, como observado por Maeda et al. (2004). O N foi o nutriente acumulado em maior quantidade ($116 \text{ g planta}^{-1}$), seguido do K, com $91,3 \text{ g planta}^{-1}$ e do P, com somente $11,4 \text{ g planta}^{-1}$.

Na Tabela 4 estão apresentados os coeficientes de correlação linear calculados para o acúmulo de N, P, e de K na planta e os respectivos teores nas folhas e nos trifólios, assim como, a correlação entre essas variáveis (acúmulo e concentração), com a MSPA e a produtividade de grãos. Observa-se que, no caso do N, tanto o acúmulo quanto a concentração no trifólio apresentaram correlação significativa e positiva com a produtividade e com a MSPA, ao passo que a [N] na folha não se correlacionou com estas variáveis fitotécnicas. Para o P, somente não foi observada correlação significativa entre a concentração na folha (amostragem sem pecíolo) e a MSPA. E para o K, a MSPA não se correlacionou com a concentração de K, independentemente das formas de coletas (folhas ou trifólios), sendo as demais correlações altamente significativas por se tratar de dados originados de um experimento de doses de P e de K (Tabela 1).

Tabela 3. Estatística descritiva para as variáveis Produtividade de Grãos, Produção de Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Acúmulo de N, P e K pelas plantas e as respectivas concentrações nas folhas e nos trifólios

Prod. Grãos	MSPA	Nitrogênio			Fósforo			Potássio		
		Acúmulo na Planta	[] Trifólio	[] Folha	Acúmulo na Planta	[] Trifólio	[] Folha	Acúmulo na Planta	[] Trifólio	[] Folha
kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g planta ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g planta ⁻¹	g kg ⁻¹	g planta ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Média	1020	116,5	46,2 A	39,6 B	11,4	4,0 A	3,4 B	91,3	21,6 B	26,2 A
Mínimo	509	57,1	36,8	25,2	3,5	2,2	1,8	24,2	11,7	10,8
Máximo	1687	183,3	55,2	51,0	21,5	5,8	5,7	202,2	34,4	39,3
Desvio Padrão	292	31,75	4,55	5,82	4,37	0,88	0,99	42,37	5,21	7,76
CV(%)	28,6	27,3	9,8	14,7	38,2	22,1	28,8	46,4	24,1	29,7
Teste t			7,33**			4,20**				-7,13**

** Significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste t, com n-1 graus de liberdade

Tabela 4. Coeficientes de correlação linear calculados para as variáveis avaliadas

Prod. Grãos	MSPA	Nitrogênio			Fósforo			Potássio		
		Acúmulo de N na Planta	[N] Trifólio	[N] Folha	Acúmulo de P na Planta	[P] Trifólio	[P] Folha	Acúmulo de K na Planta	[K] Trifólio	[K] Folha
Prod. Grãos	0,582**	0,410**	0,065 ^{ns}	0,679**	0,489**	0,337*	0,738**	0,568**	0,651**	
MSPA	0,971**	0,455**	-0,205 ^{ns}	0,835**	0,528**	-0,039 ^{ns}	0,689**	0,198 ^{ns}	0,177 ^{ns}	
Acúmulo na Planta	-----	0,506**	-0,113 ^{ns}	-----	0,685**	0,321*	-----	0,667**	0,664**	
[] Trifólio	-----	-----	0,191 ^{ns}	-----	-----	0,432**	-----	-----	0,796**	

^{ns}, *; ** Não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade de erro.

A forma técnica recomendada para definir a o procedimento de amostragem de folhas é através da correlação entre a concentração do nutriente no tecido vegetal amostrado e a respectiva quantidade de nutriente acumulada (conteúdo) pela planta em estudo. Nesse sentido, para o N a amostragem somente dos trifólios apresentou correlação positiva e significativa (Tabela 4). No caso do P, ambas as formas de coleta apresentaram correlação significativa com o acúmulo de P, entretanto, a amostragem de trifólio apresentou coeficiente de correlação maior. Para o K, ambas as formas de amostragem correlacionaram com o acúmulo de forma muito similar $r = 0,667^{**}$ e $r = 0,664^{**}$ (Tabela 4). A dispersão dos pontos obtidos entre o acúmulo e a concentração foliar de N, P e K estão apresentados na Figura 1.

Já a comparação entre a concentração de cada nutriente na folha e no trifólio está apresentada na Figura 2. Nesse sentido, observa-se que para o N e para o P os valores quando determinados sem o pecíolo (trifólio) foram maiores que a determinação considerando o pecíolo. No caso do K, o inverso foi observado ($[K] \text{ folha} > [K] \text{ trifólio}$), portanto, não se deve interpretar a concentração desses nutrientes em uma única tabela, visto que os valores não apresentam identidade estatística. Esta discrepância no comportamento do acúmulo de K deve-se ao fato de que, na planta de soja, há um elevado teor deste nutriente no tecido que serve de conexão do pecíolo ao caule, denominado pulvino (Hanway; Weber, 1971). Por outro lado, nutrientes como o N e o P, que se acumulam no limbo foliar, podem estar presentes em menores concentrações caso a amostra inclua o pecíolo.

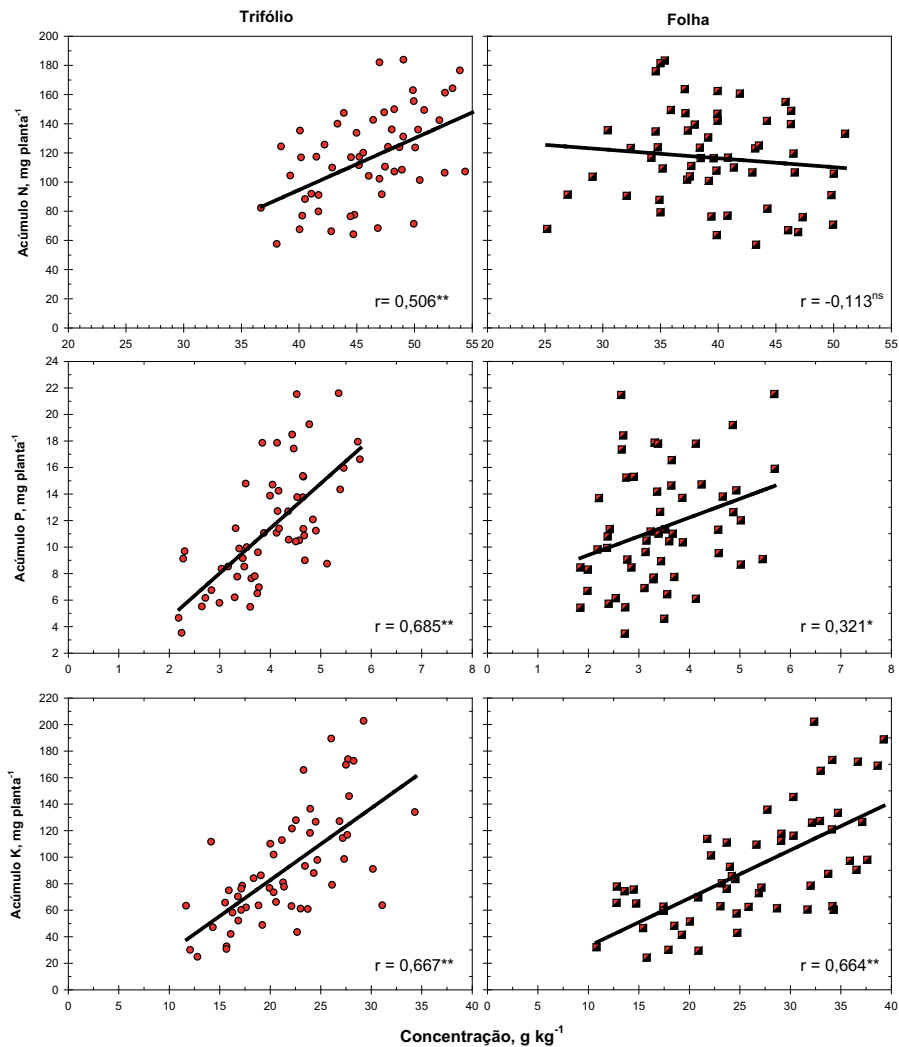


Figura 1. Relação entre o acúmulo de N, P e K pela planta (R2) e a respectiva concentração nas folhas e nos trifolios.

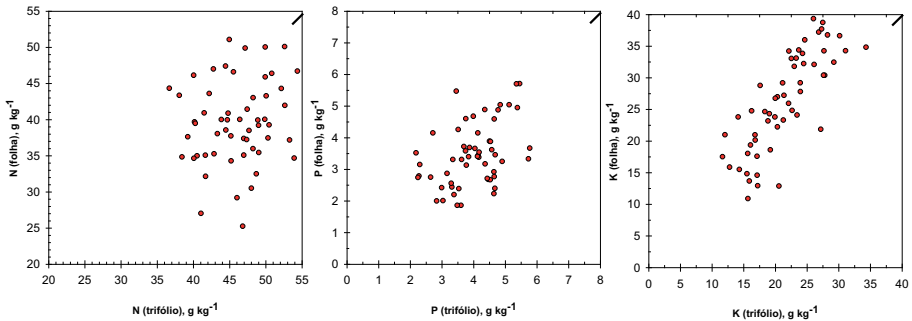


Figura 2. Relação entre a concentração de N, P e K nas folhas e nos trifólios.

Conclusão

Os resultados evidenciam diferenças significativas entre as concentrações de nutrientes em amostras de trifólios e de folhas, não havendo identidade entre a coleta com e sem pecíolo. A concentração de N foi maior nos trifólios; para o P observa-se uma pequena variação quando comparados com amostras de folhas; os teores de K apresentaram concentração inferior nos trifólios. Em função do exposto, para evitar equívocos no diagnóstico nutricional, é fundamental que a interpretação da concentração seja realizada de acordo com os respectivos valores de referência pré-estabelecidos. A amostragem somente dos trifólios é a mais indicada por apresentar maior correlação com o conteúdo dos nutrientes avaliados.

Referências

- BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R.; SANTOS, W. R. dos. Princípios da diagnose foliar. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L. E. F. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Universidade Federal de Viçosa, 1996. p. 647-660.
- HANWAY, J. J.; WEBER, C. R. N, P and K percentages in soybean (*Glycine max* (L) Merrill) plant parts. **Agronomy Journal**, v. 63, p. 286-290, 1971.
- MAEDA, S.; LIMA FILHO, O. F.; FABRICIO, A. C. **Análise de amostras de folhas de soja: com ou sem pecíolo?** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 5 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 96). Documento on-line.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

TECNOLOGIAS de produção de soja - Região Central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 16).

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D.; HAVLIN, J. L. **Soil fertility and fertilizers**. 5. ed. New York: MacMillan, 1993. 634 p.