

Análise Comparativa de Métodos de Extração de Nutrientes de Tecidos Vegetais

SILVA, E.R.DA¹; OLIVEIRA, F.A.DE²; OLIVEIRA NETO, W.DE²; ORTIZ, F.R.²; CASTRO, C.DE²; ¹Universidade Estadual de Londrina – UEL, CCE/Depto. Química, Caixa Postal 6001, CEP 86051-990, Londrina-PR, ers@cnpso.embrapa.br; ²Embrapa Soja.

A análise química de tecidos vegetais é uma técnica utilizada para a avaliação do estado nutricional das plantas (Tedesco et al., 1995) e também para a geração de informações complementares à análise do solo para avaliação da fertilidade. Por essa técnica, são determinados os teores totais de nutrientes nos tecidos vegetais, que são mineralizados e extraídos durante a digestão completa da matéria orgânica. Os métodos clássicos para a extração de nutrientes do tecido vegetal são a digestão seca, a digestão úmida em sistema aberto e a digestão úmida em sistema fechado em forno de microondas (Miyazawa et al., 1999). Dentre esses, a digestão úmida em sistema aberto é considerado o método-padrão para avaliar os nutrientes fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fé), manganês (Mn) e zinco (Zn), enquanto a digestão seca é o método-padrão para a determinação de boro (B) (Malavolta et al. 1997).

O objetivo deste trabalho foi analisar comparativamente os resultados analíticos da determinação de macro e micronutrientes, a partir dos métodos de extração de nutrientes, digestão seca (DS), digestão úmida em sistema aberto (DUNP) e digestão úmida em sistema fechado em forno de microondas (DUMW), de folhas de girassol, milho e soja, de grãos de girassol, soja e trigo.

O experimento foi delineado em esquema fatorial 6 x 3 (tecido vegetal x método de extração), com 10 repetições e delineamento em blocos casualizados para o procedimento de determinação analítica. Os materiais foram secos em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C e moídos em moinho

tipo Wiley para homogeneização. Cada amostra foi constituída de 500 mg de cada material. Os métodos de digestão avaliados foram descritos por Miyazawa et al. (1999). A digestão seca foi realizada em mufla elétrica, em presença de ácido clorídrico, com aquecimento gradual da temperatura até 550 °C e manutenção dessa temperatura por 3 h. A digestão úmida em sistema aberto foi realizada em solução de ácido nítrico + ácido perclórico (3:1) e controle de temperatura de aquecimento até 200 °C em bloco digestor, por 4 horas. A digestão úmida em sistema fechado em forno de microondas utilizou ácido nítrico e potência crescente de 300 W até 900 W, variando-se o tempo total de digestão de 5 minutos nas amostras de folhas, para 17 minutos nas amostras de grãos.

A partir da digestão dos tecidos vegetais e diluição dos extratos, as amostras foram ordenadas por blocos e casualizadas para a determinação analítica dos nutrientes P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, utilizando-se a espectrometria de emissão ótica com plasma acoplado indutivamente - ICP OES (Miyazawa et al., 1999). Os resultados foram analisados estatisticamente utilizando-se a análise da variância, seguida do teste de comparação de médias Tukey a 5 % de probabilidade.

Os resultados, tanto da análise de macronutrientes (Tabela 1) quanto de micronutrientes (Tabela 2) apresentaram interações significativas entre os métodos de extração e cada material analisado. O método de digestão seca resultou em teores menores de P, K, Ca, Mg, S, além de Fe, Mn e Zn, possivelmente pela ocorrência de perdas por volatilização (Miyazawa et al, 1999). Com exceção do P, do Ca e do Mg, as perdas de nutrientes verificadas no método de digestão seca foram elevadas, principalmente para K e S, que variaram de 30 % a 50 %. Para o micronutriente B, no entanto, foi evidente a contaminação identificada no método de digestão úmida em sistema aberto, proveniente do tubo de digestão constituído de borossilicato.

Os resultados analíticos das determinações em extratos de digestão úmida em sistema fechado em forno de microondas apresentaram menor variação que a digestão seca em relação à digestão úmida em sistema aberto (Tabelas 1 e 2), contudo também apresentaram valores sistematicamente menores.

Tabela 1 . Análises químicas de macronutrientes em tecidos vegetais em função do método de extração das amostras

Material Vegetal	Método	P	K	g kg ⁻¹		
				Ca	Mg	S
Folha girassol	DUNP	2,4 a ¹	54,5 a	19,1 a	4,4 a	4,0 a
Folha girassol	DUMW	2,5 a	46,2 b	18,7 a	3,4 c	3,5 b
Folha girassol	DS	2,0 b	34,4 c	16,1 b	3,9 b	2,2 c
Folha milho	DUNP	2,5 a	41,1 a	3,7 a	1,9 a	2,7 a
Folha milho	DUMW	2,5 a	32,9 b	3,2 ab	1,5 b	2,3 b
Folha milho	DS	1,9 b	24,6 c	2,5 b	1,3 b	1,4 c
Folha soja	DUNP	3,5 a	24,6 a	10,7 a	4,5 a	3,1 a
Folha soja	DUMW	3,2 a	22,9 a	9,9 a	4,2 b	2,6 b
Folha soja	DS	2,8 b	13,2 b	8,9 b	3,8 c	1,5 c
Grão girassol	DUNP	3,5 a	7,4 a	2,0 ns	2,3 a	2,0 a
Grão girassol	DUMW	3,0 b	6,5 ab	1,9 ns	2,1 ab	1,7 b
Grão girassol	DS	3,2 ab	4,7 b	1,9 ns	1,9 b	0,8 c
Grão soja	DUNP	5,3 a	19,0 a	1,8 ns	2,8 a	2,6 a
Grão soja	DUMW	4,5 b	16,6 a	1,7 ns	2,4 b	2,1 b
Grão soja	DS	4,1 c	12,4 b	2,1 ns	2,0 c	1,1 c
Grão trigo	DUNP	2,7 a	3,9 ns	0,5 ns	1,5 a	1,8 a
Grão trigo	DUMW	2,7 a	4,8 ns	0,7 ns	1,5 a	1,7 a
Grão trigo	DS	2,3 b	3,0 ns	0,7 ns	1,2 b	1,1 b

¹ Letras iguais, dentro de cada material, não diferem a 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

A análise de correlação identificou modelos significativos para ajuste dos dados com coeficientes de determinação elevados, possibilitando a estimativa dos nutrientes independente do método de extração (Tabela 3).

O método de extração de nutrientes de tecidos vegetais interferiu significativamente na determinação analítica dos nutrientes em tecidos vegetais. A utilização de métodos de extração de nutrientes por digestão seca ou digestão úmida em sistema fechado requer a correção dos valores determinados para cada nutriente por modelos de correlação específicos.

Tabela 2 . Análises químicas de micronutrientes em tecidos vegetais em função do método de extração das amostras

Material Vegetal	Método	g kg ⁻¹				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Folha girassol	DUNP	47 a ¹	35 c	274 c	133 b	42 b
Folha girassol	DUMW	17 c	38 b	435 a	187 a	46 ab
Folha girassol	DS	21 b	43 a	363 b	122 b	48 a
Folha milho	DUNP	31 a	10 a	304 a	135 a	45 a
Folha milho	DUMW	3 b	8 a	160 b	139 a	32 b
Folha milho	DS	2 b	6 b	131 b	82 b	32 b
Folha soja	DUNP	73 a	10 b	180 ns	108 a	42 a
Folha soja	DUMW	44 b	9 b	173 ns	109 a	40 a
Folha soja	DS	40 c	12 a	176 ns	88 b	36 b
Grão girassol	DUNP	39 a	22 a	77 ns	22 ns	60 a
Grão girassol	DUMW	8 b	23 a	67 ns	22 ns	55 a
Grão girassol	DS	5 c	15 b	56 ns	18 ns	47 b
Grão soja	DUNP	44 a	4 ns	113 ns	30 ns	28 a
Grão soja	DUMW	19 b	4 ns	117 ns	27 ns	25 ab
Grão soja	DS	13 c	5 ns	79 ns	20 ns	21 b
Grão trigo	DUNP	31 a	6 ns	62 ns	69 a	67 a
Grão trigo	DUMW	3 b	7 ns	73 ns	71 a	57 b
Grão trigo	DS	1 b	6 ns	47 ns	57 b	51 c

¹ Letras iguais, dentro de cada material, não diferem a 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

Tabela 3. Correlação entre os métodos de extração de amostras de tecido vegetal, para os resultados analíticos de macronutrientes e micronutrientes.

Nutriente	Método	DUMW		DS	
		Equação	R ²	Equação	R ²
P	DUNP	$y = 1,175x - 0,302$	$R^2 = 0,75^*$	$y = 1,123x + 0,260$	$R^2 = 0,81^*$
K	DUNP	$y = 1,205x - 1,031$	$R^2 = 0,97^*$	$y = 1,570x + 0,923$	$R^2 = 0,94^*$
Ca	DUNP	$y = 1,014x + 0,195$	$R^2 = 0,98^*$	$y = 1,171x - 0,005$	$R^2 = 0,96^*$
Mg	DUNP	$y = 1,113x + 0,093$	$R^2 = 0,87^*$	$y = 0,991x + 0,575$	$R^2 = 0,90^*$
S	DUNP	$y = 1,070x + 0,226$	$R^2 = 0,81^*$	$y = 1,491x + 0,687$	$R^2 = 0,75^*$
B	DUNP	$y = 1,000x + 28,76$	$R^2 = 0,93^*$	$y = 0,992x + 31,01$	$R^2 = 0,89^*$
Cu	DUNP	$y = 0,893x + 1,219$	$R^2 = 0,97^*$	$y = 0,751x + 3,548$	$R^2 = 0,87^*$
Fe	DUNP	$y = 0,998x + 0,543$	$R^2 = 0,86^*$	$y = 0,780x + 35,755$	$R^2 = 0,81^*$
Mn	DUNP	$y = -0,0037x^2 + 1,495 + 9,97$	$R^2 = 0,95^*$	$y = -0,008x^2 + 2,26x - 16,1$	$R^2 = 0,88^*$
Zn	DUNP	$y = 0,889x + 9,793$	$R^2 = 0,75^*$	$y = 0,978x + 10,56$	$R^2 = 0,70^*$

¹ Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste t.

Referências

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A; MURAOKA, T.; CARMO, C.A.F. de S. do; MELLO, W. J. de. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia / Rio de Janeiro: Embrapa Solos / Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1999. p.171-223.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p. (UFRGS. Boletim Técnico; 5).