

DIVISÃO 3 - USO E MANEJO DO SOLO

Comissão 3.1 - Fertilidade do solo e nutrição de plantas

ÉPOCA DE AMOSTRAGEM FOLIAR PARA DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL EM BANANEIRA⁽¹⁾

Celsemy Eleutério Maia⁽²⁾

RESUMO

A relação entre a produtividade e a concentração dos nutrientes na planta é a premissa para o uso da análise foliar como critério diagnóstico. Existem vários métodos de diagnóstico que utilizam a análise de tecidos vegetais, e estes desempenham papel fundamental na definição e interpretação do estado nutricional da planta; entretanto, é importante entender que a concentração do nutriente na planta muda durante o ciclo da cultura, tendo de ser padronizada a melhor época para amostragem do tecido vegetal. O objetivo do presente trabalho foi determinar a melhor época de amostragem foliar para a cultura da banana, com base no critério de que o melhor momento é observado quando houver menor efeito da concentração e diluição dos nutrientes nas folhas e que seria quando a relação entre taxas de crescimento relativo de matéria seca e da absorção de nutrientes for igual a 1. Modelando dados da cultura da banana, conclui-se que a melhor época de amostragem foliar da bananeira para avaliação do estado nutricional varia de acordo com o nutriente considerado; contudo, para padronização, os dados indicaram que a amostragem deve ser feita seis meses após o plantio.

Termos de indexação: efeito da diluição, efeito da concentração, amostragem foliar.

SUMMARY: *SAMPLING TIME OF BANANA LEAVES FOR NUTRITIONAL DIAGNOSIS*

The relationship between yield and nutrient concentration in plants is the basis used as a diagnostic criterion for foliar analysis. There are several diagnostic methods that use the analysis of plant tissues where they play a key role in the definition and interpretation

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 19 de fevereiro de 2010 e aprovado em 2 de março de 2012.

⁽²⁾ Professor do Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – Ufersa. BR 110, km 47, Costa e Silva, CEP 59625-900 Mossoró (RN). E-mail: celsemy@ufersa.edu.br

of plant nutritional status. The average nutrient concentration changes during the crop cycle, which is important for defining the time of leaf sampling. The purpose of this study was to determine the best sampling time of banana leaves, assuming that the best time is when the relationship between the relative growth rate of dry matter and of nutrient uptake is 1. It was concluded that the best time to sample banana leaves for the evaluation of the nutritional status would be six months after planting.

Index terms: dilution effect, concentration effect, foliar sampling time.

INTRODUÇÃO

A diagnose foliar é um método de avaliação do estado nutricional das culturas em que se analisam determinadas folhas em período definido da vida da planta. O motivo pelo qual a folha é o órgão mais utilizado para esse fim é que elas respondem mais à variação do suprimento dos nutrientes do solo (Malavolta et al., 1989). Para se fazer uso do material vegetal para fins de avaliação do estado nutricional, é importante identificar os principais fatores que influenciam na concentração dos elementos na planta, principalmente com relação à época de amostragem e à parte ou posição do órgão que será analisado para esse fim. Quanto a época de amostragem, para plantas herbáceas, é comum a amostragem das folhas recém-maduras completamente desenvolvidas; para espécie perene, utiliza-se a época de menor variação na concentração dos nutrientes como a mais indicada para o diagnóstico do estado nutricional. Como exemplo, Menzel et al. (1992) verificaram que a amostragem de *Litchi chinensis* é influenciada pela estação do ano e que esta interfere principalmente na diagnose de N, K, Ca e Fe, recomendando que seja amostrado o material vegetal no florescimento, uma a duas semanas após o aparecimento da panícula. Para mangueira, Chadha et al. (1980) observaram que os teores de P e K decresceram e os de Ca, Mg, S e Mn cresceram com a idade da folha e concluíram que a melhor época para amostragem, para avaliação dos teores de N, P, Mg, S, Zn, Mn e Fe, é aos 6–7 meses de idade da folha – época em que os teores foram mais estáveis. Entretanto, segundo Carvalho et al. (2002), padrões foliares desenvolvidos preliminarmente para o maracujazeiro não podem ser extrapolados diretamente para pomares comerciais, porque os procedimentos de amostragem não foram bem definidos. Muitos autores não consideraram, em seus experimentos, o efeito da estação de crescimento, a idade da folha, o estágio de frutificação e a fase fenológica da planta. Nesse sentido, Fontes (2001) afirma que, para contornar os efeitos da idade da planta sobre a concentração dos nutrientes no tecido, é necessário que a amostra da planta a ser analisada seja retirada com a mesma idade fisiológica na qual foram determinadas as concentrações críticas nos padrões.

A avaliação do estado nutricional das culturas constitui um dos maiores desafios para pesquisadores em fertilidade do solo e nutrição de plantas, principalmente em países onde ocorrem limitações na produtividade das culturas decorrentes de desequilíbrios nutricionais (Carvalho et al., 2002). Para Raij (1991), em razão de a composição de diferentes partes da planta diferir, e também devido ao estágio de crescimento, estes influem na concentração dos nutrientes, sendo necessário não só estabelecer a parte da planta que deve ser amostrada, mas também a melhor época, sendo a padronização da amostragem essencial para o sucesso da diagnose foliar. Assim, este trabalho teve como objetivo propor um novo método para avaliar a melhor época de amostragem de material vegetal, levando em consideração as épocas de menor efeito da concentração e da diluição dos nutrientes na bananeira.

MATERIAL E MÉTODOS

Critério para época de amostragem

Por ser a concentração (C) de um determinado nutriente no material vegetal definida como o quociente entre a quantidade de nutriente absorvida (Q) e a matéria seca produzida (MS), e por essa relação variar ao longo do ciclo da planta (tempo, t), pode-se afirmar que para concentração constante na planta ($dC/dt = 0$), tem-se que $MS \frac{dQ}{dt} = Q \frac{dMS}{dt}$, o que implica em $\frac{dQ}{dMS} = \frac{Q}{MS}$, ou seja, $C = \frac{dQ}{dMS}$.

Definindo a TAR (taxa de absorção relativa) e a TCR (taxa de crescimento relativo) como $TAR_Q = \frac{dQ}{Qdt}$ e $TCR_{MS} = \frac{dMS}{MSdt}$, respectivamente, pode-se afirmar que, para C constante, $TCR_{MS} = TAR_Q$, ou seja, $\frac{dQ}{dMS} = C \frac{TAR_Q}{TCR_{MS}}$. Essa dedução também pode ser verificada em Ingestad & Ågren (1992) e Wadt & Novais (1999). Assim, pode-se interpretar que, com base na TAR_Q e TCR_{MS} , a relação $\frac{TAR_Q}{TCR_{MS}}$ é o fator

que corrige os valores da concentração do nutriente em relação a $\frac{dQ}{dMS}$ durante o ciclo da cultura. Isso significa que, para $TCR_{MS} < TAR_Q$, $C > \frac{dQ}{dMS}$, ocorrendo efeito da concentração do nutriente na planta, e para $TCR_{MS} > TAR_Q$, $C < \frac{dQ}{dMS}$, ocorre efeito diluição. Portanto, pode-se afirmar que, para $\frac{dQ}{dMS} = C \frac{TAR_Q}{TCR_{MS}}$, tem-se $C = \frac{dQ}{dMS} \frac{TCR_{MS}}{TAR_Q}$; e, sendo a taxa de absorção absoluta (TAA) e a taxa de crescimento absoluto (TCA) iguais a $TAA_Q = \frac{dQ}{dt}$ e $TCA_{MS} = \frac{dMS}{dt}$, respectivamente, tem-se que a concentração do nutriente na planta pode ser definida como $C = \frac{TAA_Q}{TCA_{MS}} \frac{TCR_{MS}}{TAR_Q}$. Nesse sentido, pode-se assumir que a melhor época para se amostrar o material vegetal da planta será para a condição em que a relação TCR_{MS}/TAR_Q seja igual à unidade, ou seja, a melhor época para se diminuir o efeito de diluição ou concentração do nutriente na planta.

Dados de matéria seca e nutriente na cultura da bananeira

Para avaliar a método proposto na definição da melhor época de amostragem da cultura da bananeira, foram utilizados os dados publicados por Samuels et al. (1978), referentes à produção de matéria seca foliar e às concentrações de N, P, K Ca e Mg. Os dados de concentração dos nutrientes foram transformados em conteúdo de nutrientes. O modelo utilizado para produção de matéria seca e absorção de nutrientes em função do tempo foi o proposto por Maia et al. (2009) – equação 1.

$$P = P_{max} \cdot \frac{P_{max}}{1 + (\alpha \cdot T)^n} \quad (1)$$

em que P = variável dependente (conteúdo do nutriente ou matéria seca); T = tempo (no trabalho, meses após o plantio); e P_{max} , α e n são os parâmetros do modelo ajustados por metodologia de regressão não linear, sendo P_{max} o valor máximo estimado de P durante o ciclo da cultura, α , em mês^{-1} , e n é o fator de forma adimensional.

Estimaram-se as taxas de absorção e crescimento absoluto (TAA e TCA), pela equação 2; a taxa de absorção e crescimento relativo (TAR e TCR), pela equação 3; e o tempo para TCA_{max} ($T \cdot TCA_{max}$), tanto para a absorção de nutrientes quanto para o matéria seca das folhas (MSF), pela equação 4. Para estimar a época que a planta absorve 50 % do nutriente durante o ciclo ou produz 50 % da matéria seca de folha ($T \cdot P_{max}/2$), utilizou-se a equação 5.

$$TCA = \frac{P_{max} \cdot n \cdot \alpha^n \cdot T^{n-1}}{[1 + (\alpha \cdot T)^n]^2} \quad (2)$$

$$TCR = \frac{n}{T \cdot [1 + (\alpha \cdot T)^n]} \quad (3)$$

$$T \cdot TCA_{max} = \left[\frac{n - 1}{\alpha^n (n + 1)} \right]^{1/n} \quad (4)$$

$$T \cdot P_{max} / 2 = \frac{1}{\alpha} \quad (5)$$

A curva de concentração/diluição foi obtida dividindo os valores do nutriente (g) pela MSF (kg) estimada pelo modelo para cada época de amostragem; o gráfico da concentração (g kg^{-1}) foi feito em função da MSF.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos parâmetros do modelo utilizado e os respectivos coeficientes de determinação para matéria seca de folha e conteúdo de N, P, K, Ca e Mg são mostrados no quadro 1, em que se verifica que o modelo se ajustou bem aos dados observados, com valores de R^2 variando de 0,8980 para fósforo até 0,9864 para Ca. O bom ajuste do modelo indica que o comportamento da matéria seca de folha e o conteúdo dos nutrientes analisados seguem a forma de uma sigmoide durante o ciclo da cultura.

Levando em consideração que não existe efeito concentração/diluição na planta para a condição de $TCR_{MS} = TAR_Q$ ($TCR_{MS}/TAR_Q = 1$), observa-se, para os dados estimados na figura 1, que os nutrientes analisados, com exceção do Ca, apresentaram efeito da concentração nos primeiros meses após o plantio da bananeira, porém esse efeito diminuiu

Quadro 1. Valores dos parâmetros P_{max} , α e n do modelo ajustado e os respectivos coeficientes de determinação (R^2) para matéria seca de folha (MSF, g) e conteúdos (g/planta) de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio para a cultura da bananeira

	P_{max}	α	N	R^2
MSF	2409,16	0,1316	4,11	0,9828
N	54,98	0,1667	6,55	0,9421
P	3,33	0,1675	6,61	0,8980
K	136,31	0,1504	5,96	0,9377
Ca	28,02	0,1276	4,49	0,9863
Mg	6,13	0,1579	4,75	0,9276

Os valores dos coeficientes foram significativos a 5 % pelo teste t.

até aproximadamente seis meses para N, P e Mg e próximo de sete meses para K, quando os nutrientes passam a ser diluídos na planta, aumentando essa diluição até o final do ciclo da cultura. Com relação ao Ca, durante todo o ciclo se observa concentração do nutriente na planta (Figura 1), diferentemente do verificado para os demais nutrientes analisados; após o segundo mês, observa-se aumento da concentração, e, a partir de aproximadamente nove meses de idade, a concentração diminui. Segundo Bataglia et al. (1996), durante a fase inicial do período vegetativo, a taxa de absorção de nutriente é alta e, conseqüentemente, as concentrações no tecido também são altas. À medida que a planta cresce, há diluição, diminuindo a concentração de nutrientes no tecido. Assim, tecidos fisiologicamente jovens, em geral, apresentam concentrações mais elevadas. De forma geral, os teores de N, P e K decrescem com a idade da planta, enquanto os teores de Ca, Mg, Mn e B frequentemente aumentam; contudo, neste trabalho o Mg teve comportamento semelhante ao de N, P e K, ou seja, diluição a partir dos seis meses.

Levando ainda em consideração que a melhor época para amostragem do material vegetal seria quando não houvesse efeito concentração ou diluição ($TCR_{MS}/TAR_Q = 1$), a melhor época para amostragem seria aos 6,4, 6,4, 7,6 e 5,5 meses, para

N, P, K e Mg, respectivamente (Quadro 2). Não foi indicada a época para o Ca, por haver efeito da concentração em todo o ciclo da planta. Outros critérios foram avaliados para definir a época de amostragem como a época de $P_{max}/2$ (estimado por $1/\alpha$) e o tempo em que se observa a maior taxa de absorção absoluta ($T.TAA_{max}$) para todos os nutrientes avaliados. Esses critérios apresentaram boa aproximação para determinar a época de amostragem do material vegetal para a diagnose nutricional da bananeira (Quadro 2).

Considerando os fins práticos e levando em consideração as condições em que foram obtidos os dados, uma única época deve ser padronizada para amostragem foliar. Nesse sentido, fazendo a comparação entre a amostragem foliar aos seis e sete meses após o plantio em termos de desvio (diferença entre os valores de TCR_{MS}/TAR_Q e 1), observa-se que os valores médios dos desvios em módulo foram inferiores na amostragem aos seis meses após o plantio (Quadro 3), indicando menor efeito concentração/diluição para esta época de amostragem.

Avaliando o teor do nutriente em função da MSF (curva de concentração/diluição) (Figura 2), verifica-se que, com exceção do Ca, a curva apresenta ponto de máximo. Conseqüentemente, verifica-se um valor crítico da MSF (MSF_c), no qual se observa o

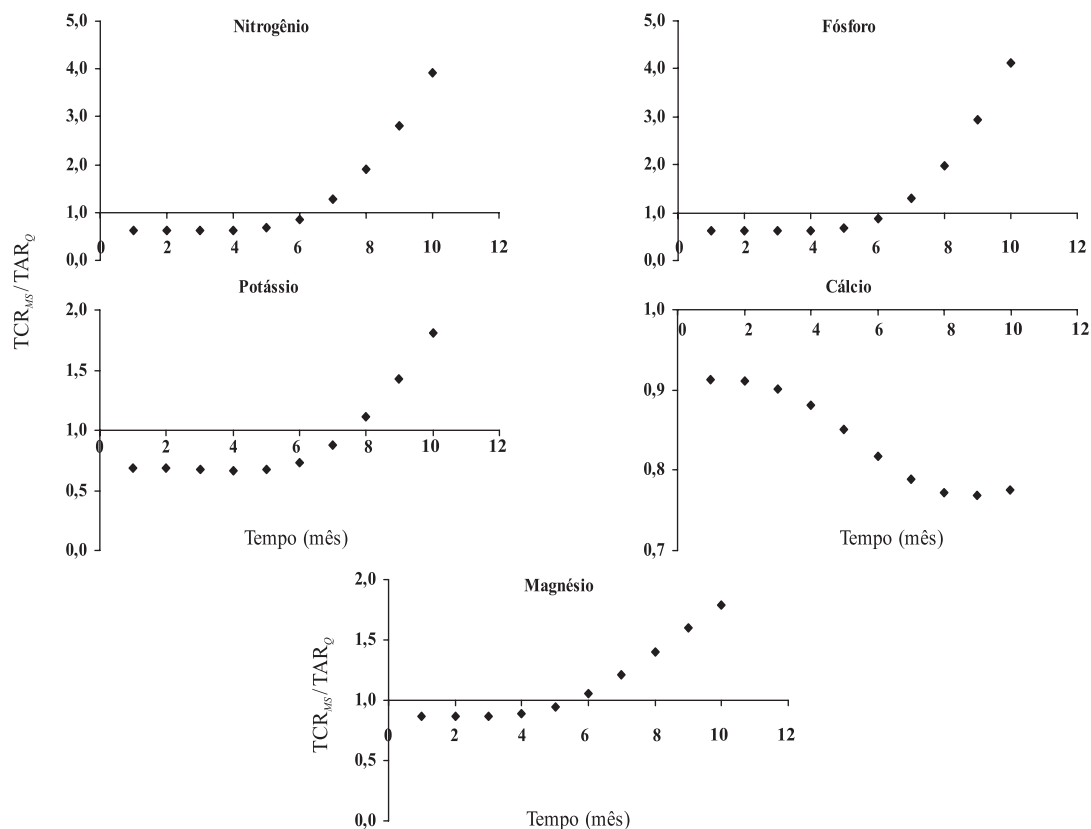


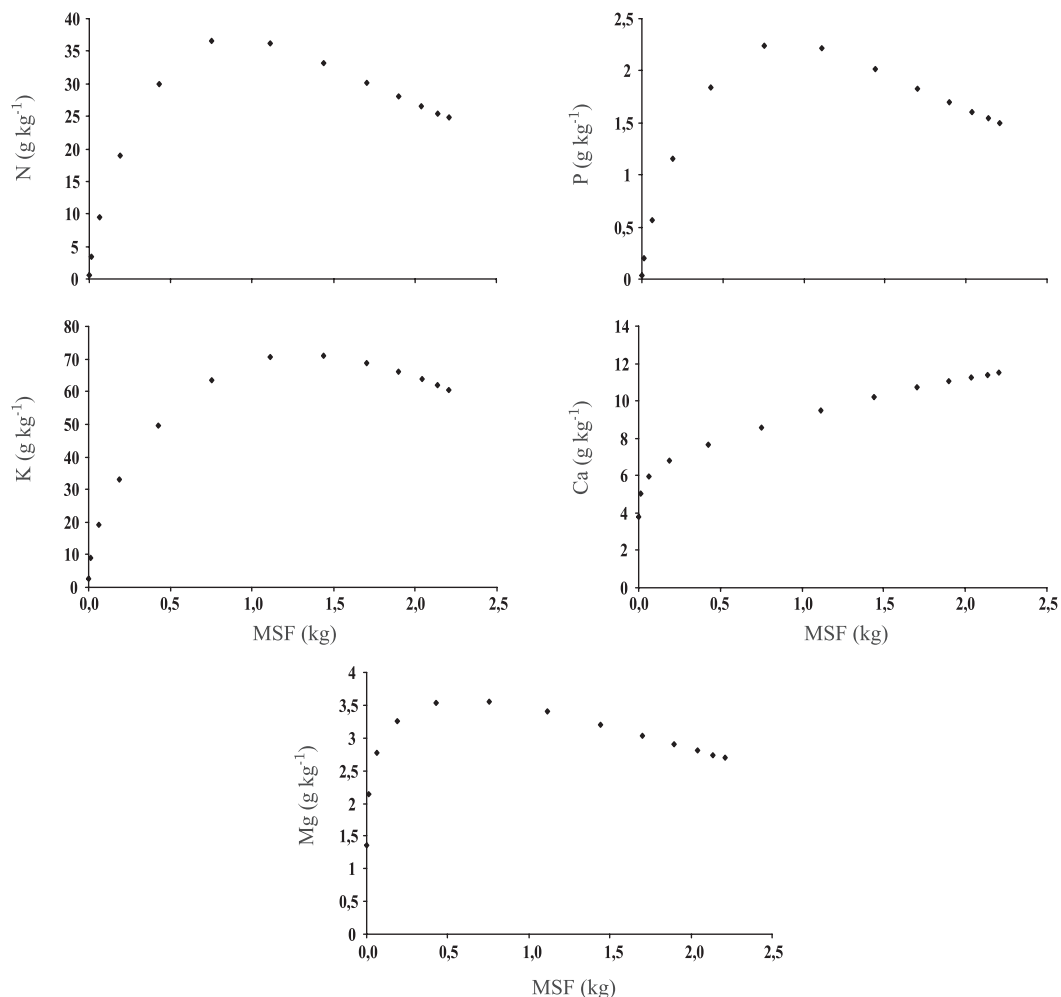
Figura 1. Valores da relação TCR_{MS}/TAR_Q em função da idade da bananeira para N, P, K, Ca e Mg.

Quadro 2. Época de amostragem estimada graficamente, época para absorção de 50 % do nutriente durante o ciclo da cultura ($P_{max}/2$) e época em que ocorre a taxa de absorção absoluta máxima (TAA_{Max})

Nutriente	Época de amostragem gráfica	$T.P_{max}/2$	$T.TAA_{max}$	$TCR_{MS}/TAR_Q = 1$
		Mês		
N	6-7	6,0	5,7	6,4
P	6-7	6,0	5,7	6,4
K	7-8	6,7	6,3	7,6
Ca	-	7,8	7,1	-
Mg	5-6	6,3	5,8	5,6

Quadro 3. Valores dos desvios entre os valores de TCR_{MS}/TAR_Q para N, P, K, Ca e Mg em relação a 1 para as épocas de amostragem de seis e sete meses

	6 meses	7 meses		6 meses	7 meses
	desvio			desvio	
N	-0,14	0,27	Ca	-0,18	-0,21
P	-0,13	0,29	Mg	0,05	0,21
K	-0,27	-0,12	Média dos valores absolutos	0,15	0,22

**Figura 2.** Concentração de N, P, K, Ca e Mg na bananeira em função da matéria seca foliar (MSF).

maior teor do nutriente na planta. Assim, esse ponto define a MSF em que se verifica efeito concentração ($MSF < MSF_c$) e diluição ($MSF > MSF_c$) do nutriente na planta. O valor da MSF_c coincidiu exatamente com a MSF na época em que se observou a condição de $TCR_{MS}/TAR_Q = 1$. Os valores estimados de MSF_c , para a condição $TCR_{MS}/TAR_Q = 1$, foram de 0,90 kg/planta para N e P e de 1,32 e 0,61 kg/planta para K e Mg, respectivamente.

CONCLUSÕES

1. A melhor época de amostragem foliar da bananeira para avaliação do estado nutricional varia de acordo com o nutriente.

2. A época da amostragem pode ser estimada pelo tempo que a planta absorve 50 % do nutriente durante o ciclo da cultura.

3. Para padronização, os dados indicaram que a amostragem foliar na bananeira deve ser feita seis meses após o plantio.

LITERATURA CITADA

- BATAGLIA, O.C.; DECHEN, A.R. & SANTOS, W.R. Princípio da diagnose foliar. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F. Os solos nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável. Viçosa, MG, SBCS, UFV, DPS, 1996. 930p.
- CARVALHO, A.J.C.; MONNERAT, P.H.; MARTINS, D.P.; BERNARDO, S. & SILVA, J.A. Teores foliares de nutrientes no maracujazeiro amarelo em função de adubação nitrogenada, irrigação e épocas de amostragem. *Sci. Agríc.*, v.59, n.1, p.121-127, 2002.
- CHADHA, K.L.; SAMRA, J.S. & THAKUR, R.S. Standardization of leaf-sampling technique for mineral composition of leaves of mango cultivar 'Chausa'. *Sci. Hortic.*, v.13, p.323-329, 1980.
- FONTES, P.C.R. Diagnóstico do estado nutricional das plantas. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 122p.
- INGESTAD, T. & ÅGREN, G. Theories and methods on plant nutrition and growth. *Physiol. Plant.*, 84:177-184, 1992.
- MAIA, C.E.; MORAIS, E.R.C.; MIRANDA, N.O. & ARAÚJO JUNIOR, B.B. Crescimento do meloeiro Orange Flesh em função do preparo do solo e construção de camalhão. *R. Ci. Agrotec.*, 40:41-47, 2009.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicação. Piracicaba, Potafos, 1989. 201p.
- MENZEL, C.M.; CARSELDINE, M.L.; HAYDON, G.F. & SIMPSON, D.R. A review of existing and proposed new leaf nutrient standards for lychee. *Sci. Hortic.*, 49:33-53, 1992.
- RAIJ, B.van. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo, Piracicaba, Ceres, Potafos, 1991. 343p.
- SAMUELS, G.; BEALE, A. & TORRES, S. Nutrient content of the plantain (*Musa*, AAB Group) during growth and fruit production. *J. Agric. Univ. Puerto Rico*, 62:178-185, 1978.
- WADT, P.G.S. & NOVAIS, R.F. O monitoramento nutricional frente aos métodos diagnósticos no planejamento das adubações. In: WADT, P.G.S. & MALAVOLTA, E., org. Monitoramento nutricional para a recomendação de adubação de culturas. Piracicaba, Potafos, 1999. CD ROM.