

MICROWAVE DRYING OF PLANT TISSUE FOR NUTRITIONAL ANALYSIS OF *Corymbia citriodora* (HOOK.) AND *Hevea brasiliensis* MUELL. ARG.

SECADO DE TEJIDO DE PLANTAS CON MICROONDAS PARA EL ANÁLISIS NUTRICIONAL EN *Corymbia citriodora* (HOOK.) Y *Hevea brasiliensis* MUELL. ARG.

Matheus Pozetti **Teixeira**¹, Cid Naudi Silva **Campos**^{2*}, Renato de Mello **Prado**¹,
Gustavo **Caione**³, Fábio Luiz Checchio **Mingotte**¹, Flavia Bastos **Agostinho**⁴

¹Departamento de Solos e Adubos, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, +55 (16) 3209-7406, CEP 14884900, Jaboticabal, Brazil, (matheus_pt@hotmail.com), (rmprado@fcav.unesp.br), (flcmingotte@gmail.com). ²Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Rod MS 306, Km 105, CEP 79560000, Chapadão do Sul, MS, Brazil, (cid.campos@ufms.br). ³Universidade do Estado de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Alta Floresta, Alta Floresta-MT-Brazil, (gcaione@unemat.br). ⁴Louisiana State University, LSU AgCenter/CAPES, Câmpus Baton Rouge, Baton Rouge-LA-EUA, (agostinho.flaviab@gmail.com).

ABSTRACT

The method used to dry plant tissue samples may modify its nutrient content, and results in incorrect diagnostic of crop nutritional status. The hypothesis was that microwave drying method does not affect the nutrient content of leaves neither the interpretation of the results, as compared to oven-drying procedure. In this study we evaluated the effect of microwave drying of eucalyptus (*Corymbia Citriodora* (Hook.)) and rubber trees (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) leaves on dry matter and macronutrient content, as compared to oven drying. The study was performed in a laboratory at the Department of Soils and Fertilizers of Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, UNESP, Jaboticabal-SP-Brazil. The experiments were: one using leaf samples of eucalyptus and other using leaf samples of rubber trees. The experimental design was completely randomized and treatments were drying in conventional oven and in microwave oven, with 10 repetitions. Data were analyzed using ANOVA and treatments means were compared with F test and Tukey test ($p \leq 0.05$). The dry matter and the macronutrient content of each sample were determined. There were no differences between the drying methods on leaf nutrient content, except for N content of rubber trees. Similar dry matter content was obtained for rubber trees and eucalyptus samples. Microwave drying is useful as an alternative method to dry plant tissues samples aiming to its chemical analysis.

RESUMEN

El método usado para secar muestras de tejido vegetal puede modificar su contenido de nutrientes, lo cual resulta en un diagnóstico incorrecto del estado nutricional del cultivo. La hipótesis fue que un método de secado con microondas no afecta el contenido de nutrientes en las hojas, ni la interpretación de los resultados, comparado con secado con calor. En este estudio evaluamos el efecto del secado en microondas sobre la materia seca y el contenido de macronutrientes de hojas de eucalipto (*Corymbia Citriodora* (Hook.)) y caucho (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.), comparado con el secado en horno. El estudio se realizó en el laboratorio del Departamento de Suelos y Fertilizantes de la Universidad Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, UNESP, Jaboticabal-SP-Brasil. Los experimentos se establecieron: uno con muestras de hojas de eucalipto y otro con hojas de árboles de caucho. El diseño experimental fue completamente al azar, los tratamientos fueron dos secado en horno convencional, y en horno microondas, con 10 repeticiones. Los datos se analizaron con ANDEVA y las medias de tratamiento se compararon con la prueba de F y la de Tukey ($p \leq 0.05$). La materia seca y el contenido de macronutrientes de cada muestra fueron evaluados. No hubo diferencias entre los métodos de secado sobre el contenido de nutrientes foliares, excepto el contenido de N en las muestras de árboles de caucho. La materia seca en las muestras de caucho y eucalipto fue similar. El secado por microondas es útil como un método alternativo para muestras de tejidos vegetales y con el objetivo de análisis químicos.

* Author for correspondence ♦ Autor responsable.

Received: June, 2016. Approved: November, 2016.

Published as NOTE in *Agrociencia* 51: 555-560. 2017.

Palabras clave: análisis químico, materia seca, estado nutricional, material vegetal, nutrición de las plantas.

Key words: chemical analysis, dry matter, nutritional status, plant material, plant nutrition.

INTRODUCTION

The most important tissue for plant chemical analysis is the leaf, as it directly represents the plant nutritional status and indirectly the soil fertility. Since plant nutritional status and yield are correlated factors, wrong chemical analysis can economically affect the agriculture returns. Previous to chemical analysis, samples should be properly prepared (washed, dried, and stored) in order to avoid degradation and change of nutrient content, which consequently will contribute to an accurate chemical determination (Prado, 2008).

Drying is the most time-consuming procedure on foliar chemical analysis, which can be done through forced air circulation oven or lyophilization (freeze-drying) (Pastorini *et al.*, 2002). In the lyophilization procedure most biochemical properties of the tissue are preserved, but the equipment required is expensive and the process is time-consuming. Whereas, the drying with forced air circulation oven is a simple procedure, but even widely used, it is also time-consuming and results in changing of biochemical properties of plant tissue (Marur and Sodek, 1995). According to Marur and Sodek (1995) there is also an alternative method for drying plant material using microwave oven, which has as advantage lower biochemistry changing of samples and faster drying. However, depending on the duration of drying, it is possible to lose carbohydrates and other volatiles substances through sample's respiration.

Dry matter and nutrient content of plants, such as fruit trees (Marcante *et al.*, 2010), lettuce (*Lactuca sativa* L.) (Borges *et al.*, 2011), sugarcane (*Saccharum* spp.), brachiaria (*Brachiaria* spp.) (Silva *et al.*, 2011), coffee (*Coffea arabica* L.), mango (*Mangifera indica* L.), blackberry (*Rubus* sp.) (Dias *et al.*, 2011) and citrus (*Citrus sinensis*) (Rocha *et al.*, 2011) were similar when dried with microwave oven and with forced air circulation oven. However, further studies are important to verify the overall efficacy of this alternative procedure, since plant tissues have different morphologic characteristics, water content, and nutrient content that may alter the results.

The required time for leaf samples drying in microwave oven is 25 min, whereas oven drying takes 72 h or more, depending on plant material, water

INTRODUCCIÓN

Las hojas son el tejido más importante para los análisis químicos de las plantas. Este, representa directamente el estado nutricional de la planta e indirectamente la fertilidad del suelo. Dado que el estado nutricional y el rendimiento de las plantas son factores correlacionados, un análisis químico erróneo puede afectar la economía de los rendimientos agronómicos. Antes del análisis químico, las muestras deben prepararse adecuadamente (lavar, deshidratar y almacenar) para evitar la degradación y cambio del contenido de nutrientes, lo cual contribuirá a la determinación química precisa (Prado, 2008).

La deshidratación es el procedimiento más tardado en el análisis químico foliar y puede realizarse en horno de circulación forzada de aire o liofilización (Pastorini *et al.*, 2002). Con la liofilización se conservan la mayoría de las propiedades químicas del tejido, pero el equipo requerido es costoso y el proceso es tardado. El secado con horno de circulación forzada es un procedimiento sencillo, ampliamente utilizado, también lleva mucho tiempo y produce cambios en las propiedades bioquímicas del tejido vegetal (Marur y Sodek, 1995). Según Marur y Sodek (1995) hay también un método alternativo para secar el material vegetal usando horno de microondas. La ventaja de este es el cambio bioquímico menor de las muestras y el secado más rápido. Pero, dependiendo de la duración del secado, pueden perderse carbohidratos y otras sustancias volátiles por respiración de la muestra.

La materia seca y el contenido de nutrientes de las plantas, como árboles frutales (Marcante *et al.*, 2010), la lechuga (*Lactuca sativa* L.) (Borges *et al.*, 2011), caña de azúcar (*Saccharum* spp.), brachiaria (*Brachiaria* spp.) (Silva *et al.*, 2011), café (*Coffea arabica* L.), mango (*Mangifera indica* L.), zarzamora (*Rubus* sp.) (Dias *et al.*, 2011) y cítricos (*Citrus sinensis*) (Rocha *et al.*, 2011), fueron similares cuando se secaron en horno con microondas y con circulación forzada de aire. Sin embargo, otros estudios son importantes para verificar la eficacia general de este procedimiento alternativo, ya que los tejidos de las plantas tienen diferentes características morfológicas, contenido de agua y contenido de nutrientes que pueden modificar los resultados.

El tiempo requerido para secar muestras de hojas en el horno con microondas y con calor es 25 min y 72 horas o más, dependiendo del material vegetal, el

content, and temperature (Lacerda *et al.*, 2009). The advantage in reducing the duration of sample drying is faster foliar nutritional analysis, which allows in season deficiency diagnosis and possible changes of fertilization management. Nevertheless, studies are needed regarding efficacy of this alternative drying for leaves of rubber trees and eucalyptus.

In order to enable frequent use of foliar chemical analysis after microwave drying, the hypothesis that this alternative drying method does not affect the nutrient content of leaves and the interpretation of the results compared to oven-drying procedure should be tested. Therefore, the objective of this study was evaluate the effect of microwave oven drying of eucalyptus and rubber trees leaves on dry matter and macronutrient content in comparison to oven drying.

MATERIALS AND METHODS

Experiment location

The study was established in laboratory conditions at the Department of Soils and Fertilizers of Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", UNESP, Jaboticabal-SP-Brazil. Two experiments were set: one using leaf samples of rubber trees (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.), clone RRIM 600 (Rubber Research Institute of Malaysia 600), and leaf samples of eucalyptus (*Corymbia citriodora* (Hook.)). For both experiments, leaves were collected at the Experimental Area of Agriculture Science and Veterinary, Universidade Estadual Paulista, Campus Jaboticabal – São Paulo.

Treatments and plant material management

The treatments were two drying methods, the conventional oven with forced air circulation and the microwave oven (MWO). A completely randomized design was used with 10 repetitions.

Leaves were collected from the terminal branches at the lower third part of rubber trees, whereas branches directed to the north side, as determined by Gonçalves *et al.* (1997), were used for leaf samples of eucalyptus trees. Two leaves were selected per spot, totalizing 200 leaves per plant, and only one tree per specie was sampled.

For each crop, samples were separated into 20 groups containing 10 leaves. The material was washed with run water, neutral detergent solution (0.1 %), hydrochloric acid solution (0.3 %), and deionized water, according to Prado (2008). Before submitting it to the respective drying method treatment, samples were left to dry in absorbent paper.

contenido de agua y la temperatura (Lacerda *et al.*, 2009). La ventaja de disminuir el tiempo de secado es el análisis nutricional foliar más rápido, lo cual permite diagnósticos de deficiencia en la temporada y cambios en el manejo de la fertilización. Pero se requieren estudios de la eficacia del secado alternativo de hojas de caucho y eucalipto.

Para permitir el uso frecuente del análisis químico foliar después del secado con microondas, debe probarse la hipótesis que este método de secado alternativo no afecta el contenido de nutrientes de las hojas en comparación con el procedimiento de secado con calor. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del secado en horno con microondas en la materia seca y el contenido de macronutrientes de hojas de eucalipto y caucho en comparación con el secado en horno con calor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El estudio se estableció en condiciones de laboratorio en el Departamento de Suelos y Fertilizantes de la Universidad Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", UNESP, Jaboticabal-SP-Brasil. Dos experimentos se establecieron: uno con muestras de hojas de árboles de caucho (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.), clon RRIM 600 (Instituto de Investigación de Caucho de Malasia 600) y muestras de hojas de eucalipto (*Corymbia citriodora* (Hook.)). Las hojas para ambos experimentos se recolectaron en el Área Experimental de Ciencias Agrícolas y Veterinarias, Universidad Estadual Paulista, Campus Jaboticabal - São Paulo.

Tratamientos y manejo de materiales vegetales

Los tratamientos fueron dos métodos de secado, el horno convencional con circulación forzada de aire y el horno microondas (MWO). El diseño fue completamente al azar, con 10 repeticiones.

Las hojas de eucaliptos se recolectaron de las ramas terminales, dirigidas al norte en la parte inferior de los árboles de caucho, de acuerdo con Gonçalves *et al.* (1997), para muestras de hojas. Dos hojas por punto se seleccionaron, totalizando 200 hojas por planta, y solo se tomó un árbol por especie.

Para cada cultivo, las muestras se separaron en 20 grupos que contenían 10 hojas. El material se lavó con agua corriente, solución de detergente neutro (0.1 %), solución de ácido clorhídrico (0.3 %) y agua desionizada, de acuerdo con Prado (2008). Antes de someter las muestras a los métodos de secado, las muestras se dejaron en papel absorbente.

The oven with forced air circulation (68 L capacity) was set to 65-70 °C and samples were kept inside it for 72 h, till constant dry mass (Prado, 2008). The microwave drying followed Lacerda *et al.* (2009) procedure, wherein each sample was dried for three cycles of 5 min, one cycle of 3 min, and one cycle of 2 min.

In order to avoid fixation on container surface, leaf material was detached with a spatula between each cycle. A beaker with 150 mL of water was also placed inside the MWO to increase the moisture and avoid burning of samples, as reported by Undersander and Thiex (1993). The water container was replaced every cycle to avoid water ebullition and contact with leaf sample.

The microwave had maximum load of 5 kg, 35 L of capacity, 110 V, 13 A, 60 Hz, 900 W of power output (maximum), operation frequency of 2450 MHz, and 306 mm width, 455 mm depth, and 555 mm height.

Evaluation and statistical analysis

After drying the samples, the dry matter was determined using a precision (0.0001 g) scale. Samples were then ground with Willey grinder at 1 mm and transferred to paper bags for further macronutrients content determination, according to Bataglia *et al.* (1983).

The data were submitted to analysis of variance; F test and Tukey test were used to compare means ($p \leq 0.05$), using Sisvar statistical software (Ferreira, 2011).

RESULTS AND DISCUSSION

There were no differences between the drying methods on leaf nutrient content, except for N content of rubber trees. Leaves of rubber trees dried with microwave oven had lower N content than leaves dried in the common oven (Table 1). Even though difference in N content was found, both methods resulted in foliar N content bellow the proper range for the culture (N: 29 to 35 g kg⁻¹), according to Raij and Cantarella (1997). Therefore, the methods chosen would not affect the nutritional diagnostic of rubber trees, as N application would be required regardless of the drying method.

These results support the potential use of microwave to dry leaf samples of eucalyptus and rubber trees. Our results are similar to those reported by Marcante *et al.* (2010), Borges *et al.* (2011), Dias *et al.* (2011), Silva *et al.* (2011), and Rocha *et al.* (2011) who studied fruit trees, lettuce, sugarcane and brachiaria, coffee, mango, and blackberry, and citrus, respectively.

El horno con circulación forzada de aire (capacidad de 68 L) se mantuvo entre 65 y 70 °C y las muestras se mantuvieron en él por 72 h, hasta masa seca constante (Prado, 2008). El secado por microondas se hizo de acuerdo con lo señalado por Lacerda *et al.* (2009): cada muestra se secó en tres ciclos de 5 min, uno de 3 min y uno de 2 min.

Para evitar que las hojas se adhirieran en la superficie del recipiente, se separaron con una espátula entre los ciclos. Un vaso de precipitados con 150 mL de agua también se colocó dentro del MWO para aumentar la humedad y evitar que las muestras se quemaran, según lo señalado por Undersander y Thiex (1993). El recipiente de agua se reemplazó cada ciclo para evitar la ebullición y el contacto con la muestra de las hojas.

El horno microondas tenía carga máxima de 5 kg y 35 L, 110 V, 13 A, 60 Hz, 900 W de potencia de salida (máxima), frecuencia de funcionamiento de 2450 MHz y 306 mm ancho, 455 mm profundidad y 555 mm altura.

Evaluación y análisis estadístico

Después de secar las muestras, la materia seca se determinó en una balanza de precisión (0.0001 g). Las muestras se trituraron a 1 mm con molino de Willey y se transfirieron a bolsas de papel para determinar el contenido de macronutrientes, según Bataglia *et al.* (1983).

Con los datos se realizó a ANDEVA; la prueba F y la de Tukey se utilizaron para comparar las medias ($p \leq 0.05$), con el software estadístico Sisvar (Ferreira, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre los métodos de secado no hubo diferencias en el contenido de nutrientes foliares, excepto el contenido en N de los árboles de caucho. Las hojas de árboles de caucho secadas en horno de microondas tenían contenido menor de N que las hojas secadas en el horno común (Cuadro 1). A pesar de la diferencia en el contenido de N, los resultados de ambos métodos fue un contenido de N foliar menor al intervalo propio del cultivo (N: 29 a 35 g kg⁻¹) según Raij y Cantarella (1997). Por lo tanto, los métodos seleccionados no afectarán el diagnóstico nutricional de los árboles de caucho y la aplicación de N sería necesaria, independiente del método de secado.

Estos resultados apoyan el uso potencial de microondas para secar muestras de hojas de eucaliptos y árboles de caucho. Nuestros resultados son similares a los reportados por Marcante *et al.* (2010), Borges *et al.* (2011), Dias *et al.* (2011), Silva *et al.* (2011), y Rocha *et al.* (2011) en árboles frutales, lechuga, caña

Table 1. Dry matter and leaf macronutrient content of rubber trees and eucalyptus samples according to the drying method.
Cuadro 1. Contenido de materia seca y macronutrientes de hojas de árboles de caucho y muestras de eucalipto según el método de secado.

Drying methods	Rubber tree						
	Dry matter	N (g)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)	S (g kg ⁻¹)
MWO	4.02	25.66b	1.57	9.21	10.22	2.67	1.61
Oven	4.37	26.86a	1.60	9.26	10.30	2.69	1.60
MSD	0.48	0.99	0.11	0.68	0.58	0.32	0.16
F test	2.43 ^{ns}	6.48*	0.29 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}
C.V. (%)	12.1	4.0	7.6	7.9	6.0	12.7	10.8
	Eucalyptus						
	Dry matter	N (g)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)	S (g kg ⁻¹)
MWO	2.44	16.09	0.55	8.45	4.45	1.76	0.96
Oven	2.62	16.94	0.56	8.96	4.68	1.74	0.90
MSD	0.22	1.72	0.08	1.12	0.65	0.26	0.12
F test	2.93 ^{ns}	1.06 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.91 ^{ns}	0.55 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.86 ^{ns}
C.V. (%)	9.3	11.1	15.2	13.7	15.2	16.1	14.0

MWO: Microwave oven; * $p \leq 0.05$; ^{ns}non-significant; MSD: minimum significant difference. ♦ MWO: Horno microondas; * $p \leq 0.05$; ns no significativo; MSD: diferencia mínima significativa.

The proper range of foliar nutrient content for rubber trees, according to Raij and Cantarella (1997) is: N: 29 to 35, P: 1.6 to 2.5, K: 10 to 17, Ca: 0.7 to 0.9, Mg: 1.7 to 2.5, S: 1.8 to 2.6 g kg⁻¹. Therefore, N, K and S foliar content were below the proper range for the culture; whereas, high content of Mg and Ca, and proper content of P was also observed.

Similar foliar nutrient content was observed for eucalyptus dried with oven and microwave oven (Table 1). Since the proper range of foliar content is: N: 13 to 18, P: 0.9 to 1.3, K: 9 to 13, Ca: 6 to 10, Mg: 3.5 to 5.0 and S: 1.5 to 2.0 g kg⁻¹ (Gonçalves *et al.*, 1997), lower P, K, Ca, Mg and S content and proper N content were found for eucalyptus samples.

The microwave drying method is an efficient alternative for drying leaf tissue of rubber tree and eucalyptus, as it reduces drying-time from 72 h to 30 min, results in faster chemical analysis, reduces the waiting-time for results, optimizes management decision regarding the fertilization, and probably increase yield.

CONCLUSIONS

The drying methods with forced air circulation oven and microwave oven are similar regarding the dry matter determination and macronutrient content of rubber trees and eucalyptus leaves. Therefore, microwave drying is useful as an alternative method

de azúcar, brachiaria, café, mango, zarzamora, y cítricos, respectivamente.

Según Raij y Cantarella (1997), el intervalo apropiado de contenido de nutrientes foliares de árboles de caucho es: N: 29 a 35, P: 1.6 a 2.5, K: 10 a 17, Ca: 0.7 a 0.9, Mg: 1.7 a 2.5, S: 1.8 a 2.6 g kg⁻¹. Por lo tanto, el contenido foliar de N, K y S fue menor al intervalo apropiado para el cultivo; además, se observó contenido alto de Mg y Ca y el adecuado de P.

Un contenido similar de nutrientes foliares se observó en el eucalipto secado con calor y microondas (Cuadro 1). Dado que el intervalo adecuado del contenido foliar es: N: 13 a 18, P: 0.9 a 1.3, K: 9 a 13, Ca: 6 a 10, Mg: 3.5 a 5.0 y S: 1.5 a 2.0 g kg⁻¹ (Gonçalves *et al.*, 1997), el contenido de P, K, Ca, Mg y S fue menor y el de N fue apropiado en las muestras de eucalipto.

El método de secado con microondas es una alternativa eficiente para secar el tejido foliar del caucho y eucalipto, ya que reduce el tiempo de secado de 72 h a 30 min, el análisis químico puede completarse más rápido, se reduce el tiempo de espera para tener los resultados y optimiza la decisión de manejo, respecto a la fertilización y es probable aumentar el rendimiento.

CONCLUSIONES

Los métodos de secado en horno con circulación forzada y horno de microondas son similares para la

to dry plant tissues samples aiming to its chemical analysis.

LITERATURE CITED

- Bataglia, O. C., P. R. Furlani, J. P. F. Teixeira, e J. R. Gallo, 1983. Métodos de análise química de plantas. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas. 48 p.
- Borges, B. M. M. N., F. T. Lucas, V. C. Modesto, R. M. Prado, E. S. Silva, e B. B. Braos, 2011. Métodos de determinação da matéria seca e dos teores de macronutrientes em folhas de alface. *Rev. Trópica - Ciências Agrár. Biol.* 5: 12-16.
- Dias, J. L. C. S., R. M. Prado, L. C. M. Rocha, e D. S. T. Vieira, 2011. Métodos de secagem de amostras de folhas de café, manga e amora na determinação da massa seca e nos teores de macronutrientes. *Nucleus* 8: 135-142.
- Ferreira, D. F. 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência Agrotecnol.* 35: 1039-1042.
- Gonçalves, J. L. M., B. van Raij e J. C. Gonçalves, 1997. Florestais. *In: Raij, B. van, H. Cantarella, J. A. Quaggio e A. M. C. Furlani, (eds). Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo.* Campinas: Instituto Agronômico de Campinas. pp: 247-259.
- Lacerda, M. J. R., K. R. Freitas e J. W. Silva, 2009. Determinação da massa seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional. *Biosci. J.* 5: 185-190.
- Marcante, N. C., R. M. Prado, M. A. C. Silva, J. S. Rosset, M. Ecco, e P. A. L. Savan, 2010. Determinação da matéria seca e teores de macronutrientes em folhas de frutíferas usando diferentes métodos de secagem. *Ciência Rural* 40: 2398-2401.
- Marur, C. J., e L. Sodek, 1995. Microwave drying of plant material for biochemical analysis. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.* 1: 111-114.
- materia seca y el contenido de macronutrientes de hojas de árboles de caucho y eucalipto. Por lo tanto, el secado por microondas es útil como un método alternativo para secar muestras de tejidos vegetales y con el objetivo de su análisis químico.
- Fin de la versión en español—
- *—
- Pastorini, L. H., M. A. Bacarin, e C. M. Abreu, 2002. Secagem de material vegetal em forno de microondas para determinação de matéria seca e análises químicas. *Ciência Agrotecnol.* 26: 1252-1258.
- Prado, R. M. 2008. *Nutrição de Plantas.* São Paulo: Editora UNESP. 407 p.
- Raij, B. van, e H. Cantarella, 1997. Outras culturas industriais; *In: Raij, B. van., H. Cantarella, J. A. Quaggio e A. M. C. Furlani (eds). Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo,* Campinas: Instituto Agronômico de Campinas. p. 233-236.
- Rocha, L. C. M., R. M. Prado, J. L. C. S. Dias, e D. S. T. Vieira, 2011. Métodos de secagem de amostras de folhas de acerola, cana-de-açúcar e citros na determinação da massa seca e nos teores de macronutrientes. *Comunicata Scientiae* 2: 177-180.
- Silva, A. L. P., R. M. Prado, G. S. Silva, M. S. Bianco, e M. A. Pancelli, 2011. Influência dos métodos de secagem de amostras de folhas de capim braquiária, cana-de-açúcar e goiabeira nos teores de macronutrientes. *Colloquium Agrariae* 7: 38-43.
- Undersander, D. R. Mertens, and N. Thiex, 1993. *Forage Analysis Procedures.* The National Forage Testing Association, Omaha, USA. 153 p.