

## EFFECTO DE LA FERTIRRIGACIÓN CON N Y K EN EL CRECIMIENTO DE LA PALMA DE COCO ENANO VERDE DE JIQUI

Sammy S. R. Matias<sup>1</sup>, Boanerges F. Aquino<sup>2</sup>, José A. D. Freitas<sup>3</sup> y Jesús H. Camacho-Tamayo<sup>4</sup>

### RESUMEN

El cultivo de la palma de coco enano fertirrigada ha aumentado en los últimos años en el Brasil. El trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia de las dosis de N y K, aplicados por medio de fertirrigación, sobre el crecimiento vegetativo de la palma, de tres años de edad, cultivada en la zona costera del estado de Ceará, caracterizada por su clima tropical lluvioso. El experimento fue realizado en un suelo arenoso utilizando la variedad enano verde de Jiqui. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con diez tratamientos que incluían cinco dosis de nitrógeno y cinco de potasio, de acuerdo con el modelo de la matriz experimental Plan Puebla III. Las aplicaciones de nitrógeno y potasio vía fertirrigación influenciaron significativamente las variables de altura, perímetro del tronco, número de hojas y número de folíolos de la palma.

**Palabra clave adicionales:** Nutrición mineral, crecimiento vegetativo, *Cocos nucifera*

### ABSTRACT

#### **Fertigation effect with N and K on the growth of coconut cv. dwarf-green from Jiqui**

The coconut palm crop has increased with the use of the fertigation technique in Brazil in the last years. The objective of this work was to evaluate the influence of N and K rates via fertigation, on vegetative growth of three year old palms, cultivated in the littoral region of the Ceará State, Brazil, with tropical rainy climate. The study was conducted in a sandy soil using the variety of green dwarfed Jiqui coconut palm. The experimental design was a randomized complete block, with 10 treatments, including five nitrogen and five of potassium rates, according to the model of the experimental matrix Plan Puebla III. The nitrogen and potassium applications via fertigation influenced significantly the plant height, stem perimeter, and the number of leaves and folioles.

**Additional key words:** Mineral nutrition, vegetative growth, *Cocos nucifera*

### INTRODUCCIÓN

Actualmente Brasil es el mayor productor de coco enano (*Cocos nucifera* L.) del mundo, con gran potencial de crecimiento dado que hay plantaciones que están iniciando su etapa de producción (Porto, 2001).

Según Malavolta et al. (1974) la palma de coco necesita grandes cantidades de nutrientes para la formación de frutos, raíces y engrosamiento del tronco. De estos nutrientes, el potasio y el nitrógeno son extraídos del suelo en mayores cantidades (Ouriver, 1984).

Sobral y Leal (1999) mencionan que los productores de coco enano tienen grandes perjuicios como consecuencia de la aplicación de recomendaciones inadecuadas de fertilización.

De acuerdo con Passos (1997) las modificaciones en el ambiente, principalmente lo relacionado con las cantidades insuficientes de nutrientes y agua inducen alteraciones en el perímetro del tronco de la planta. La altura, el número de hojas y de folíolos dependen de las condiciones ecológicas y de la edad de la palma, observándose un crecimiento más rápido en los primeros años de desarrollo y una disminución en

Recibido: Noviembre 22, 2007

Aceptado: Julio 25, 2008

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV)/Universidade Estadual Paulista (UNESP). CEP 14870-900. Jaboticabal-SP. e-mail: ymmsa2001@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Departamento de Solos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará. e-mail: aquino@ufc.br

<sup>3</sup> Embrapa Agroindústria Tropical. CP 3761, CEP 60.511-110, Fortaleza, CE. e-mail: ari@cnpat.embrapa.br

<sup>4</sup> Programa de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. e-mail: jhcamachot@unal.edu.co

la etapa adulta (Child, 1974).

Un estudio realizado por Sobral y Santos (1987) mostró que la gran mayoría de las plantaciones de palma de coco de la región costera entre los estados de Bahía y Ceará (Brasil) presentaron deficiencia de N, con concentraciones foliares menores de 1,8 %, lo que probablemente se debe a las condiciones edafoclimáticas desfavorables de la región que causan una disminución de la materia orgánica en el suelo.

De acuerdo con Manciot et al. (1980) las causas de deficiencia de potasio en el suelo son generalmente de orden pedológica, dado que algunos suelos no poseen las cantidades de K que el cultivo de coco necesita, e incluso en regiones donde el contenido de K es alto (superior a 75 mg·kg<sup>-1</sup>) éste puede disminuir por el continuo proceso de extracción de los cultivos.

Irho (1992) estudiando el efecto de K y N en el crecimiento y desarrollo de la palma de coco en áreas costeras de suelos arenosos, confirmó la incidencia altamente significativa de este nutriente en el crecimiento de la planta, alertando también que los disturbios causados por la carencia de potasio en los primeros años de crecimiento son irreversibles.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia de las dosis de N y K, aplicados mediante fertirrigación, sobre la altura, perímetro del tronco, número de hojas y número de folíolos de la palma de coco enano de tres años de edad, tiempo en el cual se inicia la producción de coco, cultivado en un suelo de la región costera del estado de Ceará, Brasil.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en una plantación comercial de coco enano establecida por EMBRAPA Agroindustria Tropical, localizada a 3° 17' S y una altitud de 30 msnm durante los meses de enero y diciembre de 2002 en el municipio de Paracuru, Ceará, Brasil.

La palma de coco utilizada en el experimento fue la variedad enano verde de Jiqui, proveniente del banco de germoplasma de la Estación de Jiqui, perteneciente a la Empresa EMPARN. Las palmas fueron transplantadas en enero de 2000 con una distancia de 7,0 m entre palmas y de 9,5 m entre surcos, totalizando 342 plantas en la zona experimental, de las cuales 102 sirvieron como

borduras, siendo utilizadas seis plantas por unidad experimental.

El suelo del área experimental es arenoso y profundo (Cuadro 1). La región presenta un clima tropical lluvioso de acuerdo a la clasificación de Koppen (Tubelis y Nascimento, 1980).

**Cuadro 1.** Atributos físicos y químicos del suelo a dos profundidades

Atributo	Profundidad (cm)	
	0 - 20	20 - 40
Arena (g·kg <sup>-1</sup> )	940	948
Limo (g·kg <sup>-1</sup> )	25	19
Arcilla (g·kg <sup>-1</sup> )	33	33
pH en CaCl <sub>2</sub>	5,3	5,1
M.O. (g·dm <sup>-3</sup> )	6,04	2,74
P (mg·dm <sup>-3</sup> )	5,97	5
K <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	0,7	0,75
Ca <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	14,6	8,58
Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	1,97	1,41
CTC (mmol <sub>c</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	37,67	29,74
V (%)	60,18	56,29
Cu (mg·dm <sup>-3</sup> )	0,13	0,11
Fe (mg·dm <sup>-3</sup> )	13,22	14,04
Mn (mg·dm <sup>-3</sup> )	4,22	2,00
Zn (mg·dm <sup>-3</sup> )	1,63	0,53

Fuente: EMBRAPA (1999)

Los tratamientos evaluados fueron cinco dosis de nitrógeno combinadas con cinco dosis de potasio (10 tratamientos identificados del T1 al T10), de acuerdo con el modelo de la matriz experimental Plan Puebla III modificado por Leite (1984); éste presenta un esquema factorial 2<sup>k</sup>+2k+1+1 (siendo k el número de factores estudiados) donde se definió un intervalo para N (0,09 a 1,71 kg·planta<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>) y K<sub>2</sub>O (0,12 a 2,28 kg·planta<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>).

Los tratamientos fueron establecidos dentro de los espacios experimentales de cada factor como -0,9 y 0,9 (Leite, 1984). El límite superior correspondió a la dosis mínima en la cual se tiene respuesta del cultivo y el límite inferior fue la dosis mínima de interés comercial. Existió un nivel central (0) que definió la dosis media entre los límites y las dosis restantes en función de los niveles establecidos (±0,4 y ±0,9).

Las palmas tenían tres años de edad, siendo el tratamiento T9 aquel con la dosis de referencia utilizado como base para obtención de las otras dosis y que representó la dosis mas aconsejable

para este cultivo (Cuadro 2). El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones, para un total de 40 unidades experimentales y seis plantas por unidad experimental. Las dosis de N y K fueron divididas en parcelas iguales y aplicadas semanalmente bajo irrigación en las formas de urea (45 % de N) y cloruro de potasio (60 % de KCl).

**Cuadro 2.** Niveles de la matriz y dosis de N y K<sub>2</sub>O para el tercer año de establecida la planta, calculados de acuerdo con el Plan Puebla III modificado por Leite (1984)

Tratamiento	Niveles		Dosis (kg·planta <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup> )	
	N	K <sub>2</sub> O	N	K <sub>2</sub> O
T1	-0,4	-0,4	0,54	0,72
T2	-0,4	0,4	0,54	1,68
T3	0,4	-0,4	1,26	0,72
T4	0,4	0,4	1,26	1,68
T5	-0,9	-0,4	0,09	0,72
T6	0,9	0,4	1,71	1,68
T7	-0,4	-0,9	0,54	0,12
T8	0,4	0,9	1,26	2,28
T9	0	0	0,90	1,20
T10	-0,9	-0,9	0,09	0,12

Para el riego se utilizaron microaspersores de 50 L·h<sup>-1</sup> y radio de alcance de 3 m con un emisor por palma instalado a 20 cm del tronco. Las láminas y el momento de riego fueron ajustadas y estimadas semanalmente con base en los requerimientos de agua de esta variedad (Miranda et al., 1999), así como por la evaporación de una tina tipo A y un potencial de humedad del suelo de 20 kPa registrado mediante tensiómetros de mercurio instalados a 20, 40 y 60 cm de profundidad. Para cada tratamiento hubo una línea de distribución de agua, con un punto de inyección de fertilizantes en uno de los extremos. La inyección de la solución de fertilizante fue realizada por una bomba de inyección de accionamiento hidráulico con capacidad para 50 L·h<sup>-1</sup> (modelo TMB WP-10).

Cada tres meses y para cada una de las seis palmas de la parcela experimental se evaluaron las siguientes variables: altura de la palma (desde la base de la planta hasta la hoja más alta), circunferencia del tronco a 5 cm del suelo, número de hojas (considerando verdes y adultas con más del 50% de la hoja abierta), número de

foliolos en la hoja 3 (desde la tercera hoja completamente abierta a partir del ápice de la planta).

Se realizaron análisis de regresión y se obtuvieron superficies de respuesta a través del programa SAS con el objeto de realizar ajustes entre las cantidades de fertilizantes aplicadas y las características estudiadas. La existencia de una curvatura en la superficie permitió la localización de un punto óptimo (máximo o mínimo) dentro de la región experimental en estudio. Ante la no existencia de un punto óptimo, se acudió al criterio del punto de inflexión identificando así una superficie donde se presenta el cambio de concavidad. De manera semejante a los modelos de regresión, el modelo fue evaluado mediante análisis de varianza, utilizando la prueba de F-Snedecor y la significancia de los términos del modelo polinomial mediante la prueba t-Student.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hubo efecto significativo ( $P \leq 0,01$ ) de las dosis de N y K sobre la altura de la palma, siendo la ecuación del modelo cuadrático la que presentó mejor ajuste (Figura 1). Los resultados variaron entre 4,4 y 5,2 m, donde los mayores valores se presentaron con 1,26 kg de N y 0,72 kg de K planta<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup> (T3). Según Ouriver (1984), las cantidades de nutrientes extraídos por la palma de coco son altas en virtud del crecimiento continuo. Child (1974) describe que el crecimiento de la palma de coco, en términos de altura, está en la dependencia de las condiciones edafoclimáticas así como de la edad, observado un crecimiento más rápido en las primeras fases de desarrollo.

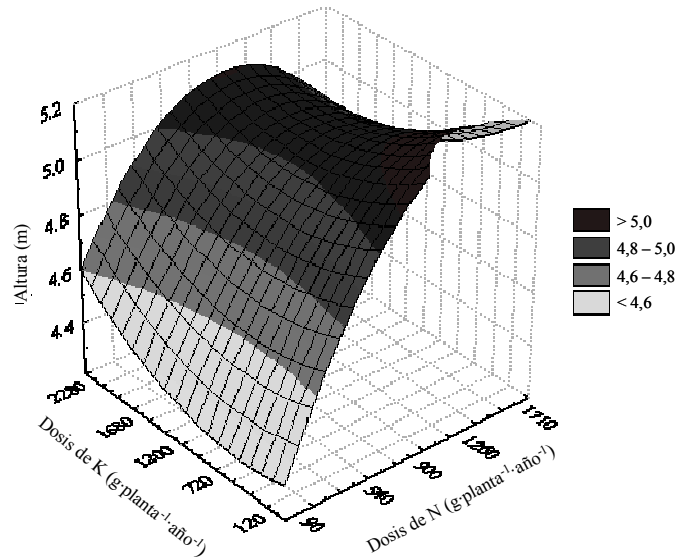
Con relación al perímetro del tronco, éste mostró un aumento por efecto de las dosis de N (Figura 2), siendo el efecto menos pronunciado en relación a las dosis de K. Esto puede ser constatado al observar la mayor curvatura descendente de la línea relacionada con las dosis de N.

El mejor ajuste se presentó con una ecuación del modelo cuadrático ( $P \leq 0,05$ ). No se detectó efecto interactivo entre N y K (Figura 2), identificándose un punto de mayor eficiencia con dosis de 1,01 kg de N y 1,53 kg de K planta<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>; lo que correspondió a un valor de 102,12 cm de perímetro del tronco. Los valores

presentaron una oscilación entre 98 y 103 cm, siendo el tratamiento con dosis de 1,26 kg de N y 1,68 kg de K planta<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup> (T4) el que más se aproximó al valor ideal. Los valores del perímetro

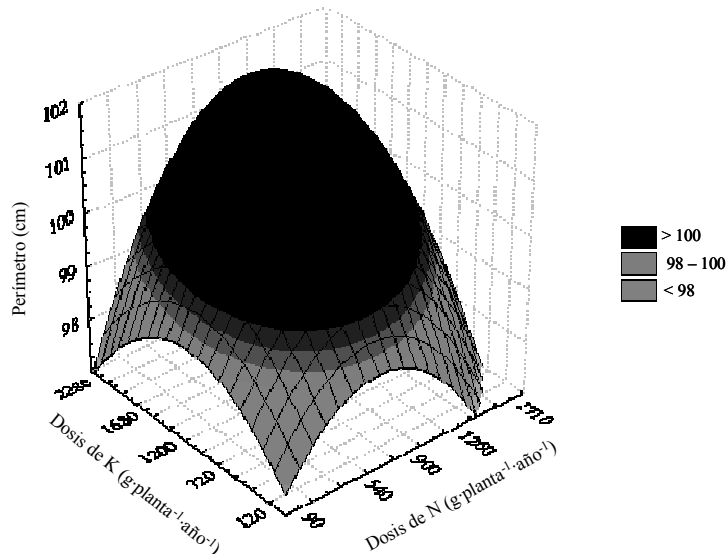
medio encontrado en este trabajo se ubican entre los rangos reportados por Ouriver (1984), quien señaló un perímetro medio de 115 cm a los 36 meses de edad de la palma.

$$\hat{Y} = 4,3308 + 0,0013 (N) - 9,4125E-5 (K_2O) - 4,5713E-7 (N^2) - 1,5214E-7 (N \cdot K_2O) + 8,6081E-8 (K_2O^2)$$



**Figura 1.** Superficie de respuesta de la altura (m) de la palma de coco enano de Jiqui, con tres años de edad en función de dosis de nitrógeno y potasio.  $R^2 = 0,99$ ;  $P \leq 0,01$

$$\hat{Y} = 97,3798 + 0,004 (N) + 0,0025 (K_2O) - 3,087E-6 (N^2) + 1,3516E-6 (N \cdot K_2O) - 1,13681E-6 (K_2O^2)$$



**Figura 2.** Superficie de respuesta del perímetro del tronco (cm) de la palma de coco enano de Jiqui, con tres años de edad en función de dosis de nitrógeno y potasio.  $R^2 = 0,97$ ;  $P \leq 0,05$

Según Child (1974) como consecuencia de condiciones desfavorables como sequía y mala

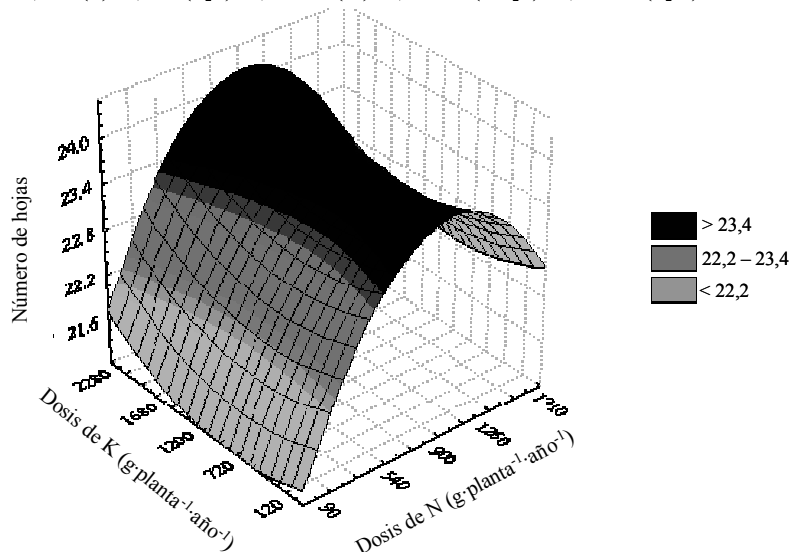
nutrición, la palma de coco tiene una gran variación en el perímetro del tronco. De acuerdo

con Ramos et al. (2004), el coco enano verde de Jiqui es el que mejor se adapta a las condiciones limitantes anteriormente citadas.

Con relación al número de hojas hubo un efecto significativo de las dosis aplicadas ( $P \leq 0,01$ ), siendo el modelo cuadrático el que mejor se ajustó para las dosis de N y K (Figura 3), revelando una menor influencia del K en el comportamiento de esta variable vegetativa. En

relación a las dosis de N, ésta presentó una mayor influencia en el número de hojas, lo que se constata al observar la superficie de respuesta con respecto a las dosis aplicadas (Figura 3). No fue posible determinar un máximo de eficiencia de las dosis aplicadas de la interacción N y K, pero en el caso del N se observó que la dosis de 1,26  $\text{kg}\cdot\text{planta}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  fue la que más favoreció la formación de hojas.

$$\hat{Y} = 21,2031 + 0,0049 (N) - 0,0005 (K_2O) - 2,3019E-6 (N^2) - 6,8161E-8 (N\cdot K_2O) + 3,0242E-7 (K_2O^2)$$



**Figura 3.** Superficie de respuesta del número de hojas de la palma de coco enano de Jiqui, con tres años de edad en función de dosis de nitrógeno y potasio.  $R^2 = 0,99$ ;  $P \leq 0,01$

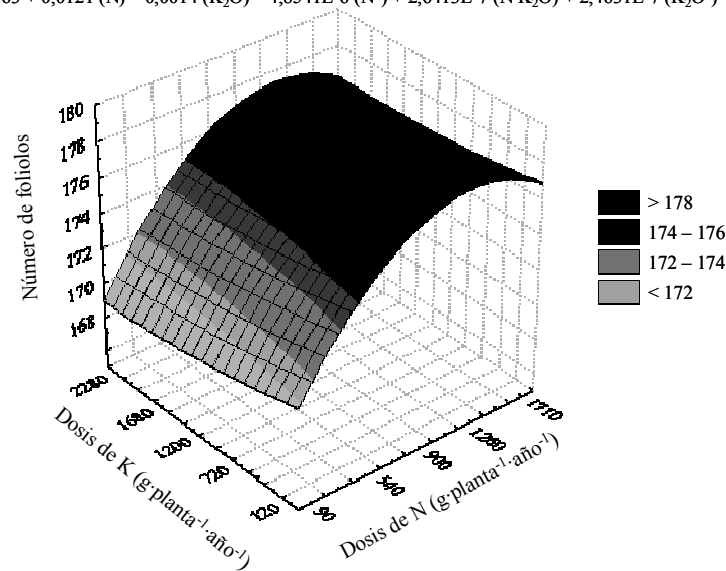
Los valores medios de 22,91 hojas observados en todos los tratamientos fueron mayores a los reportados por Carvalho-Marcilio et al. (2001) quien estudió la palma de coco enano a los 26 meses de edad y menores a la media de 25 a 30 hojas por palma encontrada por Child (1974). La oscilación obtenida en el presente estudio fue de 20 a 23 hojas por palma. De acuerdo con Passos (1997) estas variaciones se dan en virtud de la diferencia de niveles de fertilización asociados a condiciones ambientales inadecuadas, haciendo que haya una reducción en el número de hojas por planta, como consecuencia de la reducción del ritmo de emisión de las hojas y al menor tiempo de vida de las mismas. Fremond et al. (1975) señalan que condiciones ambientales desfavorables conllevan a la reducción del ritmo de emisión foliar.

De acuerdo con Miguel-Neto (2005) y Hömheld (2005) el potasio no está asociado

con el aumento del vigor vegetativo del cultivo, pudiendo actuar como regulador de crecimiento y en la calidad de los frutos, siendo inhibido cuando la disponibilidad de nitrógeno es alta.

En relación al número de folíolos por planta, los tratamientos de N y K produjeron efectos disímiles. Como se observa en la Figura 4, hubo un aumento ligeramente lineal de la variable con relación a las dosis de potasio, siendo más evidente con las dosis de nitrógeno evaluadas. Los efectos de las fertilizaciones NK se ajustaron mejor a ecuaciones del modelo cuadrático ( $P \leq 0,01$ ). Los valores variaron entre 170 y 178 número de folíolos, siendo los mayores valores obtenidos con dosis de 0,90 kg de N y 1,20 kg de K  $\text{planta}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ . La media de 175,17 folíolos por planta es similar al valor reportado por Carvalho-Marcilio et al. (2001) quienes estudiaron híbridos de coco de 26 meses de edad.

$$\hat{Y} = 170,7763 + 0,0121 (N) - 0,0014 (K_2O) - 4,8541E-6 (N^2) + 2,6413E-7 (N \cdot K_2O) + 2,4631E-7 (K_2O^2)$$



**Figura 4.** Superficie de respuesta del número de folíolos de la palma de coco enano de Jiqui, con tres años de edad en función de dosis de nitrógeno y potasio.  $R^2 = 0,99$ ;  $P \leq 0,01$

## CONCLUSIONES

La aplicación de nitrógeno y potasio vía fertirrigación influyó significativamente el comportamiento vegetativo de la palma de coco.

Las dosis de 1,26 kg de N y 1,68 kg de K planta<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup> presentaron las mayores medias para altura de planta, mientras que el número de folíolos fue favorecido por dosis ligeramente inferiores de N y superiores de K.

El número de hojas no fue afectado por las dosis de K.

El perímetro del tronco de la palma de coco fue la única variable analizada que alcanzó mayor media con dosis de 1,01 kg de N y 1,53 kg de K planta<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>.

## LITERATURA CITADA

- Carvalho-Marcilio, H. de, H.N. Gaiva, J.G. de Abreu, W.M. Aragão y J.C. Freschi. 2001. Avaliação de caracteres vegetativos de híbridos de coco (*Cocos nucifera* L.) na região não pantanosa do município de Poconé, MT. Rev. Bras. Frutic. 23(2): 437-440.
- Child, R. 1974. Coconut. Longman. London.
- EMBRAPA. 1999. Sistema de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 412 p.
- Fremond, Y., R. Ziller y M.N. Lamothe. 1975. El Cocotero. Colección Agricultura Tropical Blume. Barcelona.
- Hömheld, V. 2005. Efeitos do potássio nos processos da rizosfera e na resistencia das plantas às doenças. In: Yamada y Roberts (eds.). Potássio na agricultura brasileira. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba. pp. 301-319.
- Irho. 1992. Coconut: water supply and drought tolerance. Oléagineux 47(6): 334-337.
- Leite, R.A. 1984. Uso de matrizes experimentais e de modelos estatísticos no estudo de equilíbrio fósforo-enxofre na cultura da soja em amostras de dois Latossuelos de Minas Gerais. Viçosa. Tese MS - Universidade Federal de Viçosa. 87 p.
- Malavolta, E., H.P. Haag, F.A.F. Meloo y M.O. Brasil Sobrinho. 1974. Nutrición Mineral y Fertilización de Plantas Cultivadas. Pioneira.

- São Paulo. pp. 668-685.
9. Manciot, R., M. Ollagnier y R. Ochs. 1980. Nutrición mineral y fertilización del cocotero en el mundo. *Oleagineux* 35(1): 13-27.
  10. Miguel-Neto, F. 2005. Doses de N e K aplicadas via fertirrigación na cultura do coco (*Cocos nucifera* L.) anão. Tesis. Escola Superior de Agricultura Luiz de Quieroz. Piracicaba. 119 p.
  11. Miranda, F.R., V.H. Oliveira y A.A.T. Montenegro. 1999. Desenvolvimento e precocidade de produção do coqueiro anão (*Cocos nucifera* L.) sob diferentes regimes de irrigação. *Agrotropica* 11(2): 71-76.
  12. Ouriver, M. 1984. Exportation par la récolte du cocotier PB-121 en fonction de la fumure potassique et magnésienne. *Oleagineux* 39(5): 263-271.
  13. Passos, E.E.M. 1997. Ecofisiologia do coco. In: J.M.S. Ferreira, D.R.N. Warwick y L.A. Siqueira (eds.). *A Cultura do Coco no Brasil*. EMBRAPA, Serviço de Produção de Informação-SPI. Aracaju. pp. 65-72.
  14. Porto, F. 2001. Cenário da produção e comercialização do coco no Brasil e no Nordeste. Seminário Situação Atual e Perspectiva do Agronegócio do Coco, Fortaleza. Anais. Banco do Nordeste. Fortaleza. pp. 24-30.
  15. Ramos, V.H.V., A.C. de Q. Pinto, W.M. Aragão, A.C. Gomes, N.T.V. Junqueira, E. Lobato y M.A.S. Oliveira. 2004. Comportamento de cultivares de coco anão e híbridos no Distrito Federal. *Rev. Bras. Frutic.* 26(2): 363-365.
  16. Sobral, L.F. y M.L.S. Leal. 1999. Resposta do coqueiro à adubação com uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio em dois solos do Nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Cienc. Solo* 23:85-89.
  17. Sobral, L.F. y Z.G. Santos. 1987. Sistema de recomendação de fertilizantes para o coco (*Cocos nucifera* L.) com base na análise foliar. EMBRAPA, Departamento de Difusão de Tecnologia. Brasília. 23 p.
  18. Tubelis, A. y F.J.L. Nascimento. 1980. *Meteorologia Descritiva*. Edit. Nobel, São Paulo.