

El diagnóstico de la nutrición potásica: la experiencia de Indupalma Ltda.*

The Diagnosis of Potassium Nutrition: Experience of Indupalma Ltda.

Cómo citar este artículo:

Dubos, B., Alarcón, W. H., Chaves, G. & Rubio, J. D. (2013, Septiembre 30). El diagnóstico de la nutrición potásica: la experiencia de Indupalma Ltda. *Palmas*, 34(3), 21-27.

Autores	
Bernard Dubos CIRAD, UPR Systèmes de pérennes, F-34398 Montpellier, Francia bernard.dubos@cirad.fr	
Wilmar Hernán Alarcón Indupalma Ltda. Calle 67 No 7-94, Bogotá, Colombia walarcon@indupalma.com	
Gabriel Chaves Indupalma Ltda. gchaves@indupalma.com	
José David Rubio Gómez Indupalma Ltda. jrubio@indupalma.com	
Palabras CLAVE	
Fertilización, absorción de nutrientes, análisis foliares, raquis, reservas.	
Fertilization, nutrient uptake, leaf analysis, rachis, stock.	
Recibido: septiembre 9 de 2013 Aprobado: septiembre 15 de 2013	



Resumen

Durante más de 30 años, varios autores han señalado la ausencia de respuestas o respuestas negativas de la absorción del potasio a la fertilización con cloruro de potasio (KCl). Esta situación generalmente se observa en suelos cuyos contenidos de calcio intercambiable son altos en relación con la CIC total, lo que ocurre en la mayoría de los suelos donde Indupalma tiene sus cultivos aledaños al municipio de San Alberto (Cesar). En las diferentes investigaciones realizadas desde los años 60 se concluyó que el fenómeno se relacionaba con una deficiencia nativa de cloro y que al corregirla con cloruros se inducía una absorción simultánea de potasio, calcio y magnesio en el estípite, los peciolos y el raquis de las hojas. Solamente en los folíolos, el potasio presentaba dificultades para incrementarse. A partir de 2009 se estudiaron las respuestas del contenido de potasio en el raquis de las hojas dentro de un ensayo factorial; se evidenció que los contenidos tendían a aumentar con la aplicación de KCl. De acuerdo con estos resultados se decidió continuar con los controles periódicos de los contenidos de raquis para diagnosticar el estado nutricional del potasio en las parcelas industriales. Apoyándose sobre los datos referenciados en la literatura, en condiciones similares en Indonesia, y utilizando los propios resultados experimentales, Indupalma utiliza ahora como referencia un contenido mínimo de 1 % en el raquis para el control de la nutrición potásica en sus parcelas industriales.

* Artículo de investigación científica y tecnológica.

Abstract

Over the last 30 years, some authors have reported no response or negative responses of K uptake to KCl fertilizer application. This situation is usually observed in soils whose exchangeable calcium content is very high in proportion to total exchangeable cations, a kind of soil common in the plantation of Indupalma Ltda. near San Alberto (Cesar). Since 1960, results from fertilizer trials carried out in the plantation led to the conclusion that negative responses were linked to the native chlorine deficiency; correcting the deficiency with chloride increased the uptake of potassium, calcium and magnesium, whose contents increased in the trunk, petiole and rachis of the fronds. Only K leaflet content did not respond to fertilizer. Since 2009, measurements of rachis K content in a factorial fertilizer trial confirmed a positive trend with KCl applications. On the basis of these preliminary results, periodic rachis sampling was undertaken to monitor K nutrient status in commercial blocks. According to figures presented by various authors and to its own research results, Indupalma is now considering that a minimum K content of 1 % DM in the rachis is suitable to guarantee acceptable K nutrition.



Introducción

El potasio es un elemento sumamente importante en el cultivo de la palma según las cantidades absorbidas anualmente comparado con la producción de racimos. Estudios de la composición de los racimos de fruta fresca (RFF) indican que el contenido de K varía entre 3,7 kg/t (Ng *et al.*, 1968) y 4,3 kg/t de RFF (Patrick Ng *et al.*, 1999) o sea que rendimientos anuales de 20 a 30 toneladas de RFF por hectárea corresponden a exportaciones de 80 a 120 kg de K.

El manejo de la fertilización potásica se apoya principalmente en la interpretación de los contenidos foliares desde que los principios del diagnóstico foliar fueron desarrollados a partir de 1960. La obtención experimental de curvas de respuestas de los rendimientos y de los contenidos foliares a las dosis de abonos (Caliman *et al.*, 1994) permite determinar los niveles óptimos de K en función de las condiciones locales de clima y suelos.

En Indonesia, varios autores (Ollagnier, 1981, Foster y Prabowo Noto, 1996) han reportado dificultades para mejorar contenidos deficientes de K en los folíolos y otros como Guiking (1984), Breure y Rosenquist (1977), en Papúa Nueva Guinea, han observado caídas significativas de los contenidos al fertilizar las palmas con KCl. En esas plantaciones, la interpretación del contenido foliar en K no puede referirse a curvas de respuesta.

En Colombia, Sepúlveda y Dubos (2007), han encontrado la misma dificultad para determinar un contenido óptimo de K en la mayoría de los suelos de la plantación de Indupalma. A raíz de esta conclusión, las investigaciones fueron orientadas hacia una mayor comprensión de la absorción de los elementos y la búsqueda de herramientas de sustitución para el diagnóstico de la nutrición potásica. El propósito de este artículo es presentar una síntesis



de los resultados adquiridos a la fecha y los avances en el uso del raquis como indicador de la nutrición potásica.

Materiales y métodos

Las plantaciones de la empresa Indupalma, ubicadas entre 7° 36' 45" y 7° 47' 42" de latitud Norte y entre 73° 23' 33" y 73° 34' 48" de longitud Oeste, cubren 8.600 hectáreas de palmares sembrados desde los años 60, en las terrazas aluviales del río Magdalena. Los suelos se clasifican principalmente en las clases inceptisol, molisol y entisol (según *USDA soil taxonomy*). La pluviometría anual alcanza 2.550 mm y un brillo solar de 2.133 horas al año.

Desde 1963, Indupalma siempre ha tenido ensayos de tipo factorial o dispositivos en bloques de Fischer para estudiar el papel de los elementos mayores en la producción de racimos. La Tabla 1 muestra el resumen de las características de los diferentes ensayos y las diversas respuestas obtenidas entre el contenido foliar de K y las dosis crecientes de KCl o de NaCl. De las cinco pruebas, únicamente el ensayo SACP09 dio una respuesta significativa del contenido de K foliar con la aplicación de KCl, mientras que en los demás ensayos el contenido disminuyó significativamente con la aplicación de KCl y, de igual manera, con la aplicación de NaCl en los ensayos que estudiaron este fertilizante.

Tabla 1: características de las pruebas principales en Indupalma.

Ensayo-cultivo	Periodo ⁽¹⁾	Diseño ⁽²⁾	Abonos ⁽³⁾	Dosis extremas	Respuesta K ⁽⁴⁾
SACP01-1963	1963-1989	N3 K3 Mg3	KCl	0 - 10 kg/palma	-
SACP06B-1979	1986-2002	N3 P3 K3	KCl	0 - 4,5 kg/palma	-
SACP09-1978	1987-2000	P4 K4 N2	KCl	0 - 3,6 kg/palma	+
SAES49-1970	1971-1982	Fisher Testigo KCl NaCl	KCl	0 - 2 kg/palma	-
			NaCl	0 - 1,6 kg/palma	-
SACP10-1996	2000-2011	Factorial N3 A3 Cl3	KCl	0 - 4,2 kg/palma	-
			NaCl	0 - 3,5 kg/palma	-

(1) Duración de la prueba; (2) N: nitrógeno, P: fósforo, K: potasio, Mg: magnesio, Cl: Cloro y A: tipo de abono; (3) fertilizantes KCl o NaCl aplicados con dosis variables; (4) Respuesta del K foliar (+: Positiva, -: Negativa)

En 2007 se implementó un trabajo de investigación a partir del ensayo SACP10 (Dubos *et al.*, 2011), con el fin de explorar en diferentes

órganos de la palma los contenidos de K, Ca, Mg y Cl, según tres tratamientos contrastados (Tabla 2).

Tabla 2: características de la prueba utilizada para el balance de los elementos K, Ca, Mg y Cl.

Dispositivo	Bloque de Fischer con 3 repeticiones	Variables
Tratamientos	T0 (Testigo sin cloro), T KCl (4,2 kg KCl/palma) y T NaCl (3,5 kg NaCl/palma)	
Análisis de tejidos	Raíces, tronco, peciolo, raquis, folíolos y racimos.	K, Ca, Mg y Cl en % M.S.
Análisis de suelos	Zona fertilizada	CIC, K, Ca, Mg, Na en cmol kg ⁻¹
Observaciones adicionales	Biomasa de las hojas, altura de las palmas	

A partir de 2009 y hasta 2011, en el SACP10 se analizaron anualmente muestras de raquis de las hojas del nivel 17 para estudiar las respuestas de los contenidos de K a las aplicaciones de KCl o de NaCl.

Resultados y Discusión

Importancia del cloro y del calcio

Sepúlveda y Dubos (2007) relacionaron las respuestas negativas del K foliar a ciertas características del suelo como una alta concentración de calcio, que lleva a una saturación de la capacidad de intercambio de cationes por Ca. Esos suelos son los más representativos en la plantación de Indupalma. Se concluyó que en la mayoría de los casos se observó una respuesta totalmente diferente a la que se esperaba al fertilizar con KCl. La Figura 1 representa un caso típico de las variaciones de K y Ca en los folíolos.

Guiking (1984), Breure y Rosenquist (1977) también mencionaron la predominancia del calcio en los suelos volcánicos donde encontraron respuestas negativas del potasio al KCl.

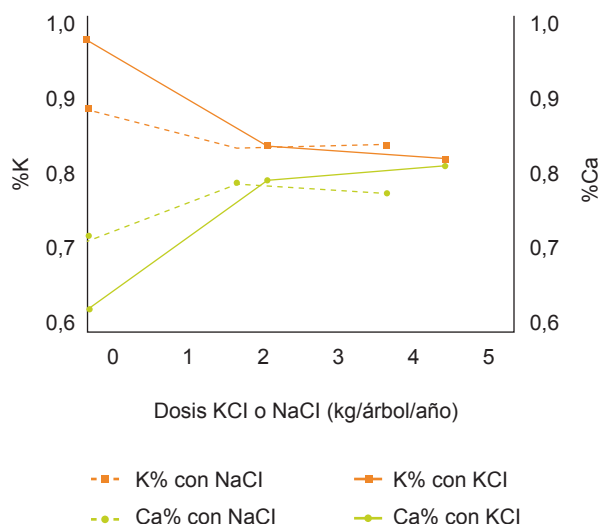


Figura 1. SACP10 2009-2011. El aporte de KCl o NaCl tiene un efecto significativamente negativo en los contenidos de K y positivo en los contenidos de Ca, haciendo concluir un antagonismo entre K y Ca en los folíolos.

En el estudio que implementaron Dubos *et al.*, 2011, pudieron demostrar una alta deficiencia en el cloro nativo que se suele encontrar en el valle del Magdalena. La absorción de Cl tiene que ser compensada por una absorción de cationes de los cuales el calcio, por su abundancia, crece significativamente en casi todos los tejidos (Figura 2).

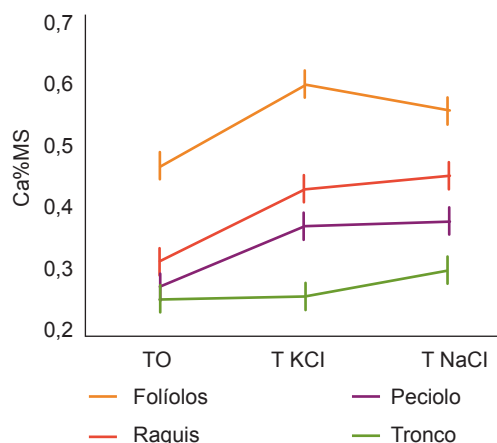


Figura 2. Contenidos de calcio (Ca % MS) en las partes aéreas: T0 es significativamente más bajo que TKCl y TNaCl todos los tejidos con excepción del tronco.

Adicional a esto, se observó que en el tronco, los raquis y los pecíolos de la hoja, los contenidos de K aumentaron con la aplicación de cloro y que el comportamiento de los folíolos no representa la tendencia que se puede observar en el resto de las partes aéreas vegetativas (Figura 3).

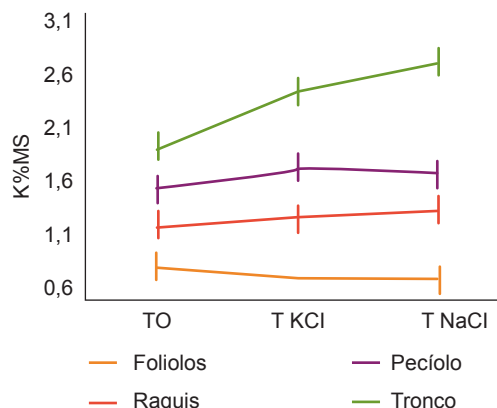


Figura 3. Contenidos de potasio (K % MS) en las partes aéreas: T0 es significativamente más alto solo en los folíolos.



Los contenidos de Mg también tendieron a crecer con el KCl o el NaCl en las partes aéreas a veces con diferencias significativas (Figura 4).

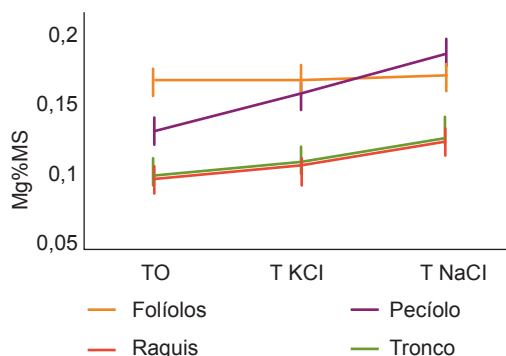


Figura 4. Contenidos de magnesio (Mg % MS) en las partes aéreas: T0 es significativamente más bajo que TNaCl en el raquis y el pecíolo.

De acuerdo con lo anterior, los autores concluyeron que hay una fuerte sinergia entre la absorción del cloro, elemento deficiente en todos los tejidos del testigo y la absorción de los cationes de manera general.

Reservas minerales de las partes aéreas

Las masas de Cl y de los cationes fueron calculadas a partir de estimaciones de las masas secas de las diferentes partes de las hojas y a partir de un valor fijo para el tronco (Dubos *et al.*, 2011). La Tabla 3 proporciona las estimaciones de mineral o-masas en pie para el cultivo a los 11 años.

Tabla 3. Absorción de elementos (kg/palma) en el tronco y la corona. La biomasa del tronco fue estimada a 150 kg/palma cual sea el tratamiento. Por esta razón no son mencionados los resultados de ANOVA.

Tratamiento	Elementos				
	K (kg)	Ca (kg)	Mg (kg)	Na (kg)	Cl (kg)
Tronco					
T0	2,97	0,38	0,150	0,184	0,44
T _{KCl}	3,72	0,39	0,164	0,169	1,60
T _{NaCl}	4,10	0,45	0,190	0,275	1,73
Corona (35 hojas)					
T0	1,37	0,39 a	0,145 a	0,022	0,39 a
T _{KCl}	1,46	0,53 b	0,161 b	0,024	1,23 b
T _{NaCl}	1,44	0,51 b	0,174 b	0,041	1,22 b
P-value	0,526	0,008	0,001	0,080	0,002

P-value: resultados significativos resaltados en negrita. Cifras de la misma columna sin letras en común, son estadísticamente diferentes.

Es notable que al considerar las reservas totales aéreas en K, Ca y Mg no se presente ningún antagonismo entre K y Ca o entre K y Mg, ya que las masas totales de elementos mejoran para todos con la aplicación de KCl o de NaCl. Además, fue muy llamativo el papel del estípite en dichas reservas, ya que a partir de los 11 años, estas reservas representan 47 % del total para Ca, 51 % para Mg y 72 % para K; no obstante, la biomasa de la hoja sigue siendo

constante a partir de esta edad. Por lo anterior, la importancia de las reservas del estípite en la reserva potásica continúa creciendo hasta el fin del ciclo.

Análisis de raquis

Los resultados de los análisis de raquis obtenidos entre 2009 y 2011 en el ensayo SACP10, mostraron que los contenidos de K aumentan

con los tratamientos KCl1 y KCl2 en comparación con el tratamiento KCl0 (Figura 5). Esta tendencia es positiva entre las dosis de KCl y los contenidos de K, lo cual nos indica que al tomar muestras de raquis, estas pueden ser utilizadas como tejido de referencia para el diagnóstico de la nutrición potásica en las condiciones de Indupalma.

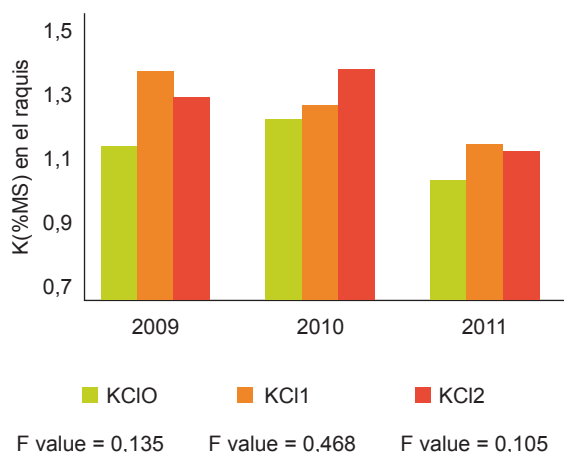


Figura 5. Contenidos de K en los raquis según las dosis de KCl (0-2,1 y 4,2 kg/palma/año). F value resulta del ANOVA del dispositivo con 3 repeticiones.

Primera lectura del diagnóstico de raquis

En 2011, Indupalma empezó a utilizar tejido de raquis como herramienta adicional de diagnóstico del estado nutricional de las parcelas industriales, enfocándose específicamente en el potasio. La interpretación de los resultados de análisis se apoyó en normas evocadas por autores que investigaron este aspecto. En 1987, Teoh y Chew han propuesto un nivel de 1,3 %; como óptimo, en el raquis de rango 17. Más recientemente, Foster *et al.*, (1996) han estudiado la curva de respuesta potencial del rendimiento en relación con el contenido inicial de K en el raquis. Concluyeron que los mejoramientos de producción importantes debían estar en niveles inferiores a 0,80 % y que respuestas despreciables se encontraban a partir de 1 % de K en el raquis.

Los resultados preliminares obtenidos en el ensayo SACP10, en Indupalma, indicaron que el testigo sin KCl alcanzó 1,1 % en promedio, de 2009 a 2011, (Figura 5). Por otra parte, este ensayo nunca ha llegado a la conclusión que el uso de KCl versus el de NaCl para corregir la deficiencia de cloro, inducía una diferencia significativa de productividad, ni siquiera se observó una tendencia. El contenido mínimo que se adoptó como referencia para el raquis en Indupalma es de 1 %, hasta que nuevos resultados permitan precisar aún más estos valores evaluados.

Conclusiones

La respuesta del contenido foliar en K al KCl puede ser afectada por las características de los suelos en los cuales la riqueza de calcio juega un papel importante. Cuando no es posible interpretar correctamente la curva de respuesta y determinar un contenido óptimo de K en los folíolos, el incremento de las aplicaciones para mejorar los contenidos foliares, en los sectores o parcelas que aparentemente son deficientes, pueden llegar a generar un malgasto de fertilizante.

El uso correcto del diagnóstico foliar necesita entonces que se haya verificado que la absorción de los elementos esté bien correlacionada con una variación positiva de los contenidos en los folíolos. Para verificar este requisito, es necesario implementar diseños experimentales para precisar los contenidos que se considerarían como óptimos en condiciones industriales. Sin este proceso, los errores de interpretación pueden tener notables consecuencias financieras, debido al costo que representa en el cultivo la labor de fertilización. En caso que la práctica del diagnóstico foliar resulte inadecuada, otros tejidos como el raquis ofrecen una buena alternativa para un diagnóstico complementario. Por lo anterior, al realizar el análisis de las diferentes investigaciones generadas en Indupalma, a nivel de diagnóstico en las parcelas industriales, se ha adoptado un nivel de referencia de 1 % en el raquis para ajustar la fertilización en KCl.



Agradecimientos

Los autores agradecen a Rubén Darío Lizarralde, Gerente General de Indupalma Ltda., por su apoyo para el desarrollo de las investigaciones y por la confianza manifestada para la publicación de las conclusiones experimentales; y al Ingeniero José Fernando Giraldo por la revisión y corrección del manuscrito.



Referencias

- Breure, C. J.; Rosenquist, E. A. 1977. An oil palm fertilizer experiment on volcanic soils in PNG. *Oléagineux* (France) Vol. 32 (7): 301-310.
- Caliman, J. P. ; Daniel, C.; Tailliez, B. 1994. Oil palm mineral nutrition. *Plantations, Recherche, Développement* (France) No. 3 : 36-54.
- Dubos, B; Alarcón, W. H.; López, J. E. and Ollivier, J. 2011. Potassium uptake and storage in oil palm organs: the role of chlorine and the influence of soil characteristics in the Magdalena valley, Colombia. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. Vol 89 (2): 219-227. DOI: 10.1007/s10705-010-9389-x.
- Foster, H. L.; Prabowo, N. 1996. Variation in potassium fertiliser requirements in Oil Palm in North Sumatra. *Proceedings of 1996 Porim International Palm Oil Congress* (Malaysia). 143-152.
- Guiking F. C. T. 1984. Problems in the uptake of potash by the oil palm (*Elaeis guineensis*) in Papua New Guinea. *International Conference on Soils and Nutrition of Perennial Crops Proceedings Kuala Lumpur* (Malaysia). 13-15 Aug 1985. 435-443.
- Ng, S. K.; Thamboo, S.; De Souza P. 1968. Nutrient contents of oil palms in Malaysia-II. Nutrients in vegetative tissues. *The Malaysian Agricultural Journal* Vol. 46 (3): 332-391.
- Ollagnier M. ; Ochs, R. 1981. Gestion de la nutrition minérale des plantations industrielles de palmier à huile. *Oléagineux* (France) Vol.36: (8/9). 409-421
- Patrick Ng, H. C.; Chew, P. S.; Goh, K. J.; Kee, K. K. 1999. Nutrient requirements and sustainability in mature oil palms-An assessment. *The Planter* (Malaysia) No.75: 331-345
- Sepúlveda, G. A.; Dubos, B. 2007. Importancia de la absorción del potasio, calcio y cloro en el manejo de la fertilización potásica: La experiencia de Indupalma S.A. en la zona de San Alberto. *Palmas* (Colombia) Vol. 28 No. Especial, Tomo 1: 446-448.
- Teoh, K. C.; Chew, P.S. 1987. Use of Rachis analysis as an indicator of K nutrient status in oil palm. In: *Proceedings of 1987 International Oil Palm/Palm Oil Conference I-Agriculture* (H. Abdul Halim *et al.* eds.). PORIM and Incorporated Society of Planters. Kuala Lumpur. 262-271.