

EL POTASIO EN LA PALMA ACEITERA

Ernst W. Mutert*

Introducción

La palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) sobrepasa largamente a otras especies en su habilidad para interceptar energía solar y transformarla en aceite vegetal (Tabla 1). El rendimiento más alto hasta la fecha obtenido en forma comercial se ha reportado en Malasia (1990) con 46 t/ha de racimos de fruta fresca (RFF), equivalentes a 10.6 t/ha de aceite crudo de palma (ACP) de híbridos *Dura x Tenera* (Tabla 3). Con plantas clonadas en el laboratorio, que se espera entren en uso comercial a fines de la década de 1990, el potencial de rendimiento máximo está entre 12 y 16 toneladas de aceite/ha/año durante el período de mayor producción (años 6 al 10 después de la siembra). Al momento, el mejor promedio de rendimiento, basado en el común período de vida económica de la planta (25 a 30 años), es de 5 a 6 t de aceite/ha (Tabla 2). El aceite se obtiene del mesocarpo fresco de la fruta (45-55%) y de la almendra (50%). La tasa de extracción de aceite de un racimo maduro de fruta fresca normalmente es de 20 a 24%.

La producción de aceite de palma se ha duplicado entre 1980 y 1990 (Tabla 4). Al momento, más del 80% del ACP es producido en Malasia e Indonesia. Los países de mayor consumo son: India, Pakistán, China e Indonesia.

La palma aceitera se cultiva en las tierras bajas de los trópicos húmedos (15° N a 15° S) con precipitación de 1800 a 5000 mm/año distribuidos uniformemente. Este cultivo se adapta a un amplio rango de suelos y al pH bajo, pero es sensitivo a pHs altos (>7.5) y a la saturación de agua en el suelo. Esta planta perenne es una de las más productivas y la alternativa menos destructiva de bosques degradados o áreas deforestadas en los trópicos. La palma

Tabla 1. Comparación de los rendimientos récord de varios cultivos.

| Cultivo | Rendimiento (t/ha/año) |
|----------------|------------------------|
| Palma aceitera | 10-12 |
| Girasol | 4-5 |
| Olivo | 3-4 |
| Colza | 3-4 |
| Soya | 2-3 |

Fuente: Corley, R.H.V., 1983, 1985

Tabla 2. Parámetros actuales de producción de varios cultivos.

| Cultivo | Producto | Promedio de Rendimiento (ton/ha) | Período Inmaduro (años) | Vida económica (años) |
|----------------|----------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Palma aceitera | aceite | 5-6 | 2.5 | 25-30 |
| Coco | copra | 2-3 | 2.5-7 | >70 |
| Cacao | grano | 1-1.25 | 1.5 | 30-70 |
| Caucho | látex | 2 | 5 | 25-30 |
| Yuca | almidón | 10 | - | 0.5-2 |

Fuente: Corley, R.H.V., 1983, 1985

Tabla 3. Rendimiento potencial y rendimiento récord de varios cultivos.

| Cultivo | Producción total (ton/ha/año) | Rendimiento potencial de Producción económica (ton/ha/año) | Mejor rendimiento actual (ton/ha/año) |
|----------------|-------------------------------|--|---------------------------------------|
| Palma aceitera | 46 | 17 | 10.6 |
| Coco | 51 | 13 | 6.3 |
| Cacao | 46 | 15 | 5.0 |
| Caucho | 56 | 11 | 6.1 |
| Yuca | 64 | 40 | 2.5 |

Fuente: Corley, R.H.V., 1983, 1985

* Director de la oficina para el Sur Este Asiático del Instituto de la Potasa y el Fósforo. 126 Watten Estate Road, Singapore.

ha demostrado un muy positivo balance anual de energía cuando se compara con otros cultivos que producen aceite (ingreso : salida = 1 : 9.5) y debido a esto se ha convertido en la más prometedora fuente de energía renovable para el futuro.

Tabla 4. Producción de aceite de palma de 1979 a 1981 y en 1990.

| Países | Aceite crudo de palma (miles de toneladas) | | Increm. (%) | Participac. 1990 (%) | Almendras de Palma (miles de toneladas) | | Increm. (%) | Participac.1990 (%) |
|---------|---|-------|----------------|-------------------------|--|------|----------------|------------------------|
| | 79-81 | 1990 | | | 79-81 | 1990 | | |
| Mundo | 5033 | 11084 | 120 | 100 | 1737 | 3468 | 100 | 100 |
| Africa | 1338 | 1672 | 25 | 15 | 680 | 675 | -1 | 19 |
| América | 191 | 631 | 130 | 6 | 321 | 373 | 16 | 11 |
| Asia | 3448 | 8527 | 147 | 77 | 718 | 2359 | 229 | 68 |
| Oceanía | 56 | 164 | 93 | 2 | 19 | 62 | 226 | 2 |
| SE Asia | 3282 | 8312 | 153 | 75 | 677 | 2339 | 251 | 67 |
| Malasia | 2529 | 6095 | 141 | 55 | 540 | 1845 | 242 | 53 |
| Indones | 721 | 1937 | 169 | 17 | 130 | 426 | 228 | 12 |

Fuente: FAO, 1991

Papel de potasio en la generación de rendimiento

El rendimiento de la palma aceitera depende básicamente de la eficiencia de las sucesivas etapas de conversión de energía solar en un producto económico que es el aceite.

Se conoce en fisiología vegetal que el potasio (K^+) es el catión más importante no solamente por su contenido en los tejidos de la planta sino también por sus funciones fisiológicas y bioquímicas. El K^+ participa en el crecimiento de los tejidos meristemáticos y es de destacada importancia en el control del agua en la planta. Se ha demostrado el claro efecto del K^+ en la tasa de asimilación de CO_2 . La principal función del K^+ en bioquímica es la activación de varios sistemas enzimáticos.

En Malasia, se ha estudiado los efectos de los nutrientes individuales en experimentos de fertilización. El incremento en las dosis de K en presencia de nitrógeno (N) causó un claro efecto sinérgico en la intercepción de la luz (f = fracción del total de energía solar que es interceptada por las hojas de la palma). En consecuencia se afectó positivamente la eficiencia (e) de la conversión de la energía interceptada en la materia seca, la misma producción de materia seca y la relación del peso seco de los racimos con la materia seca total (relación de partición) (Tabla 5).

Tabla 5. Respuesta de la palma a la aplicación de nitrógeno y potasio en Malasia.

| Tratamiento | Intercepción de la luz | Eficiencia de conversión | Producción de materia seca | Ratio Partición |
|-------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------|
| | f(%) | e(g/MJ) | (ton/ha/año) | P (%) |
| $N_1 K_0$ | 89.6 | 0.99 | 28.0 | 41.4 |
| $N_1 K_1$ | 93.2 | 1.25 | 36.6 | 44.8 |
| $N_1 K_2$ | 93.0 | 1.26 | 37.0 | 44.5 |

Fuente: Corley, R. H. V., 1985 (datos de Corley y Mok, 1972)

Este efecto positivo de K en el rendimiento se demuestra en forma similar en la Figura 1 que presenta la relación lineal entre el contenido de K en los racimos y el peso de los racimos frescos (Ng y Thamboo, 1967).

Taniputra y Panjaitan 1981, reportaron incrementos significativos de rendimiento como resul-

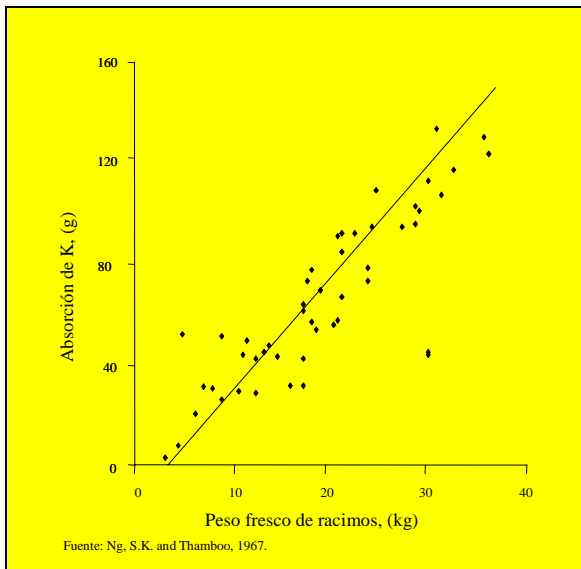


Figura 1. Relación entre el contenido total de K en el racimo y el peso fresco de racimos.

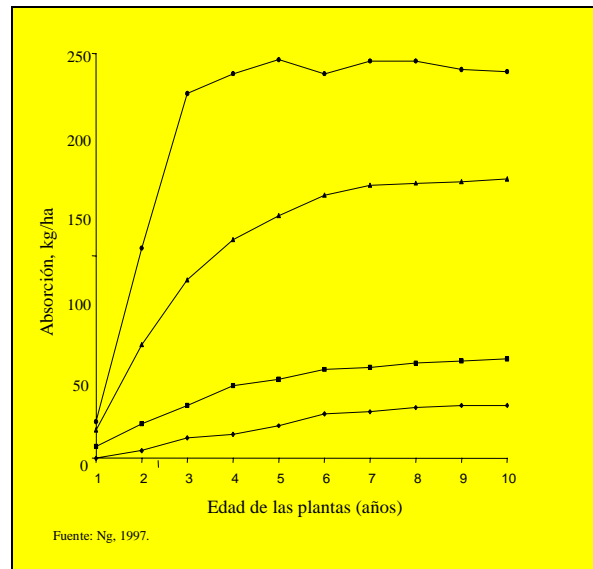


Figura 2. Absorción de nutrientes por la palma aceitera en los primeros 10 años después de la siembra (Ng, 1977).

tado de la aplicación de dosis crecientes de K. Este hecho se reflejó en el incremento foliar de K en un período de 5 años (años 5-9) en un suelo de baja fertilidad (0.3 meq K/100g de suelo) en el Norte de Sumatra (Tabla 6).

Absorción de nutrientes

La Figura 2 muestra la dinámica típica de la absorción de N, fósforo (P), K y magnesio (Mg) durante los primeros 10 años después de la siembra. Se estima que la producción total de materia seca en el segundo año es 8 veces más alta que en el primero. De igual manera los requerimientos de nutrientes, especialmente K, se incrementan rápidamente durante la fase inmadura de las plantas (0-3 años) y tienden a estabilizarse solamente después del quinto año. La distribución de los nutrientes absorbidos dentro de las diferentes partes de la planta se presenta en la Tabla 7. Aproximadamente 100 kg de K₂O por hectárea se inmovilizan anualmente en la planta y son exportados en la cosecha de 25 ton de racimos de fruta fresca (RFF) por hectárea.

Síntomas de deficiencia de K

Tabla 6. Efecto de la fertilización con K en el rendimiento y en el contenido foliar de K (promedio de 5 años) en un suelo potsolico del Norte de Sumatra.

| Tratamientos | Rendimiento (t RFF/ha/año) | Rendimiento relativo (%) | Contenido de K en las hojas (%) |
|----------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| K ₀ | 15.82 | 100 | 0.87 |
| K ₁ | 18.36** | 116 | 1.10 |
| K ₂ | 19.38** | 123 | 1.16 |

K₀ = 0, K₁ = 1.5, K₂ = 3.0 kg KCl/palma/año
**** = Significativo al 1%**
Fuente: Taniputra y Panjaitan, 1981

En muchos suelos (especialmente en suelos arenosos y en suelos de turba) la falta de K es el factor más limitante en el rendimiento de la palma. Los contenidos adecuados de K en la hoja 17 varían entre 0.9 a 1.3% en los folíolos y de 1.3 a 1.6% en el raquis.

El síntoma más común de deficiencia de K son las manchas anaranjadas que se inician con el desarrollo de puntos irregulares de color amarillo pálido en los folíolos de las hojas viejas.

Finalmente estos puntos se juntan y se vuelven necróticos.

Aún cuando la presencia de fajas blancas a ambos lados de la nervadura central de los folíolos no se considera como una típica deficiencia de K, esta sintomatología es probablemente causada por un desbalance N/K (exceso de N) o falta de boro (B).

Tabla 7. Estimación de la absorción de nutrientes de palmas adultas.

| Componente | N P K Mg Ca | | | | |
|--|-------------|------|-------|------|------|
| | kg/ha/año | | | | |
| Material vegetativo (acumulación neta) | 40.9 | 3.1 | 55.7 | 11.5 | 13.8 |
| Hojas podadas | 67.2 | 8.9 | 86.2 | 22.4 | 61.6 |
| Racimos de fruta (25 ton) | 73.2 | 11.6 | 93.4 | 20.8 | 17.5 |
| Inflorescencia masculina | 11.2 | 2.4 | 16.1 | 6.6 | 4.4 |
| Total | 192.5 | 26.0 | 251.4 | 61.3 | 99.3 |

Fuente: Ng, S. K., 1972

Una fuente adecuada de K es el cloruro de potasio (KCl). Esta fuente tiene el beneficio extra de contener cloro (Cl), un elemento esencial y a menudo deficiente en los suelos donde se cultiva palma. Las dosis de aplicación varían de 1 a 5 kg de KCl/palma/año, dependiendo de la edad de las palmas, el tipo de suelos y el potencial de rendimiento.

Otra buena fuente de K son los racimos vacíos de frutas (RVF) provenientes de la extractora. Este material se aplica en una capa sobre la superficie en las interlineas. Treinta toneladas de RVF suplementan solamente el equivalente a 120-180 kg de KCl, pero proveen de un excelente mulch mejorando las condiciones de retención de agua y contenido de materia orgánica, lo que es esencial en áreas tropicales donde existe un período seco o en áreas de suelos arenosos. Sin embargo, la mala distribución y especialmente la aplicación de cantidades muy altas pueden llevar a un desbalance nutricional debido a la mineralización incontrolada de N proveniente de los RVF.

Interacciones con otros nutrientes

Un efecto sinérgico típico de una interacción positiva entre N y K se presenta en la Tabla 9. Se observa que el K y el N aplicados individualmente afectan negativamente la producción de fruta, mientras que la interacción lleva a un mejoramiento muy interesante de rendimiento de racimos de fruta fresca y de la producción de materia seca de la parte vegetativa de las palmas.

Efectos antagónicos y sinérgicos se presentan también en la Tabla 10. En este ejemplo, en un suelo arenoso de baja fertilidad en el Norte de Brasil, la fertilización con P usando superfosfato triple causó un incremento en el contenido foliar de P y calcio (Ca) pero una reducción en el contenido de K. Una

Tabla 9. Efecto de la interacción N/K en el rendimiento y en la acumulación de materia seca de palma.

| Tratamiento | Rendimiento (kg/palma/año) | | Tratamiento | Rendimiento (kg/palma/año) | | Tratamiento | Rendimiento (kg/palma/año) | |
|-------------------------------|----------------------------|------|-------------------------------|----------------------------|-------|-------------------------------|----------------------------|-------|
| | RFF | MSV | | RFF | MSV | | RFF | MSV |
| N ₀ K ₀ | 71.6 | 88.9 | N ₁ K ₀ | 68.4 | 96.6 | N ₂ K ₀ | 79.1 | 106.4 |
| N ₀ K ₁ | 65.3 | 84.0 | N ₁ K ₁ | 95.2 | 117.4 | N ₂ K ₁ | 95.8 | 120.0 |
| N ₀ K ₂ | 66.3 | 89.2 | N ₁ K ₂ | 95.8 | 119.4 | N ₂ K ₂ | 98.6 | 123.0 |

RFF= Racimos de fruta fresca; MSV = Materia seca vegetativa

Fuente: Chan, K.W., 1981

Tabla 10. Efecto de la interacción P/K en el rendimiento y en el contenido foliar de nutrientes de la palma en un Tropopsam-ment en el Norte de Brasil.

| Tratamiento | Rendimiento RFF (ton/ha/año) | Contenido foliar (%) | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------|------|------|------|--------|
| | | P | K | Ca | Mg | Cl |
| P ₀ | n.a. | 0.14 | 1.11 | 0.87 | n.a | n.a |
| P ₁ | n.a. | 0.17 | 0.88 | 1.08 | n.a | n.a. |
| P ₁ K ₀ | 13.3 | n.a. | 0.65 | n.a. | 0.36 | 0.25 |
| P ₁ K ₁ | 15.9 | n.a. | 1.00 | n.a. | 0.28 | (0.45) |
| P ₁ K ₂ | 18.0 | n.a. | 1.18 | n.a. | 0.18 | (0.65) |

P₁ = 83 kg P₂O₅/ha (SFT); K₁ = 150, K₂ = 215 kg K₂O/ha (KCl)
n.a = No analizado
Fuente: Pacheco, A. R. et al., 1985

aplicación combinada de P y K (superfosfato triple + muriato de potasio) mejoró el contenido foliar de K y Cl (así como el rendimiento), pero redujo el contenido foliar de Mg a niveles más bajos que el nivel crítico.

Los resultados analizados anteriormente presentan evidencias de que los nutrientes aplicados en diferentes fuentes (fertilizantes) a un sistema suelo-planta interactúan y compiten como un nutriente individual

con otros nutrientes en el sistema, con respecto a la mecánica y a la dinámica de absorción. Se debe considerar que al mismo tiempo cada fuente también introduce en el sistema otros cationes y aniones. El sistema puede reaccionar en forma inesperada y favorecer efectos antagónicos que pueden causar desbalances y hasta pueden reducir el rendimiento. El análisis de suelo y el análisis foliar, así como los datos de rendimiento a largo plazo, son medios que permiten monitorizar el sistema exitosamente.

Nutrición con K para rendimientos altos

Tratando de maximizar el potencial genético de los híbridos de palma aceitera en las condiciones prevalentes en Malasia, Ng, S. K. Et al. (1990) han desarrollado una base de datos que describe las aplicaciones de nutrientes esenciales en tres diferentes tipos de suelos. En la Tabla 11, 12 y 13 se presentan las principales características de estos tres suelos y los requerimientos de N, P, K, Mg, B, cobre (Cu), Ca para palmas inmaduras y palmas maduras para lograr máximos rendimientos de aceite. Los autores han probado, en plantaciones comerciales, que se pueden obtener rendimientos de aceite de 6 a 10 ton/ha/año, con un alto retorno económico, basándose en una juiciosa aplicación de nutrientes al cultivo durante el ciclo económico de crecimiento.

Tabla 11. Características de los suelos y de las condiciones ambientales de los sitios donde se buscó explotar todo el potencial de rendimiento de palma aceitera en Malasia.

| Tipo de suelo | Lluvia anual (mm) | Déficit anual (mm) | Limo + Arcilla (%) | pH | N (%) | P* _{disp.} ppm | P _{total} ppm | K _{intercam.} meq/100g | Mg _{intercam.} meq/100g | K** _{extractab} meq/100g |
|---------------|-------------------|--------------------|--------------------|-----|-------|-------------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| I | 2582 | 97 | 70 | 4.3 | 0.07 | 11 | 350 | 0.22 | 0.22 | 0.75 |
| II | 2921 | 99 | 11 | 4.9 | 0.12 | 3 | 120 | 0.12 | 0.12 | 0.25 |
| III | 2638 | 83 | - | 3.9 | 1.5 | 15 | 280 | 0.15 | 2.05 | 0.25 |

I Acric Kandiaquult, II = Oxic Dystropept & III = Tropofibrist
* Bray No.2, **6NHCl; Muestras de 0-30cm

Tabla 12. Requerimientos nutricionales para palmas inmaduras en los sitios donde se buscó explotar todo el potencial de rendimiento de palma aceitera en Malasia.

| Tipo de suelo | Edad de la planta (meses) | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | kg/ha/año | | | |
|---------------|---------------------------|--------|-------------------------------|------------------|-----------|-------------------------------|-------------------|---------|
| | | | | | MgO | B ₂ O ₃ | CuSO ₄ | CaO |
| I | 13-14 | 60-120 | 75-110 | 65-105 | 12-20 | 4-8 | - | 20-40 |
| II | 13-14 | 50-100 | 80-120 | 120-200 | 20-40 | 6-12 | - | 40-60 |
| III | 14-15 | 50-100 | 65-80 | 140-260 | - | 6-12 | 1-2 | 140-230 |

Tabla 13. Requerimientos nutricionales para palmas maduras en los sitios donde se buscó explotar todo el potencial de rendimiento de palma aceitera en Malasia.

| Tipo de suelo | Población palmas/ha | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | kg/ha/año | | | |
|---------------|---------------------|---------|-------------------------------|------------------|-----------|-------------------------------|-------------------|---------|
| | | | | | MgO | B ₂ O ₃ | CuSO ₄ | CaO |
| I | 148 | 170-230 | 70-90 | 220-310 | 25-35 | 8-12 | - | 40-60 |
| II | 148 | 170-210 | 100-130 | 400-500 | 45-60 | 12-16 | - | 60-80 |
| III | 158 | 120-160 | 50-70 | 550-700 | 0-10 | 13-18 | 3-5 | 300-400 |

Dosis de aplicación de K de hasta 500 kg de K₂O/ha (700 en suelos de turba) resultaron en rendimientos promedio records de 6.26 toneladas de aceite crudo de palma (ACP) por hectárea, en 1300 hectáreas del suelo I (Kandiuqult), en el año 6 después de la siembra, 6.28 ton de ACP/ha, en 670 hectáreas en el suelo II (Dystropept), en el año 7 y 6.56 ton de ACP/ha, en 180 hectáreas en el suelo III (Dystropept), en el año 7. Los rendimientos más altos de un bloque comercial reportado por los autores fue de 9.32 ton de ACP/ha. La inclusión del 12% adicional de aceite de almendra obtenido hubiese resultado en un rendimiento total de aceite de 10.44 ton ACP/ha.

La Figura 3 presenta el desenvolvimiento anual de los rendimientos promedios de ACP en los 3 suelos discutidos anteriormente en comparación con la curva de producción de un suelo arcilloso de clase I. Los datos demuestran la ventaja de esta tecnología de precisión aun en suelos con pobres contenidos

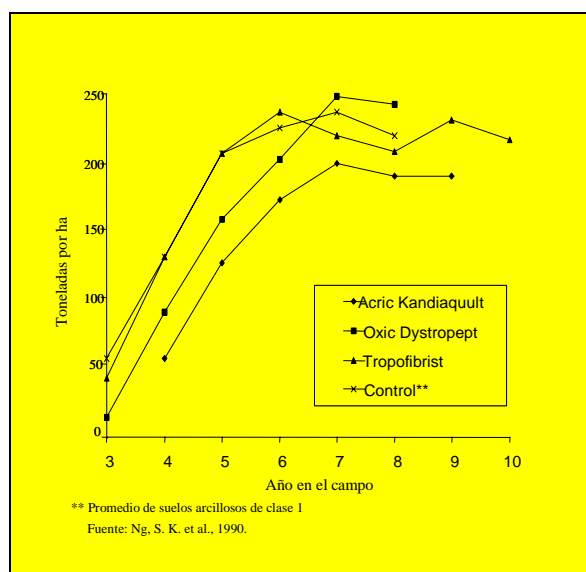


Figura 3. Máxima explotación del potencial genético del rendimiento anual de aceite de palma en tres suelos diferentes en Malasia.

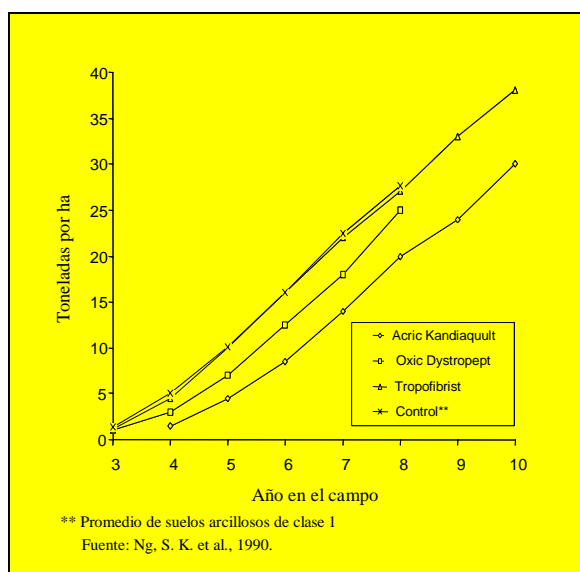


Figura 4. Máxima explotación del potencial genético del rendimiento acumulado de aceite de palma en tres suelos diferentes en Malasia.

de nutrientes. En comparación con el suelo de referencia, el manejo optimizado de nutrientes en los otros suelos resultó en un incremento acumulado de rendimiento de aproximadamente 10 ton de ACP/ha entre los años 8 y 10 después de la siembra (Figura 4).

Conclusión

La óptima respuesta al suplemento de nutrientes se refleja en altos rendimientos temprano en el ciclo y en el mantenimiento de los picos de rendimiento en el período más largo posible. Esto solamente se puede lograr cuando la nutrición de la palma se integra dentro de un sistema de buen manejo agronómico del cultivo y del suelo. El K es esencial en este manejo integral para mantener un balance productivo entre nutrición e índice de área foliar.

Bibliografía

- Chan K. W., Nitrogen requirements of oil palms in Malaysia: fifty years of experiments conducted by Guthries, 119-141, In: E Pushparajah and P. S. Chew: The oil palm in agriculture in the eighties, Vol II, Inc. Soc. Of Planters, Kuala Lumpur, 1981.
- Corley, R.H.V., Yield Potentials of Plantation Crops.
Proc. 19th Coll. Int. Potash Inst., 61-95, 1985.
- FAO, Production Yearbook, Vol 44, Rome, 1991.
- Hartley, C.W.S., The Oil Palm, Third Edition, Longman, London, N. Y., 1988.
- Mengel, K and Kirkby, E. E., Principles of plant nutrition, 4th Ed., Int. Potash Inst., Berne, 1987.
- Ng, S. K. And Tamboo, S., Nutrient contents of oil palms in Malaya, In: Nutrients required for reproduction: fruit bunches and male inflorescences., Malay. Agric.J. 46, 3-45, 1967,
- Ng, S. K. The oil palm, its culture, manuring and utilisation, Berne, 1972.
- Ng, S. K., von Uexkull H. R., Thong, K. C. and Ooi, S. H., Maximum exploitation of genetic yield potentials of some major tree crops in Malaysia, Proc. Symp. On Maximum Yield Research, Satellite Symp., 14th I.S.S.S Congr., Kyoto, 120-128, 1990.
- Ollagnier, M. and Ochs, R., Management of mineral nutrition on industrial oil palm plantations - fertilizer savings. In: E. Pushparajah and P.S. Chew (Eds.) The oil palm in agriculture in the eighties. Vol II., Inc. Soc. Planters, Kuala Lumpur, 1981.
- Taniputra, B. and Panjaitan, A., An oil palm fertilizer experiment on yellowish-red podsolc soil in North Sumatra, 109-119, In: E. Pu Pushparajah and P.S. Chew (Eds.) The oil palm in agriculture in the eighties. Vol II., Inc. Soc. Planters, Kuala Lumpur, 1981.
- Teoh, K. C. and Chew, P.S. Use of rachis analysis as an indicator of K nutrient status in oil palm, 262 - 271, Proc. 1987. Int. Oil Palm conference., Palm oil Res. Inst. Of Malasia, 1988.
- Von Uexkull, h. R. and Fairhurst, T. H., The oil Palm - Fertilizing for high yield and quality, IPI Bulletin N° 12, Berne, 1991.