

INFORMACIONES AGRONOMICAS

INVESTIGACION
INPOFOS K P
EDUCACION

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE



No. 30

● ENERO 1998

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 comercial más alto hasta la fecha 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 finales de la década de 1990, el potencial de rendimiento está entre 12 y 16 t 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 normal 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%). Normalmente la tasa de extracción de aceite de un racimo maduro de fruta fresca 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.

Tabla 1. Comparación de los rendimientos récord de varios cultivos (Corley, 1983; 1985).

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

La palma aceitera se cultiva en las tierras bajas de los trópicos húmedos (15° N a 15° S) con precipitaciones que varían entre 1800 a 5000 mm distribuidas uniformemente durante el año. Este cultivo se adapta a un amplio rango de suelos, pero es sensitivo a pHs altos (>7.5) y al exceso de agua en el suelo. Esta planta perenne es una de las más productivas y la alternativa menos destructiva para cultivarse en áreas de bosques degradados o áreas deforestadas en los trópicos. La palma ha demostrado un muy positivo balance anual de energía cuando se compara con otros cultivos que producen aceite (la relación ingreso: salida de energía es igual a 1:9.5). Debido a esto se ha convertido en la más prometedora fuente de energía renovable para el futuro.

CONTENIDO

	Página
● El potasio en la palma aceitera	1
● Importancia de la fertilización en la calidad de los productos agrícolas	7
● Experimentos simples en la finca - análisis y uso práctico	14
● Reporte de Investigación Reciente	17
● Cursos y Simposios	19
● Publicaciones de INPOFOS	20

Editado por: Dr. José Espinosa

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

Tabla 2. Parámetros actuales de producción de varios cultivos (Corley, 1983; 1985).

Cultivo	Producto	Promedio de rendimiento (t/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

Tabla 3. Rendimiento potencial y rendimiento récord de varios cultivos (Corley, 1983; 1985).

Cultivo	Producción total de materia seca (t/ha/año)	Rendimiento potencial de producción económica (t/ha/año)	Mejor rendimiento actual (t/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

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 su interven-

ción en 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 bioquímica del K^+ es la activación de varios sistemas enzimáticos.

En Malasia se han estudiado los efectos individuales de los nutrientes en el crecimiento y producción. El incremento en las dosis de K, en

presencia de nitrógeno (N) produjo un claro efecto sinérgico en la intercepción de la luz por las hojas de la palma.

Consecuentemente, se afectó positivamente la eficiencia 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).

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.

Trabajos de investigación conducidos en el norte de Sumatra, reportaron incrementos significativos de rendimiento como resultado 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 al 9) en un suelo de baja fertilidad (0.3 meq K/100g de suelo) (Taniputra y Panjaitan, 1981) (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 de palma aceitera. Se estima que la producción total de

Tabla 4. Producción de aceite de palma de 1979 a 1981 y en 1990 (FAO, 1991).

País	Aceite crudo de palma (miles de toneladas)		Increm. (%)	Participac. 1990 (%)	Aceite de almendra (miles de toneladas)		Increm. (%)	Participac. 1990 (%)
	1979-81	1990			1979-81	1990		
Mundo	5033	11084	120	100	1737	3468	100	100
Africa	1338	1672	25	15	680	675	-1	19
América	191	631	130	6	231	373	16	11
Asia	3448	8527	147	77	718	2359	229	68
Oceanía	56	164	93	2	19	62	226	2
SE Asiático	3282	8312	153	75	677	2339	251	67
Malasia	2529	6095	141	55	540	1845	242	53
Indonesia	721	1937	169	17	130	426	228	12

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

Tratamiento	Intercepción de la luz f(%)	Eficiencia de conversión e(g/MJ)	Producción de materia seca (t/ha/año)	Relación de partición 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

f = Fracción total de energía solar interceptada por las hojas de la palma.
e = Eficiencia de la conversión de energía.
P = Relación de partición (materia seca total/materia seca de los racimos).

Tabla 6. Efecto de la fertilización en el rendimiento y en el contenido foliar de K (promedio de 5 años) en un suelo potsolico del Norte de Sumatra (Taniputra y Panjaitan, 1981).

Tratamiento	Rendimiento (tRFF/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, respectivamente
** = Significativo al 1%

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 una cosecha de 25 t de RFF.

Síntomas de deficiencia de K

En muchos suelos (especialmente en suelos arenosos y en suelos de turba) la falta de K es el factor más limitante del 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 por falta de boro (B).

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

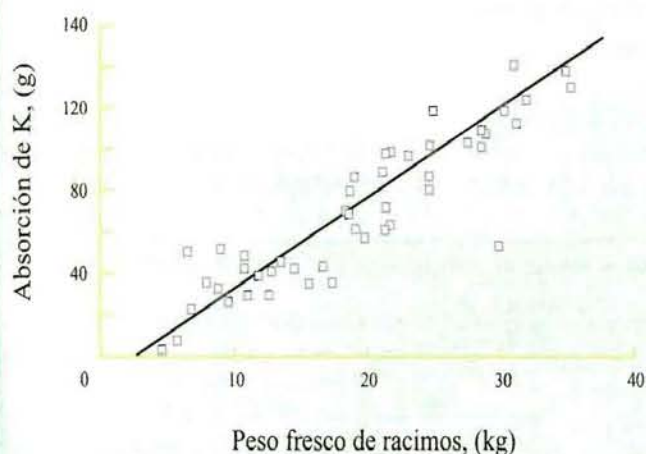


Figura 1. Relación entre el contenido total de K en el racimo y el peso fresco de racimos (Ng y Thamboo, 1967).

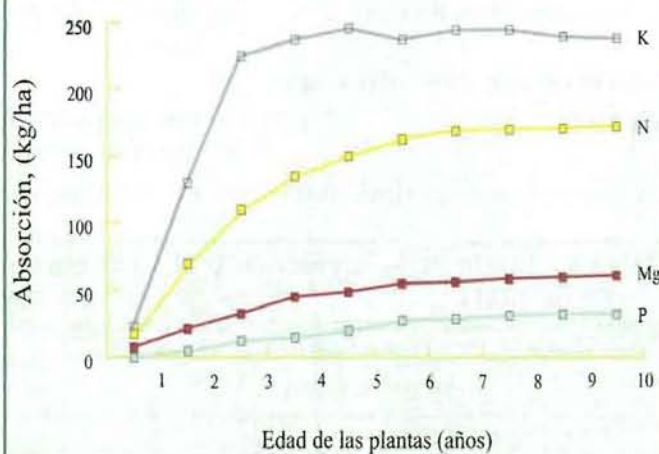


Figura 2. Absorción de nutrientes por la palma aceitera en los primeros 10 años después de la siembra (Ng, 1977).

Tabla 7. Estimados de la absorción de nutrientes de palmas adultas (Ng, 1972).

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 t)	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

a 5 kg de KCl/palma/año, dependiendo de la edad de las palmas, el tipo de suelo 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 interlíneas. 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 8. 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 la producción de RFF y de materia seca de la parte vegetativa de las palmas.

Efectos antagonísticos y sinérgicos se presentan también en la Tabla 9. 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 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 con dife-

rentes fuentes (fertilizantes) a un sistema suelo-planta interaccionan y compiten 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 antagonísticos 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, et al. (1990) desarrollaron una base de datos que describe las aplicaciones de nutrientes esenciales en tres diferentes tipos de suelos. En las Tablas 10, 11 y 12 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 t/ha/año, con un alto retorno económico, basándose en una juiciosa aplicación de nutrientes al

Tabla 8. Efecto de la interacción N/K en el rendimiento y en la acumulación de materia seca de palma (Chan, 1981).

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 ₀ K ₂	95.8	119.4	N ₀ K ₂	98.6	123.0

cultivo durante el ciclo económico de crecimiento.

Dosis de aplicación de K de hasta 500 kg de K_2O/ha (700 en suelos de turba) resultaron en rendimientos promedio récords de 6.26 toneladas de ACP por hectárea, en 1300 hectáreas del suelo I

(Kandiuquult), en el año 6 después de la siembra, 6.28 t de ACP/ha, en 670 hectáreas en el suelo II (Dystropept), en el año 7 y 6.56 t 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 t de ACP/ha.

La inclusión del 12% adicional de aceite de almendra obtenido hubiese resultado en un rendimiento total de aceite de 10.44 t de 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 (testigo). Los datos demuestran la ventaja de esta tecnología de precisión aun en suelos con pobres contenidos 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 t de ACP/ha entre los años 8 y 10 después de la siembra (Figura 4).

Tabla 9. Efecto de la interacción P/K en el rendimiento y en el contenido foliar de nutrientes de la palma en un Tropopsammit en el Norte de Brasil (Pacheco et al., 1985).

Tramt.	Rendim. RFF (t/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), respectivamente
n.a. = No analizado

Tabla 10. 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}	K _{intercam.}	Mg _{intercam.*}	K** _{extractab.}
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 = Oxie dystropept & III = Tropofibris
* Bray 2, ** 6 NHCl; Muestras de 0-30 cm

Tabla 11. 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	MgO	B ₂ O ₃	CuSO ₄	CaO
----- kg/ha/año -----								
I	13-14	60-120	75-110	65-195	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 12. 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	MgO	B ₂ O ₃	CuSO ₄	CaO
----- kg/ha/año -----								
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

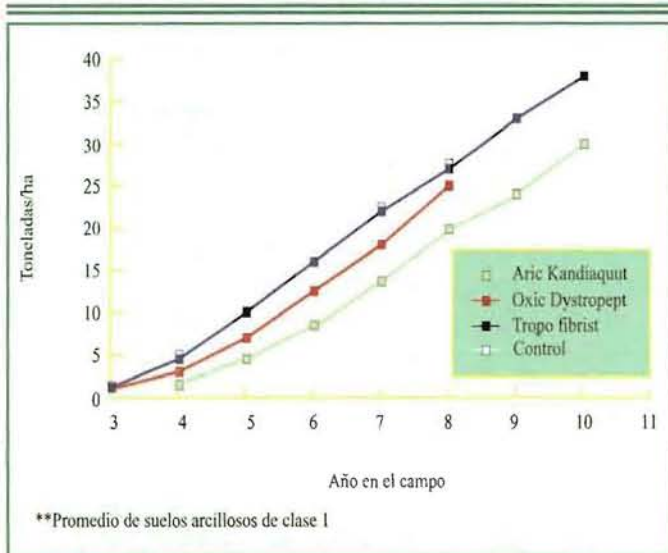


Figura 3. Máxima explotación del potencial genético del rendimiento anual de aceite de palma en tres suelos diferentes en Malasia.

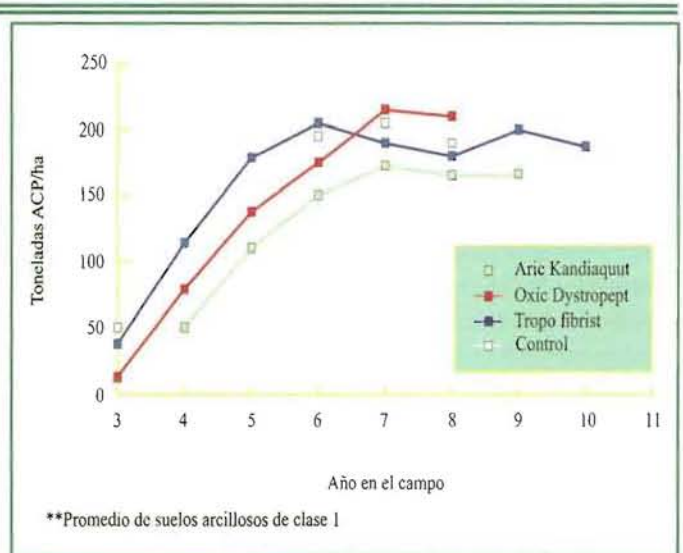


Figura 4. Máxima explotación del potencial genético del rendimiento acumulado de aceite de palma en tres suelos diferentes en Malasia.

Conclusión

La óptima respuesta al suplemento de nutrientes se refleja en altos rendimientos tempranos 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., 1981. 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.
- 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. 1988. The Oil

Palm, Third Edition, Longman, London, N. Y.

Mengel, K. and E. E. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition, 4th Ed., Int. Potash Inst., Berne.

Ng, S. K. and S. Tamboo. 1967. Nutrient contents of oil palms in Malaya, In: Nutrients required for reproduction: fruit bunches and male inflorescences, Malay. Agric. J. 46, 3-45.

Ng, S. K. 1972. The oil palm, its culture, manuring and utilisation, Berne.

Ng, S. K., H. R. von Uexkull, K. C. Thong, and S. H. Ooi. 1990. 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.

Ollagnier, M. and R. Ochs. 1981. Management of mineral nutrition on industrial oil palm plantations - fertilizer sa-vings. In: E. Pushpara-jah and P.S. Chew (Eds.) The oil palm in agriculture in the eighties. Vol II., Inc. Soc. Planters, Kuala Lumpur.

Taniputra, B. and A. Panjaitan. 1981. An oil

palm fertilizer experiment on yellowish-red podsollic 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.

Teoh, K. C. and P. S. Chew. 1988. 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 Malaysia.

Von Uexkull, H. R. and T. H. Fairhurst. 1991. The oil Palm - Fertilizing for high yield and quality, IPI Bulletin No. 12, Berne.*

