

Tipos de fertilizantes y métodos de aplicación en plantaciones de palma de aceite malasias

Fertiliser types and application methods in malaysian oil palm plantations

M.K. Tang, M. Nazeeb, y S.G. Loong ¹

RESUMEN

El consumo de fertilizantes constituye una inversión importante. Para optimizar las ganancias, los fertilizantes tienen que ser utilizados eficientemente y con sensatez. En vista de las muchas nuevas fuentes y tipos de fertilizantes en el mercado y la grave escasez de mano de obra que el sector de plantaciones en Malasia está experimentando actualmente, este artículo revisa los diferentes tipos de fertilizantes y métodos de aplicación para optimizar el uso de fertilizantes.

SUMMARY

Fertiliser input constitutes an important investment. To optimise returns, fertilisers have to be utilised efficiently and judiciously. In view of the many new sources and types of fertilisers in the market and the acute labour shortage currently experienced by the plantation sector in Malaysia, the paper reviews the various fertiliser types and application methods to optimise fertiliser usage.

Palabras claves : Fertilizantes, Aplicación de fertilizantes, Palma de aceite, Malasia

INTRODUCCIÓN

La importancia de los fertilizantes en el cultivo de la palma de aceite está bien establecida (Ng y Thamboo 1967; Hew y Ng 1968; Hew *et al.* 1973; Foster y Goh 1977; Foster 1982; Foster *et al.* 1986). Hasta hace poco, los fertilizantes respondían por alrededor del 24% del costo agrícola de la producción de racimos de fruta fresca (RFF) (Tan 1988; Nazeeb 1997). Sin embargo, con la llegada de la crisis económica global en 1997, el Ringgit malasio se ha depreciado un 62%, frente al dólar de los Estados Unidos, ocasionando aumentos

significativos en los precios de fertilizantes importados (la tasa de cambio actual está fijada en 1 US\$ = RM 3,80). Por consiguiente, el costo de la abonada ha aumentado alrededor del 45%, de RM 300 - 400, a RM 440 - 550 por hectárea madura (Ooi 1997; Ebor Research, sin publicar).

Por lo tanto, el insumo fertilizante constituye una inversión importante. Para optimizar las ganancias, los fertilizantes tienen que ser utilizados eficientemente y con sensatez. Existen

¹ Sime Darby Plantations, Ebor Research, P.O. Box 7202, 40706 Shah Alam. Selangor, Malaysia.

numerosas publicaciones y revisiones sobre los requisitos óptimos de fertilizantes para abonar la palma de aceite en los ambientes malasios (Ng 1977; Hew *et al.* 1973; Foster y Goh 1977; Foster 1982; Foster *et al.* 1986). Aunque las dosis correctas son importantes, la selección correcta o la fuente de nutrientes y la forma como se aplican también son igualmente importantes. En vista de las muchas nuevas fuentes y tipos de fertilizantes en el mercado y la grave escasez de mano de obra que el sector de plantaciones está experimentando actualmente en Malasia Peninsular, en particular, este artículo revisa los diferentes tipos de fertilizantes y los métodos de aplicación para optimizar el uso de fertilizantes.

TIPOS DE FERTILIZANTES PARA LA PALMA DE ACEITE

Actualmente, los fertilizantes utilizados en el cultivo de la palma de aceite en Malasia Peninsular se pueden agrupar bajo cinco categorías. Estas son : los "simples", las mezclas, los compuestos, los fertilizantes de lenta liberación y los subproductos/fertilizantes/orgánicos.

Los fertilizantes simples

Por lo general, los fertilizantes simples vienen en forma de químicos inorgánicos simples. Estos son fabricados o extraídos y usualmente proporcionan un sólo elemento nutriente. Es la forma más común de fertilizante utilizada, especialmente para palmas de aceite maduras. El costo por unidad del nutriente en los fertilizantes "simples" por lo general es más bajo que el de los compuestos u otras formas. Adicionalmente, el fertilizante simple permite una aplicación más precisa para cumplir con los requisitos y el balance nutritivo. Aparte de las dosis óptimas, es muy importante mantener un balance entre los elementos nutritivos individuales para obtener óptimos rendimientos (Ng 1977); altas dosis de fertilizante de un solo elemento, por sí solas no proporcionarán ganancias óptimas (Teoh y Chew 1980; Chan 1982a; Foster *et al.* 1985; Gurmit 1990; Chan *et al.* 1993). Los cuatro macroelementos nutritivos, nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y magnesio (Mg), se discuten en la sección a continuación.

Fuentes de Nitrógeno

Existen numerosas fuentes de nitrógeno disponibles en Malasia. Los fertilizantes nitrogenados utilizados más comúnmente en palmas de aceite son: el sulfato amónico (21% N), el Nitro-26 (26% N), el cloruro de amonio (25% N) y la urea (46% N). Recientemente, otra fuente de nitrato amónico, con 34% N, fue introducida en la industria. Aparte de alguna urea suministrada localmente por la Planta de Urea Bintulu (con una capacidad de producción de 1.500 toneladas métricas de urea granular por día), todos los fertilizantes nitrogenados son importados (Tabla 1).

Tabla 1 Importaciones de fertilizantes nitrogenados realizadas por Malasia 1997.

Fertilizante	Cantidad (toneladas)	Valor (millones de RM)
Sulfato amónico	541.612	178,9
Cloruro de amonio	52.315	22,7
Nitrato amónico	403.841	76,3
Urea	390.547	186,5

Fuente: Malaysia Agricultural Directory and Index 1999/2000. 1999

Se han llevado a cabo varias pruebas en Malasia para comparar la eficacia de las diferentes fuentes de nitrógeno. Una prueba que compara las cuatro fuentes de N mencionadas arriba en suelos del interior (suelos Rengam) mostró que no habían diferencias significantes entre los efectos del sulfato amónico y el cloruro de amonio. Pero ambos fueron mejores que el Nitro-26 y la urea (Tabla 2). Sin embargo, otros reportaron pequeñas diferencias entre los fertilizantes de amonio (Hew y Tam 1971; Ng 1977; Sinasamy *et al.* 1982; Tarmizi *et al.* 1993). La respuesta más deficiente de la urea se atribuye a las pérdidas por volatilización del amoniaco del suelo después de su aplicación. Cuando se aplica urea a la superficie del suelo, ésta se hidroliza para producir amoniaco y bióxido de carbono. El amoniaco luego reacciona químicamente con el bióxido de carbono y el agua para formar carbonato de amonio iónico. Esta reacción química es reversible y, por lo tanto, el amoniaco se puede perder mediante volatilización en esta etapa. Se ha calculado que las pérdidas por volatilización en la palma de aceite oscilan en-

Tabla 2. El efecto de diferentes fuentes de N en el rendimiento de la palma de aceite en suelos del interior (serie Rengam).

Fuente	Rendimiento (t/ha/año)	
	Del 3er al 5º año ^a	Del 3er al 9º año ^b
Sulfato amónico	25,89	27,78
Cloruro de amonio	24,75	-
Nitrato amónico (N26)	22,15	24,62
Urea	23,37	23,78
Control (sin N)	19,69	21,21

Fuentes : ^a Chan (1981); ^b Lim *et al* (1985).

Tabla 3. Efecto de fuentes de N sobre el rendimiento de palma de aceite en suelos costeros (serie Selangor).

Fuente *	Rendimiento Acumulativo (kg/palma) Abril de 1973 a diciembre de 1978
Urea	1.173
Nitrato amónico	1.162
Sulfato amónico	1.151
Control (sin nitrógeno)	1.062

A dosis equivalentes a nutriente N.

Fuente : Teoh y Chew (1980).

Tabla 4. Porcentaje medio de la eficiencia relativa de los tipos de urea comparada con sulfato amónico.

Método de aplicación	Urea Estándar Granulada	Urea de grado para silvicultura
al voleo en círculos	79,0%	78,7%
al voleo general	71,0%	105,2%

Fuente: Tarmizi *et al.* (1993)

entre 29 y 48% del nitrógeno aplicado (Chan y Chew 1984).

Existen numerosos factores que afectan la tasa de volatilización. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, la dosis y el método de aplicación de la urea, son algunos de los factores importantes que afectan la tasa de volatilización. Las pérdidas por volatilización disminuyen con el aumento de CIC (Tan 1980). En general, los suelos

costeros tienen un CIC más alto; es por esto que la urea es tan eficaz como las otras fuentes de N (Tabla 3). Tarmizi *et al.* (1993) reportaron, de una red de 12 pruebas de fertilizantes, que la eficiencia relativa de la urea, comparada con el sulfato amónico depende del tipo de urea y del método de aplicación (Tabla 4). La aplicación de urea del grado de silvicultura (7 mm de diámetro) esparcida al voleo general, fue tan efectiva como el sulfato amónico.

En general, la selección de fertilizantes de N se determina primordialmente por el costo efectivo de la unidad de N. En suelos costeros, con una pérdida más baja de N por volatilización, la urea todavía se puede considerar como una fuente de N. Sin embargo, en los suelos sedentarios del interior, la urea no puede ser incluida como fuente, en vista de su pérdida por volatilización muy variable y alta. La Tabla 5 muestra un ejemplo de la selección de uso de N en suelos costeros. Mientras que la urea fue la fuente más barata de N, el nitrato amónico (34% de N) efectivamente es una fuente más barata a los precios actuales, después de considerar pérdidas del 30% por volatilización de la urea (Chan y Chew 1984).

Fuentes de fósforo

Dos de las principales fuentes de fósforo son las rocas fosfóricas de (RF) y los superfosfatos. Los superfosfatos son fabricados y son más caros que las RF naturales. Los superfosfatos se obtienen mediante el tratamiento de la roca fosfórica con ácido fosfórico o sulfúrico. Estos materiales son altamente solubles, pero debido a su alto costo, raramente se utilizan para el cultivo de la palma de aceite en Malasia.

Tabla 5. Economía del uso de varios N en suelos costeros.

Parámetros	Sulfato amónico (21% de N)	Nitrato amónico (34% de N)	Urea (46% de N)
Precio del fertilizante (RM / t)	350	490	480
Costo por unidad de N (RM)	16.67	14.41	10.43
Total de N utilizado/ha/año (kg)	100	100	143*
Total fertilizante/ha/año	476	294	310
Costo del fertilizante/ha/año	RM 166,60	RM 144,06	RM 148,80

* Asumiendo una pérdida del 30% por volatilización.

Fuente : Ebor Research (Sin publicar)

El fertilizante de roca fosfórica es una roca natural que contiene uno o más minerales de fosfato de calcio de suficiente pureza y cantidad como para permitir su uso directamente (Malaysian Standard MS 643 : 1980). La roca fosfórica es baja en solubilidad y la mayoría de ella se hace insoluble o se "fija" inmediatamente al ingresar en el suelo. Las RF varían ampliamente en sus características físicas, químicas, mineralógicas y de reactividad (liberación de P soluble) (Chien 1995). La reactividad química de la RF determina la tasa de disolución de la RF en la solución del suelo, que a su vez determina el consumo de P por las plantas. Chien (1995) sugirió que la solubilidad de la RF se correlaciona con su eficacia agronómica.

La fuente tradicional de RF utilizada en Malasia fue la roca fosfórica de la Isla de Pascuas (CRIP) y su respuesta en palma de aceite bajo las condiciones malasias han sido bien estudiadas (Chan 1982b; Zin 1995). Sin embargo, durante los últimos años, las RF de otras fuentes se han estado importando a Malasia. Estos son: Roca fosfórica China, Roca fosfórica Jordana, Roca fosfórica de Carolina del Norte, Roca fosfórica Tunecino (Gafsa) y Roca fosfórica Argelina, todas estas varían en reactividad y total de P_2O_5 (Tabla 6). Su eficacia agronómica para palma de aceite se está investigando actualmente (Zin 1995)

Tabla 6. Contenido de P_2O_5 y la reactividad de varias fuentes de RF.

Fuente de RF	Reactividad	Total P_2O_5 (%)
Carolina del Norte, Estados Unidos	Alta	30
Gafsa, Túnez	Alta	29
Kaiyang, China	Baja	37
El-Hassan, Jordania	Mediana	30
Isla de Pascuas, Grado A	Mediana	35

Fuente: Adaptado de Diamond (1978).

Hasta que los resultados de estas pruebas estén disponibles, se tienen que hacer selecciones con base en la limitada información disponible. Aparte de evitar el uso de roca de baja en reactividad, se podrían considerar las rocas con reactividad tanto mediana como alta, en vista de los suelos con fijación alta de P en Malasia Pen-

insular. Chien (1995) recalzó que el total del contenido de P_2O_5 de las RF no tiene relación con la reactividad química y la eficacia agronómica de las RF y, como tal, se prefiere la selección basada en el costo efectivo por unidad de roca, en vez del costo por unidad de nutriente.

En vista de que las RF tienen un efecto residual considerablemente largo con lenta liberación de P a las palmas, se ha sugerido una frecuencia más baja de aplicación para reducir los costos de aplicación. Sin embargo, Foong y Syed (1995) reportaron que la aplicación anual daba un retorno neto significativamente más alto, comparado con la aplicación una vez cada dos años y una vez cada cuatro años. Para mejorar la eficiencia aún más, Foster y Tayeb (1986) recomendaron que las RF sean aplicadas en avenidas. Los resultados de estos experimentos mostraron que la respuesta en rendimiento fue significativamente más alta cuando se aplicaba RF en avenidas, comparada con la aplicación en los círculos desyerbados o en pilas de hojas (paleras).

Fuentes de Potasio

El potasio es un nutriente muy importante para el abonado de la palma de aceite. El muriato de potasio, o MOP (60% K_2O) es el fertilizante de K más ampliamente utilizado para palma de aceite en Malasia. El sulfato de potasio y el nitrato de potasio son hechos del cloruro y por lo tanto son mucho más caros. Malasia importa alrededor de 900.000 toneladas de K_2O al año (97% de las cuales son MOP) principalmente de Canadá, Rusia, Jordania y los Estados Unidos (Malaysian Agricultural Directory and Index 1999/2000). Los grados y la calidad de las diferentes fuentes son bastante estándar. Su eficacia agronómica en los rendimientos de palma de aceite en diferentes ambientes y tipos de suelo en Malasia ha sido bien documentada (Chan 1982a Foster *et al.* 1985; Teoh y Chew 1988; Goh *et al.*; 1994; Tang *et al.* 1996).

Sin embargo, el MOP tiene restricciones en suelos ácidos sulfatados, donde las cenizas de los racimos son más efectivas (Hew y Poon 1973; Gurmit 1990). La ceniza de los racimos, producida al incinerar los desperdicios de los racimos de frutas, es sumamente básica (pH 12) y contiene

aproximadamente 41% de K_2O en peso seco (Yeow *et al.* 1977). La ceniza tiene un efecto de mejoramiento en las propiedades físicas del suelo y mejora el pH de los suelos hiperácidos. Sin embargo, la disponibilidad de las cenizas de racimos vacíos es bastante limitada, ya que la incineración está prohibida en la mayoría de las plantas extractoras, según los reglamentos malos. Aún donde se permite la incineración, los racimos vacíos se utilizan, o bien como cubierta de las plantas o son utilizados para su fibra. Los resultados de pruebas que comparan los racimos vacíos, la ceniza de los racimos y el MOP muestran que los racimos vacíos tienen efectos similares a los de la ceniza de los racimos (Tabla 7).

Tabla 7. Efecto de fertilización con K en el rendimiento de la palma de aceite en suelos ácidos sulfatados (serie Sedu).

Fuentes	Rendimiento Intermedio (t/ha/año) 1986 a 1988
Control (sin K)	24,5 (100%)
MOP (2 kg/palma/año)	24,7 (101%)
MOP (4 kg/palma/año)	25,9 (106%)
Cenizas de racimos (4 kg/palma/año)	25,5 (103%)
Cenizas de racimos (8 kg/palma/año)	26,4 (108%)
Racimos vacíos (125 kg/palma/año)	24,3 (99%)
Racimos vacíos (250 kg/palma/año)	26,2 (107%)
LSD (5%)	3,6

Fuente: Ebor Research (sin publicar).

Para suelos ácidos sulfatos y de turba, se puede utilizar la ceniza de racimos con base en una rotación con MOP. Si se utiliza la ceniza de racimos, es importante asegurar que no sea aplicada junto con fertilizantes nitrogenados, de lo contrario, la interacción química conducirá a pérdidas sustanciales de N. También se debe esparcir al voleo

finamente por encima de una área que se extiende desde el margen del círculo desyerbado hacia afuera. Puede ocurrir daño en las raíces alimentadoras si se aplica abundantemente.

Fuentes de magnesio

Las dos fuentes de magnesio más comunes son kieserita y dolomita pulverizada. La kieserita es muy soluble, contiene 26% MgO. La dolomita es alta en su capacidad neutralizante en suelos ácidos, contiene 18-21% MgO y 34% de CaO. Gurmit (1990), Foong y Hussin (1995) y Goh *et al.* (1998) mostraron que la kieserita era más efectiva, comparada con la dolomita para promover rendimientos de palma de aceite en suelos costeros como del interior. Sin embargo, Goh *et al.* (1998) reportaron que la dolomita tenía una eficiencia económica relativa más alta, comparada con la kieserita, de alrededor de 1,5 veces mejor. El uso de la dolomita a largo plazo tienen que ser examinado cuidadosamente en vista de la posible depresión de consumo de K debido al componente de calcio en la dolomita. Esta puede ser la razón por la eficiencia agronómica más baja de la dolomita (Tabla 8) en pruebas a largo plazo (Gurmit 1990).

En suelos del interior, Mohd Hussin *et al.* (1998) demostraron que aplicaciones de 1,3 kg kieserita/palma/año dieron rendimientos agronómicos y reembolsos económicos óptimos, comparadas con la dolomita, a lo largo de un período de 8 años (Tabla 9).

Tabla 8. El efecto de la fertilización con Mg en el rendimiento de la palma de aceite en suelos tados (Serie Sedu).

Fuente *	Rendimiento Intermedio (t/ha/año)				% de control (1974-88)
	1974-77	1978-81	1982-88	1974-88	
Control (sin Mg)	24,9	22,3	22,4	23,1	100
Dolomita	26,2	23,6	23,1	24,2	105
Kieserita	26,3	25,0	24,1	25,0	108
Variación en la Proporción	n/a	4,1**	4,3**	4,4**	-
Relativa eficiencia agronómica de la dolomita, comparada con la kieserita	93%	48%	41%	58%	-

*Equivalente a 3 kg de Kieserita por palma por año.

Fuente: Gurmit (1990)

Tabla 9. Efecto de fertilización con Mg en el rendimiento de la palma de aceite en suelos del interior (serie Rengam).

Fuente	Tasa aplicada (kg MgO/palma/año)	Rendimiento Intermedio (t/ha/año) 1990 - 1997	Ganancia neta (RM/ha/año)
Kieserita	0,12	26,00	6.986
	0,24	28,19	7.543
	0,36	28,42	7.571
	0,48	25,59	6.774
Dolomita	0,12	25,37	6.831
	0,24	25,34	6.804
	0,36	25,47	6.820
	0,49	27,50	7.349
Control (sin Mg)	0	25,46	6.874
C.V.		1,14	-
LSD		3,49	-

Suposición de costos Kieserita - RM 480/t
Dolomita - RM 135/t
RFF - R M 300/t

Fuente : Mohd Hussin *et al.* (1998).

Aparte de la kieserita y la dolomita, una fuente más nueva conocida como sulfato de magnesio sintético (SMS) está disponible actualmente en el mercado. El producto es derivado del tratamiento de dolomita o magnesita con ácidos sulfúricos industriales. Parece tener características químicas similares a las de la kieserita, aunque es un polvo amorfo, mientras que la kieserita es cristalina (Lau *et al.* 1995). La eficacia de esta nueva fuente de magnesio se está investigando actualmente y los resultados preliminares indican que es menos efectiva que las fuentes tradicionales (Ebor Research, sin publicar).

Con base en el trabajo realizado hasta la fecha y considerando el riesgo de los efectos negativos a largo plazo, la kieserita sigue siendo la selección preferida para obtener magnesio. Sin embargo, si el diferencial de precios se vuelve muy grande, entonces la dolomita se puede considerar como un sustituto o se puede utilizar con base en una rotación.

Mezclas de Fertilizantes

Las mezclas se hacen mezclando fertilizantes simples. Pueden ser preparadas según las

proporciones específicas para adaptarse a un requisito de nutriente en particular. Las mezclas hacen posible que los principales elementos macronutrientes sean aplicados juntos, reduciendo así el costo y el número de rondas de aplicación. Existen compañías de fertilizantes que producen mezclas según especificaciones requeridas individualmente. En las plantaciones, los fertilizantes simple se pueden mezclar antes de aplicarlos. Una mezcla homogénea se podría obtener utilizando una mezcladora de cemento, según se demostró en una prueba llevada a cabo por Ebor Research. Los resultados indicaron un ahorro positivo en la mano de obra, el tiempo y el costo de aplicación cuando se utilizan mezclas de igual peso a las aplicaciones fraccionadas normales de varios fertilizantes simples (Ebor Research, sin publicar). Sin embargo, es necesario llevar a cabo un trabajo adicional para evaluar la logística de mezclar fertilizantes simples comercialmente a nivel de plantación.

En general, los fertilizantes que van a ser mezclados tienen que ser compatibles, tanto química como físicamente. No debe haber pérdida gaseosa, ni disminución alguna en la disponibilidad de los nutrientes, ni apelmazamiento debido a reacción química. Los materiales alcalinos como la cal o la escoria básica no deben ser mezclados con fertilizantes nitrogenados, ya que la amonía se perderá. Los nitratos absorben humedad y hacen que la mezcla polvorosa sea pegajosa. Se puede volver muy difícil de esparcir. Las propiedades físicas, tales como el tamaño y la densidad de las partículas también deben ser compatibles para evitar segregación durante el transporte y el esparcimiento.

En vista de que es posible que las mezclas se asienten al ser almacenadas más de unos pocos días, es mejor preparar sólo la cantidad que pueda ser aplicada inmediatamente.

Fertilizantes Compuestos

Los fertilizantes compuestos se definen como cualquier producto homogéneo que contenga dos o más de los nutrientes químicamente combinados. En la fabricación de compuestos de NPK, la roca fosfórica (RF) es atacada primero por

un ácido, luego se añade amonía y finalmente sales de potasio. La mayoría de los fertilizantes compuestos vienen en forma granulada. Esto hace que sea más fácil manejarlos, almacenarlos y esparcirlos, comparados con los fertilizantes simples. Sin embargo, todos los cultivadores saben que el costo de un fertilizante NPK completo es más alto que tres fertilizantes simples que proporcionan una cantidad equivalente de nutrientes. Por lo tanto, la mayoría de los agrónomos nunca recomiendan fertilizantes compuestos para la palma de aceite madura. Sin embargo, los fertilizantes compuestos son utilizados muy ampliamente en viveros y plantas inmaduros, especialmente para reducir el número de rondas de aplicación. En una prueba para comparar fertilizantes simples con compuestos para palmas inmaduras, no hubo diferencias en las respuestas de las palmas (Tabla 10), pero para rendimientos equivalentes, los compuestos cuestan mucho más.

Tabla 10. Efecto de varios tipos de fertilizante en el rendimiento de racimos de frutas frescas.

Fertilización durante la inmadurez	Rendimiento de RFF (t/ha) Febrero '85 - diciembre '88
Fertilizantes simples (Dosis estándar) ^a	41,4 (100%)
Superfos ^b en equivalente de K (Dosis estándar)	41,5 (100%)
Compuestos CCM ^c en equivalente de K (Dosis estándar)	41,5 (100%)
Desviación estándar	3,29

- a Total de consumos de nutrientes = 1.365 Kg N, 0.765 Kg P₂O₅, 3,3 kg K₂O y 0,81 kg MgO por palma.
 b Superfos(18 : 11 : 14 : 1.8) y (14 : 8 : 20 : 2) para el primer y segundo año de inmadurez, respectivamente.
 c CCM(14: 13 : 9 : 2.5) y (12 : 6 : 22 : 3) para el primer y segundo año de inmadurez, respectivamente.

Fuente : Ebor Research (sin publicar).

Sin embargo, es posible que con la grave escasez de mano de obra en las plantaciones, el uso de fertilizantes compuestos gane popularidad para reducir el número de rondas de aplicación en la fase inmadura. Esto se debe a que los aplicadores mecánicos actuales no se pueden utilizar para esparcir fertilizante en la palma inmadura, donde la colocación óptima es en el círculo de la palma (Broeshart 1959; Foster y Tayed 1986).

Fertilizantes de Lenta Liberación

Según las Normas Malasias, los fertilizantes de lenta liberación se definen como "un fertilizante donde la tasa de liberación del fertilizante es regulada por el uso de revestimientos de materiales tales como azufre y compuesto polimérico". El fertilizante de lenta liberación es mucho más caro que los compuestos con equivalencia nutritiva. El uso comercial de los fertilizantes de lenta liberación en viveros de gran escala en Sabah y Sarawak era principalmente para reducir aplicaciones y mejorar la logística del mantenimiento del vivero (Ling 1992).

Con respecto a su eficacia agronómica, Lim y Chan (1993) reportaron que ninguno de los cuatro tipos de fertilizantes de lenta liberación probados era mejor que los fertilizantes compuestos en viveros de palma de aceite. El crecimiento de las plántulas era más vigoroso con el tratamiento compuesto. Resultados similares fueron apoyados por Ong *et al.* (1994) en cuatro experimentos en viveros que evaluaban cinco diferentes fertilizantes de lenta liberación. En tres experimentos de viveros que evaluaban seis fertilizantes de lenta liberación dirigidos por Ebor Research (sin publicar), ninguno de estos fertilizantes fue mejor que el fertilizante compuesto estándar. Uno de los resultados de los experimentos se resume en la Tabla 11.

En experimentos en lotes inmaduros, Ong *et al.* (1994) reportaron que los fertilizantes de lenta liberación eran comparables con los fertilizantes simples estándar para promover el crecimiento de la palma en renovaciones y nuevos despejes de selva. Los resultados fueron similares a otro experimento en el área costera con palmas inmaduras de segunda generación (Tabla 12). Sin embargo, en despeje selvático en terrazas, las palmas tenían una apariencia visual inferior en la mayoría de los tratamientos aplicados con fertilizantes de lenta liberación. La diferencia en respuesta entre los campos posiblemente se atribuye a las diferencias en las reservas nutritivas inherentes entre los suelos. Las reservas de nutrientes de los suelos son mínimas en el recorte del subsuelo en las terrazas. No obstante, en ausencia de registros de rendimientos y

Tabla 11. El efecto de varios fertilizantes de lenta liberación en plantas de semillero de palma de aceite (Hoja No. 3 a los 12 meses)

Tratamiento	Producción de hojas 5 ^a a 12 ^a mes	Altura (m)	Longitud del raquis (m)	Sección transversal del peciolo (cm ²)	Peso en seco de hoja (kg)	Área relativa de la hoja (cm ²)
Compuestos Estándar (12 : 12 : 17 : 2)	17,72	1,69	0,94	1,85	0,39	0,76
fertilizantes de lenta liberación 1 ^o (16 : 8 : 9 : 0)	16,61	1,59	0,94	1,74	0,38	0,79
fertilizantes de lenta liberación 2 ^o (15 : 9 : 9 : 0)	16,66	1,57	0,88	1,74	0,38	0,78
fertilizantes de lenta liberación 3 ^o (10 : 10 : 5 : 2)	15,11	1,27	0,73	1,74	0,35	0,54
CV (%)	1,60	3,71	4,03	7,48	3,55	6,64
SED	0,22	0,05	2,94	0,11	0,01	0,04
Valor-F	31,31**	17,27**	14,15**	3,40*	3,43*	10,54**
LSD (5%)	0,48	0,10	0,06	1,23	0,02	0,09
LSD (1%)	0,67	0,14	0,09	-	-	0,12

* Significativo ** Altamente significativo

* A las dosis comerciales respectivas de fertilizantes de lenta liberación recomendadas.
m -mes.

Fuente : Ebor Research (sin publicar),

Tabla 12. Efecto de un fertilizante de lenta liberación sobre el crecimiento vegetativo de palmas inmaduras en suelo costero.

Tratamientos	Longitud del raquis(m)		Producción de Hojas	Peso en seco de Hojas (kg)		Área relativa de la hoja (m ²)	
	12 MDS	18 MDS		12 MDS	18 MDS	12 MDS	18 MDS
Fertilizantes inorgánicos @	1,50	2,01	20,88	0,72	0,96	2,05	3,49
300 g fertilizantes de lenta liberación (16 : 8 : 9 : 3)	1,51	1,97	18,98	0,71	0,93	1,93	3,31
500 g fertilizantes de lenta liberación (16 : 8 : 9 : 3)	1,48	1,96	20,56	0,70	0,94	2,01	3,25
700 g fertilizantes de lenta liberación (16 : 8 : 9 : 3)	1,51	1,97	19,85	0,71	0,92	2,04	3,15
SED	0,06	0,10	0,42	0,04	0,05	0,17	0,26
Valor-F	0,15 ns	0,11 ns	8,04*	0,13 ns	0,32 ns	0,23 ns	0,58 ns
LSD 5%			1,03				

* Significativo ns no significativo MDS - Meses después de la siembra.

* Total de consumos de nutrientes = 0,76 kg N, 0,24 kg P₂O₅, 0,75 kg K₂O, 0,07 kg MgO y 0,02 kg B₂O₃

Fuente : Ebor Research (sin publicar).

considerando el factor costo, posiblemente sea prematuro presumir que los fertilizantes de lenta liberación pueden ser sustituidos para las fases tempranas inmaduras. Entretanto, en situaciones laborales muy estrechas, puede haber algún mérito en aplicar fertilizantes de lenta liberación.

Fertilizante Orgánico o Subproductos

Los fertilizantes orgánicos se clasifican como fertilizantes derivados principalmente de productos biológicos (de plantas o animales)

donde la mayoría de los elementos nutritivos están presentes como compuestos orgánicos (MS 643 : 1980). La industria de la palma de aceite, además de aceite de palma y aceite de palmiste, también genera varios subproductos, la mayoría de los cuales tienen usos bien establecidos. De estos, tres subproductos principales tienen un alto valor agronómico en el cultivo de la palma de aceite, como una buena fuente de materia orgánica y nutrientes de la planta. Estos son los racimos vacíos, el efluente de la planta extractora de aceite de palma y los residuos de la palma (troncos y hojas) durante la renovación.

Los racimos vacíos constituyen el 20 - 25% de los racimos de fruta fresca. Tienen un alto valor nutritivo, una tonelada de racimos vacíos tendría un equivalente a 7 kg de urea, 2,8 kg de roca fosfórica, 19,3 kg de muriato de potasio y 4,4 kg de kieserita (Gurmit *et al.* 1990). Se pueden utilizar como cobertura en los campos para proporcionar nutrientes lentamente, así como para mejorar el estado de la materia orgánica en el suelo. Esto mejora la estructura del suelo y es beneficioso para el crecimiento temprano de la palma, especialmente al establecer terrazas y en otras preparaciones de la tierra, que resultan en el retiro de la capa vegetal superior o la compactación. Loong *et al.* (1988), Gurmit *et al.* (1990) y Lim y Chan (1990), todos han reportado incrementos significativos en el rendimiento y rentabilidad cuando las palmas son cubiertas con racimos vacíos tanto en palmas inmaduras como

maduras. Las respuestas en los rendimientos oscilan entre 10-23% (Tabla 13). Las dosis óptimas de cubrimiento recomendadas se muestran en la Tabla 14.

La producción de efluente en la planta extractora de aceite de palma es de 700 kg de líquido por cada tonelada de RFF procesada (Wood 1991). También es rico en nutrientes esenciales para las plantas (Lim 1988) y la aplicación en el campo es fácil mediante el riego superficial. En palmas con aplicación de efluentes se han reportado aumentos en rendimientos hasta de un 29%, comparados con los fertilizantes inorgánicos normales (Tabla 15). En vista de que las áreas aplicadas con efluente no requieren ningún suplemento fertilizante inorgánico, se obtiene

Tabla 13. El efecto del cubrimiento con racimos vacíos sobre los rendimientos de RFF

Serie de suelo	% de aumento en el rendimiento comparado con fertilizantes inorgánicos normales de la plantación	Fuentes
Palmas inmaduras Selangor	16	Loong <i>et al.</i> (1988)
Palmas maduras Rengam	10	Loong <i>et al.</i> (1988)
Lunas	23	Gurmit <i>et al.</i> (1990)
Acob	17	Gurmit <i>et al.</i> (1990)

Tabla 14. Dosis óptimas de cubrimiento recomendadas.

	Dosis de racimos vacíos (t/ha/ronda)	Suplementos de Fertilizantes (kg/ha/ronda)		Frecuencia
		Nitrógeno	Fósforo	
Inmaduras En la costa	25	102 (urea)	34 (Roca fosfórica)	Primera ronda, inmediatamente después de la siembra. Segunda ronda después de 14 meses.
En el interior	30	148 (Sulfato amoniacal)	74 (Roca fosfórica)	
Inmaduras En la costa	37	122 (urea)	34 (Roca fosfórica)	Anual
En el interior	37	444 (Sulfato amoniacal)	222 (Roca fosfórica)	

Fuente: Loong *et al.* (1988).

Tabla 15. Efecto del efluente de la palma extractora sobre los rendimientos de RFF.

Lugar	% de aumento en el rendimiento comparado con fertilizantes inorgánicos normales de la plantación	Fuentes
En el interior	23	Nazeeb (1997)
En la costa	16	Nazeeb (1997)
En la costa	29	Gurmit (1990)

un ahorro en el costo del fertilizante. El efluente de una planta extractora con capacidad de 60 t/hora podría reemplazar completamente el requisito de fertilizante inorgánico para 250 a 300 hectáreas de palma de aceite (Wood 1991). Una vigilancia a largo plazo de los sistemas de aplicación terrestre muestran que no hay ningún efecto perjudicial al suelo o a las vías fluviales (Khalid y Zim 1994).

Las técnicas de renovación con cero-quema resultan en una cantidad inmensa de residuos de palma en el lugar de origen. Se calcula que los residuos de una hectárea de renovación tendrían un equivalente en fertilizantes de 738 kg de urea, 205 kg de roca fosfórica, 848 kg de MOP y 488 kg de kieserita (Hashim *et al.* 1995). Estos residuos, que son ricos en materia orgánica, podrían mejorar aún más la eficiencia de los fertilizantes, permitiendo así la reducción de consumos de fertilizantes, y por lo tanto mejorando la rentabilidad. Esto es apoyado por respuestas alentadoras de la palma al reciclaje de nutrientes de los residuos reportados por Khalid *et al.* (1996 y 1999).

Para concluir, es beneficioso utilizar los subproductos para obtener rendimientos óptimos y rentabilidad. Las técnicas de cero-quema deben continuar con un mejoramiento adicional a las técnicas. El cubrimiento con racimos vacíos debe ser explotado totalmente en campos inmaduros cuando las logísticas no sean un constreñimiento (Loong *et al.* 1988). Cuando la planta extractora está ubicada en el vecindario, el efluente debe ser utilizado totalmente para la aplicación terrestre en los campos.

MÉTODOS DE APLICACIÓN DE LOS FERTILIZANTES

Existen tres formas comunes de aplicación de fertilizantes, a saber, manual, mecánica y aplicación aérea.

La aplicación manual de los fertilizantes es el método más ampliamente utilizado en plantaciones malasias. Los fertilizantes se colocan en el círculo desyerbado para palmas jóvenes o se esparcen al voleo en forma uniforme para las palmas más viejas. La aplicación al voleo general de los fertilizantes promueve una mejor eficiencia (Tabla 16) y se tiene una menor pérdida de nutrientes por la escorrentía, si se aplica al vuelo en las hileras de hojas podadas (Tabla 17).

Existen ciertas restricciones para la abonada manual. Es muy lenta y requiere mucha mano de obra. La dosis de cubrimiento de este método es solo de alrededor de 4 hectáreas por día de trabajo de un hombre. En áreas de difícil acceso, la aplicación de los fertilizantes puede que no sea uniforme y es posible que queden secciones enteras sin abonar. Las palmas que se pasan por alto durante la aplicación de fertilizantes resultarán con un descenso en el rendimiento (Tabla 18). Además, el problema de robo siempre es una

Tabla 16. El efecto de la aplicación de fertilizantes sobre los rendimientos de RFF

Aplicación	RFF (t/ha/año)
Círculo desyerbado	26,04 (100%)
Al voleo general	26,80 (103%)

* Promedio de 15 pruebas

Fuente : Zin *et al.* (1990).

Tabla 17. Promedio de pérdidas de nutrientes por escorrentía

Posición en el campo	Pérdida de nutrientes (% de fertilizante aplicado)			
	N	P	K	Mg
Hilera de palma de aceite	13,3	3,5	6,0	7,5
Camino del cosechador	15,6	3,4	7,3	4,5
Hilera de hojas podadas	2,0	0,6	0,8	2,7
Promedio para el campo	11,1	2,8	5,0	5,6

Fuente : Maene *et al.* (1979).

posibilidad y, por lo tanto, se requiere de una supervisión intensiva en la aplicación manual.

En la aplicación mecánica, los fertilizantes se cargan en un tanque alimentador y se descargan en las hileras entre las palmas, mediante energía del tractor. Este método de aplicación necesita menos mano de obra con una productividad de alrededor de 20-25 hectáreas por día de trabajo de un hombre. Lo más importante es que es el método más económico disponible actualmente (Tabla 19). El costo promedio de la aplicación es sólo la mitad del costo de la aplicación manual. Sin embargo, la aplicación mecánica no es posible en terrenos ondulados, no accesibles para los tractores. Tampoco es adecuado en áreas inmaduras y recientemente abonadas, donde la colocación óptima del fertilizante es en el círculo.

La aplicación aérea de fertilizantes fue introducida en la agricultura malasia a principios de la década de los 70, pero nunca ganó amplia aceptación (Loong *et al.* 1990). Uno de los principales impedimentos para esta aparente falta de interés es el factor costo, con un costo de aplicación que oscila entre RM 80 y 100 por tonelada. Las principales ventajas de este método de aplicación son la velocidad de la aplicación y

la reducción en los requisitos de mano de obra y supervisión. Con aviones más nuevos y una carga útil más grande, es posible la aplicación de 150 - 200 toneladas por día. El programa anual se puede completar así en 20 - 25 días para una plantación de 2.000 ha (Tabla 19). El rápido cubrimiento permite una aplicación más ajustada de los fertilizantes de N y K, lo cual resulta en una nutrición más balanceada para las palmas. También permite que las palmas se aprovechen de los efectos sinergistas de los fertilizantes de N y K. Los requisitos de mano de obra se reducen aun más con el uso de fertilizantes a granel y el Sistema de Posicionamiento Global (SPG) para eliminar mercadores terrestres (Nazeeb 1996). Otros beneficios son los ahorros en supervisión, distribución uniforme de los fertilizantes en el campo y la eliminación del robo.

Fuera de la utilización de mano de obra y los factores de costos, la eficacia agronómica de un sistema de aplicación es igualmente crítica. Chan y Lim (1990) demostraron que la aplicación mecánica era significativamente mejor que la aplicación aérea o manual para el aumento de rendimientos (Tabla 20). A lo largo de dos años, los rendimientos en las parcelas con aplicación mecánica fueron de 1,5 t/ha/año más que en las parcelas con aplicaciones aéreas o manuales. No hubo diferencia significativa entre los tratamientos de aplicación aérea y manual. Es posible que la superioridad la aplicación mecánica de fertilizantes se deba a un porcentaje más alto de fertilizantes atrapados en las pilas de hojas, reduciendo así

Tabla 18. Efecto del abonado inadecuado sobre los rendimientos de RFF.

	Rendimiento/palma (kg)					Acumulativo
	Año después del tratamiento					
	1	2	3	4	5	
Abono normal	209	200	196	216	225	1.046
Abono "pasado por alto" *	202	184	171	180	170	908

* Durante el año 1 y todo el período.

Fuente: Nazeeb (1997).

Tabla 19. Costo y logística del abonado con fertilizantes de N y K en una plantación de 2.000 ha

Modo	Costo/ha/ronda		Duración Días	Observaciones
	RM/ha	Ha/día de trabajo de un hombre		
Manual	5,46	4,3	124	En la costa, 4 rondas, 15 trabajadores
Manual	6,42	3,9	205	En el interior, 6 rondas, 15 trabajadores
Mecánico	2,76	22,3	135	2 unidades, 6 rondas, 4 trabajadores
Aéreo	12,03	600	20	600 ha/avión/día, 6 rondas, 1,25 kg/palma, RM 65/tonelada costo de aplicación

Fuente : Nazeeb *et al.* (1996).

Tabla 20. Efectos de varios modos de aplicaciones de fertilizantes de N y de K en palma de aceite.

Modo de aplicación	Rendimientos intermedios de RFF (t/ha/año)
Aplicación aérea	19,35
Dispensador mecánico	21,21
Aplicación a mano	19,96
Control (sin fertilizador)	16,95
S.E.	0,37

Fuente: Chan y Lim (1990).

las pérdidas por lixiviación y escorrentía en la superficie.

Chan y Lim (1990) reportaron que no había diferencias en los rendimientos entre fertilización aérea y manual; una prueba a plazo más largo realizada por Ebor Research, muestra que los rendimientos fueron afectados por la aplicación aérea. En promedio, los rendimientos fueron más bajos que con la aplicación manual, a dosis equivalentes. La aplicación manual produjo 0,7 t/ha/año y 1,9 t/ha/año más que la aplicación aérea a dosis completas y reducidas, respectivamente. Las dosis reducidas aplicadas a mano eran comparables con las dosis completas por aire (Tabla 21). Según los resultados, se recomienda que la tasa de fertilizantes sea aumentada por encima de las dosis manuales, para sostener los rendimientos. Desafortunadamente, esto hará que el abonado aéreo sea aún menos atractivo.

En resumen, la aplicación mecánica es más barata y más efectiva. También es suficientemente

económica en cuanto a mano de obra. Debería ser la elección prioritaria para la aplicación de fertilizantes en plantaciones de aceite de palma, en vista del problema de la escasez de mano de obra. Además, hay varios modelos más nuevos de dispensadores, disponibles para adaptarse a una variedad de ambientes. Los modelos mejorados también tienen más capacidad en el tanque alimentador y sistemas de descargue más eficientes, que resultan en un mínimo de aplicación en áreas subóptimas en los campos. Para las áreas de terrazas y los campos inmaduros, donde no se recomiendan aplicadores mecánicos, el abonado asistido mecánicamente, como lo sugiere Teo *et al.* (1993) utilizando el búfalo mecánico puede ser una opción. El costo del abonado asistido con el búfalo mecánico fue más barato que el de la aplicación manual y se logró una reducción considerable en la mano de obra (Tabla 22).

Aunque el costo de la fertilización aérea se considera alto para la comercialización, puede ser una mejor opción para condiciones de terreno ondulado y de tierra blanda, donde los dispersadores mecánicos no se pueden utilizar. También puede estar mejor adaptado para las áreas con regímenes altos de lluvia, donde los períodos de abonado son limitados, requiriendo, por lo tanto, una terminación rápida. Aún en una situación normal, pero con graves problemas de escasez de mano de obra, el abonado aéreo todavía puede ser una mejor selección, a pesar de los costos.

Más recientemente, compañías de plantaciones

Tabla 21 Efecto de abonado aéreo sobre el rendimiento medio de RFF (t/ha).

Tratamiento	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Promedio (t/ha/año)
Aéreo									
Dosis reducida	22,2	28,2	21,5	25,7	24,1	16,1	25,7	26,1	23,7
Aéreo									
Dosis completa	21,6	31,0	20,7	26,6	25,7	18,5	27,1	27,7	24,9
Manual									
Dosis reducida	18,7	28,1	21,9	27,6	27,1	18,5	27,4	27,7	24,6
Manual									
Dosis completa	21,4	29,6	21,9	28,4	27,6	17,8	28,8	29,6	25,6

Nota . La tasa reducida fue 14% más baja que la tasa completa, para compensar el costo más alto de la aplicación aérea.

Fuente : Nazeeb *et al.* (1996).

Tabla 22. Costo y productividad del abonado asistido con búfalo mecánico

	Dosificación de Fertilizante (kg/palma)	Rendimiento de un vehículo (ha/día)	Rendimiento de un trabajador (ha/día de trabajo de un hombre)	Costo de aplicación * (RM/ha)
Campo maduro (Siembras en línea recta y en terrazas)	<1,0	24	8	4,00
	1,0 – 1,5	21	7	a
	> 1,5	15	5	4,50
Campos inmaduros				
	a) Terreno plano a ondulado	0,15 – 0,50	35 – 45	4,5 – 6,0
b) Siembra en terrazas en terreno montañoso	0,15 – 0,50	25 – 35	4,0 – 5,5	3,00 – 4,00

El costo incluye la mano de obra y el costo operacional del búfalo mecánico.

Fuente : Teo *et al.* (1993).

con nuevos planes de desarrollo a gran escala, con grave escasez de mano de obra, han recurrido a la aplicación de fertilizantes en el subsuelo para reducir el número de rondas de aplicación. Con esta técnica, el requisito anual de fertilizantes para cada palma se entierra en 3 a 4 puntos, 10 cm por debajo de la superficie del suelo, en los círculos de la palma. Rashid *et al.* (1995) reportaron sobre la implementación comercial exitosa de esta técnica en nuevos planes de parcelas en Sarawak (ambiente de lluvia abundante, grave escasez de mano de obra), sin aparentes efectos nocivos sobre la siembra. Hasta la fecha, no existen datos experimentales para validar la efectividad agrícola de esta técnica de aplicación de fertilizantes. La técnica se adopta simplemente por su conveniencia, debido a la grave escasez de mano de obra, las áreas extensivas plantadas con tiempo limitado para el abonado.

Otro método de fertilización que se sigue actualmente es la fertirrigación. En este método, se aplican nutrientes por medio de sistemas de riego. Aunque el trabajo inicial, utilizando sistemas de riego por goteo, no fue prometedor (Ebor Research), el avance en la tecnología y el soporte físico ("hardware") han reanimado los esfuerzos de investigación y desarrollo sobre la fertirrigación (Jim, 2000).

OTRAS CONSIDERACIONES

Las aplicaciones de fertilizantes son vitales en la producción de RFF. Para aumentar al máximo la

rentabilidad, el programa de fertilizantes debe ser implementado eficientemente. La importancia de las aplicaciones correctas (balanceadas y adecuadas), regulares (provisión continua) y en el momento oportuno (evitando pérdidas por escorrentía y lixiviación) no se puede recalcar lo suficiente. La mejor selección de tipos y fuentes de fertilizantes depende de varios factores, incluidas, no sólo las diferentes propiedades de los fertilizantes y el costo, sino también la disponibilidad, la consistencia de la calidad, el suelo y las fases meteorológicas del cultivo de la palma, la logística y los factores prácticos. En algunos casos, un tipo particular de fertilizante puede ser tan eficaz como otro fertilizante, pero sólo si es aplicado en cierto momento y en una forma específica.

Para obtener máximos beneficios de los fertilizantes aplicados, mantenimiento de buenas condiciones de cultivo para las palmas de aceite es crítico. Aparte de los factores discutidos en las secciones anteriores, el manejo de las malezas y P y D y la población de plantas también influyen en la eficiencia del fertilizante (Nazeeb *et al.* 1997). Por lo tanto, un manejo efectiva de las plantaciones es esencial para perfeccionar los ingresos de un uso correcto de fertilizantes.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer a las Plantaciones Sime Darby por dar permiso para la publicación de este artículo.

BIBLIOGRAFIA

- BROESHART, H. 1959. The application of radioisotopic techniques to fertiliser placement studies in oil palm cultivation. *Netherlands Journal Agricultural Science* (Holanda) v.7, p.95-109. Cited by Turner & Gillbanks (1974).
- CHAN, K.S.; CHEW, P.S. 1984. Volatilisation losses of urea on various soils under oil palm, in: *Fertilisers in Malaysian Agriculture*. Proceedings. Malaysian Society of Soil Science and Universiti Pertanian Malaysia, Kuala Lumpur, p. 91-104.
- CHAN, K.W. 1981. Nitrogen requirements of oil palms in Malaysia : Fifty years of experiments conducted by Guthries. In: E. Pushparajah; Chew, P.S. (Eds.). *The Oil Palm In Agriculture In The Eighties. Volume II*. Incorporated Society of Planters. Kuala Lumpur, p. 119-153.
- CHAN, K.W. 1982a. Potassium requirement of oil palm in Malaysia: Fifty years of experimental results, in: E. Pushparajah; Sharifuddin H.A.Hamid (Eds.). *Phosphorus and Potassium in the Tropics*. The Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur, p. 323-348.
- CHAN, K.W. 1982b. Phosphorus requirement of oil palm in Malaysia : Fifty years of experimental results, in: E. Pushparajah; Sharifuddin H.A.Hamid (Eds.). *Phosphorus and Potassium in the Tropics*. The Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur, p. 395-423.
- CHAN, K.W.; LIM, K.C. 1990. A comparison of aerial manuring, mechanical spreading and hand application of N and K fertilisers in oil palm - Preliminary results. *Pahang Planting Association Annual Journal 1990*. p. 75-78.
- CHAN, K.W., LIM, K.C; AHMAD, A. 1993. Fertiliser efficiency studies in Malaysia, in: Y. Basiron et al. (Eds.). 1997 *PORIM International Palm Oil Conference*. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p. 302-311.
- CHEIN, S.H. 1995. Chemical, mineralogical and solubility characteristics of phosphate rock for direct application. Paper presented in Seminar on The Use of Reactive Phosphate Rock for Direct Application at Kuala Lumpur on 20 July 1995. Pengerdar Bahan Pertanian Sdn. Bhd., Selangor.
- DIAMOND, R.B. 1978. Views on marketing of phosphate rock for direct application, in: Seminar of Phosphate Rock for Direct Application. Haifa, Israel. Proceedings, p. 448 - 463.
- FOONG, S.F.; MOHD HUSSIN MAT SAAT. 1995. Preliminary results on comparison of ground magnesium limestone and kieserite on oil palm yield. Paper presented at Seminar on Magnesium Fertiliser Usage in Malaysia at Kuala Lumpur on 26 October 1995. MSSS/Kali Und Salz GmbH of Germany. (Absfracf)
- FOONG, S.F.; SYED SOFI, S.O. 1995. Frequency of CIRP application in oil palm, in: Jalani et al. (Eds.). 1993 *PORIM International Palm Oil Congress 'Update and Vision' (Agriculture)*. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p. 345-350.
- FOSTER, H.L. 1982. The determination of oil palm fertiliser requirements in Peninsular Malaysia. Part II: Effect of different environments. *PORIM Bulletin* (Malasia) no.4, p.46-56.
- FOSTER, H.L.; GOH, H.S. 1977. Fertiliser requirements of oil palm in West Malaysia. In: D.A. Earpand W. Newall (Eds.). *International Developments in Oil Palm* Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, p. 234-261.
- FOSTER, H.L.; M. TAYEB HJ DOLMAT; ZIN, Z.Z. 1985. Oil palm yield responses to N and K fertilisers in different environments in Peninsular Malaysia. *PORIM Occasional Paper* (Malasia) no.16. 23p.
- FOSTER, H.L.; M. TAYEB HJ DOLMAT. 1986. The effect of different methods of placement and frequency of application of fertiliser to oil palm on an inland soil in Peninsular Malaysia. *PORIM Bulletin*, (Malasia) no. 12.
- FOSTER, H.L.; AHMAD TARMIZI MOHD; M. TAYEB HJ DOLMAT; CHANG, K.C.; ZIN Z. ZAKARIA; HJ ABDUL HALIM HASSAN. 1986. Fertiliser recommendations for oil palm in Peninsular Malaysia (First approximation). *PORIM Technology* (Malasia) no.13.
- GOH, K.J.; CHEW, P.S.; KEE, K.K. 1994. K nutrition for mature oil palm in Malaysia. *IP! Research Topic No 17*. Basal, Switzerland.
- GOH, K.J.; CHEW, P.S.; TEOH, K.C. 1998. Ground magnesium limestone as a source of magnesium for mature oil palm on sandy soils in Malaysia, in: Angga et al. (Eds.). 1998 *International Oil Palm Conference : Commodity of the past, today, and the future*. Proceedings. IOPRI and GAPKI, Indonesia, p. 347-362.
- GURMIT, S. 1990. Fertilisers in oil palms on a range of alluvial soils, in: Jalani et al. (Eds.). 1989 *International Palm Oil Developments Conference - Agriculture*. Proceedings PORIM, Kuala Lumpur, p. 383- 394.
- GURMIT S.; MANOHARAN, S.; TOH, T.S. 1990. United Plantations approach to palm oil mill byproduct management and utilisation, in: Jalani et al. (Eds.). 1989 *International Palm Oil Developments Conference - Agriculture*. Proceedings PORIM, Kuala Lumpur, p. 225-234.
- HASHIM, M.; TEOH, C.H.; KAMARUZAMAN, A.; ALI, M. 1995. Zero burning - An environmentally friendly replanting technique. in: Jalani, S. et al. (Eds.). 1993 *PORIM International Congress Palm Oil 'Updated and Vision' - Agriculture*. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p. 245-252.
- HEW, C.K.; NG, S.K. 1968. A general schedule for manuring oil palms in West Malaysia. *The Planter* (Malasia) v.44, p.417-429.

- HEW, C.K.; NG, S.K.; LIM, K.P. 1973. The rationalisation of manuring oil palms and its economics in Malaysia. In: R.L. Wastie and D.A. Earp (Eds.). *Advances in Oil Palm Cultivation* Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, p. 306-320.
- HEW, C.K.; POON, Y.C. 1973. The effects of muriate of potash and bunch ash on yield and uptake of potassium and chlorine in oil palms on coastal soils, in: R.L. Wastie and D.A. Earp (Eds.). *The Incorporated Society of Planters*, Kuala Lumpur, p. 239-244.
- HEW, C.K.; TAM, T.K. 1971. *Agronomy Annual Report for 1970*. Harrisons and Crosfield Oil Palm Research Station, Banting, Malaysia. 174p.
- JIM, F. 2000. Fertigation of mature oil palms with autopot systems. Paper presented at Seminar on Innovative Approach to Fertiliser Management in Oil Palm Plantations at Subang Jaya on 27 —28 January 2000. Asgard Information Services.
- KHALID, H.; ZIN, Z.Z.; ANDERSON, J.M. 1996. Management of palm residues using various replanting techniques in oil palm plantations, in: Ariffin, D. *et al.* (Eds.). *7996 PORIM International Palm Oil Congress "Competitiveness for the 21st Century"*. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p. 241-153
- KHALID, H.; ZIN, Z.Z.; ANDERSON, J.M. 1999. Effects of oil palm residues management at replanting on soil nutrient dynamics and oil palm growth, in: *7999 PORIM International Palm Oil Congress 'Emerging Technologies and Opportunities in the Next Millennium'*. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p. 43-54.
- LAU, C.H.; HARDTER, R.; FOONG, ST.; MOHD HUSSIN, M.S. 1995. Comparative study of leaching losses of two Mg sources (Abstract). Paper presented at Seminar on Magnesium Fertiliser Usage in Malaysia at Kuala Lumpur on 26 October 1995. MSSS/Kali Und Salz GmbH of Germany.
- LIM, K.C.; CHAN, K.W. 1990. Towards optimising empty fruit bunch application in oil palm, in: Jalani *et al.* (Eds.). *7989 International Palm Oil Developments. Conference - Agriculture*. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p. 235-242.
- LIM, K.C., CHAN, K.W. 1993. Comparison of Guthrie natural fertiliser with other slow release organic fertilisers, in: Y Barison *et al.* (Eds.). *7997 PORIM International Palm Oil Conference - Agriculture (Module 1)*. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p. 370-375.
- LIM, K.C.; YEE, C.B.; GOH, K.H., CHAN, K.W. 1985. Results of field experiment comparing various nitrogen fertilisers for oil palm, in Bachik A.T.; Pushparajah E. (Eds.). *International Conference on Soils and Nutrition of Perennial Crops*. Proceedings. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur, pp. 393-409.
- LIM, K.H. 1988. Integrated systems for treating and utilizing plantation effluents: palm oil mill effluent as a specific example. in: ER. Hall & P.N. Hobson (Eds.). *5th International Symposium on Anaerobic Digestion*. Proceedings. Pergamon Press, Oxford, p. 303-313.
- LING, A.H. 1992. Some aspects of large-scale nursery management in Sabah. *The Planter* (Malasia) v.68, p.9-17.
- LOONG, S.G.; MOHD. NAZEEB; LETCHUMANAN, A. 1988. Optimising the use of EFB mulching on oil palm on two different soils. in: Halimetal. (Eds.). *1987 International Oil Palm/Palm Oil Conference-Agriculture*. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p. 605-639.
- LOONG, S.G.; MOHD. NAZEEB; LETCHUMANAN, A. 1990. A commercial trial showing the promise of aerial application of fertiliser to oil palms. *The Planter* (Malasia) v.66, p. 125-132.
- MAENE, L.M.; THONG, K.C.; ONG, T.S.; MOKHTARUDDIN, A.M. 1979. Surface wash under mature oil palm. In: Pushparajah, E. (Ed.). *Symposium on Water in Malaysian Agriculture*. Proceedings. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur. pp. 203-216.
- Malaysia Agricultura! Directory & Index 1999/2000*. 1999. Agriquest Sdn. Bhd., Selangor, Malaysia.
- Malaysian Standard MS 643 : 1980*. 1980. Standard and Industrial Research Institute of Malaysia, Shah Alam, Malaysia.
- MOHD HUSSIN, M.S.; FOONG, S.F.; ISMAIL, H. 1998. Comparison of the efficacy of kieserite and ground magnesium limestone in promoting oil palm yield. *Kemajuan Penyelidikan Bil.* V.31, p. 29-34.
- NAZEEB, M. 1997. Agronomic practices to remain competitive in the oil palm industry. *The Planter* (Malasia) v. 73 no.859, p.533-553.
- NAZEEB, M.; TANG, M.K.; LETCHUMANAN, A., LOONG, S.G. 1996. The long term effects of aerial application of fertilisers on oil palm yields. *Malacca Planters' Association Annual Report 1995/96*. p. 40-50.
- NG, S.K. 1977. Review of oil palm nutrition and manuring - scope for greater economy in fertiliser usage. in: D.A. Earp & W. Newall (Eds.). *International Developments in Oil Palm* Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur. p. 209-233.
- NG, S.K.; THAMBOO, S. 1967. Nutrient contents of oil palms in Malaysia - 1. Nutrient required for reproduction: Fruit bunches and male inflorescence. *The Malaysian Agricultura! Journal* (Malasia) v.46 no. 1, p.3-45.
- ONG, K.P; TEO, L; ZAINURIAH, A. 1994. Immature oil palm responses to slow release fertilisers. in: B. Aziz *et al.* (Eds.). *International Conference on Fertiliser Usage in The Tropics*. Proceedings. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur. p 340-361.
- OOI, L.H. 1997. Impacts of the current currency fluctuations on oil palm estates. Paper presented at the BEN Mechanization

- Workshop at Sandakan, Sabah on 19th November 1997 (*Pre-print*). 9p.
- RASHID, A.; CHEONG, S.P.; ANNUAR, A. 1995. Scope of fertiliser efficiency improvement : Preliminary investigations on conservation subsoil placement technique. Paper presented at 15th PAC Seminar at Bangi on 6 April 1995. PORIM.
- SINASAMY, N.; PALANIAPPAN, S.; KAMAL ROL ZAMAN; SYED SOFI-SYED OMAR. 1982. Sources of and response to nitrogen in oil palm cultivation, in: *Seminar Nitrogen in Malaysia Agriculture*. Proceedings. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur, p. 167-188.
- TAN, B.T. 1988. Cost of palm oil production in major producing countries. In: Halim *et al.* (Eds.). 1987 *International Oil Palm Conference - Agriculture*. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p. 39-70.
- TAN, K.H. 1980. Nitrogen in *Hevea brasiliensis* cultivation - some aspects of its sources and transformations processes in soils of Peninsular Malaysia. Universiti Sains Malaysia. (Ph. D. Thesis).
- TANG, M.K.; MOHD. NAZEEB; LOONG, S.G.; LETCHUMANAN, A. 1996. Oil palm responses to potassic fertilisers on two alluvial soils in Peninsular Malaysia, in: Ariffin, D. *et al.* (Eds.). 1996 *PORIM International Palm Oil Congress "Competitiveness for the 21st Century"*. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p. 170-177.
- TARMIZI, A.M.; TAYEB, M.D.; FOSTER, H.C.; HAMDAN, A.B.; KHALID, H. 1993. Relative efficiency of urea to sulphate of ammonium in oil palm: Yield response and environmental factors, in: Y Barison *et al.* (Eds.). 1997 *PORIM International Oil Palm Conference 'Progress, Prospects and Challenges Towards the 21st Century'*. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p. 340-348.
- TEO, L; TIONG, S.; HAJI ABDUL RASHID, S.; EE, K.W. 1993. EPA's experiences on the use of Mechanical Buffalo for *infield* FFB collection and assisted manuring, in: Y. Basiron *et al.* (Eds.). 1997 *PORIM International Palm Oil Conference*. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p. 179-196.
- TEOH, K.C.; CHEW, PS. 1980. Fertiliser responses of oil palm on coastal clay soils in Peninsular Malaysia, in: *Conference on Soil Science and Agricultural Development in Malaysia*. Proceedings. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur, p. 191-212.
- TEOH, K.C.; CHEW, PS. 1988. Potassium in the oil palm ecosystem and some implications to manuring practice. In: Halim *et al.* (Eds.). 1987 *International Oil Palm/Palm Oil Conference - Agriculture*. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p. 277-286.
- WOOD, B.J. 1991. Recent developments and prospects in oil palm research and cultivation. *The Planters* (Malasia) v.67 no.785, p.375-392.
- YEOW, K.H.; MOHD HASHIM; TOH, PY. 1981. Fertiliser placement investigations in mature oil palm plantings, in: E. Pushparajah & Chew, PS. (Eds.). *The Oil palm in Agriculture in the Eighties*. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, p. 183-199.
- ZIN, Z.Z. 1995. Phosphate rock fertiliser requirements for oil palm in Peninsular Malaysia. Paper presented in Seminar on the Use of Reactive Phosphate Rock for Direct Application at Petaling Jaya, Selangor on 20 July 1995. 8p.
- ZIN, Z.Z.; A. TARMIZI MOHD.; FOSTER, H.L., M. TAYEB HJ DOLMAT; KHALID HARON; HAMDAN A. BAKAR. 1990. Evaluation of urea as a nitrogen fertiliser for the oil palm industry in Malaysia. In: 1989 *PORIM International Palm Oil Developments Conference - Agriculture*. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p. 440-446.