

Revisión sobre los tipos de fertilizantes y métodos de aplicación en las plantaciones de palma de aceite malasias*

An insight into fertilizer types and application methods in Malaysian palm oil plantations

M.K. Tang; M., Nazeeb; S.G. Loong ¹

RESUMEN

El consumo de fertilizantes constituye una inversión importante. Para optimizar las utilidades, los fertilizantes tienen que ser utilizados eficaz y sensatamente. En vista de las muchas fuentes y tipos nuevos de fertilizantes en el mercado y la grave escasez de mano de obra que el sector de plantaciones está experimentando actualmente en Malasia Peninsular, este artículo revisa los varios tipos de fertilizantes y métodos de aplicación para optimizar el uso de los fertilizantes.

SUMMARY

Fertilizer input constitutes an important investment. To optimize returns, fertilizers have to be utilized efficiently and judiciously. In view of the many new sources and types of fertilizers in the market and the acute labor shortage currently experienced by the plantation sector in Peninsular Malaysia, the paper reviews the various fertilizer types and application methods to optimize fertilizer usage.

PALABRAS CLAVES: Fertilizantes, Métodos, Aplicación de fertilizantes, Plantaciones, Palma de aceite, Malasia.

INTRODUCCIÓN

La importancia de los fertilizantes en el cultivo de la palma de aceite ha sido bien establecida (Ng y Thamboo 1976; Hew y Ng 1968; Hew et al. 1973; Foster y Goh 1977; Foster 1982; Foster et al. 1986). Hasta hace poco, los fertilizantes representaban el 24% del costo agrícola de la producción de racimos

de fruta fresca (FFB) (Tan 1988; Nazeeb 1997). Sin embargo, con la llegada de la crisis económica global en 1977, el Ringgit malasio (RM) se ha depreciado un 62% contra el dólar de los Estados Unidos, lo cual resulta en aumentos significativos en los precios de los fertilizantes importados. Por consiguiente, el

*Versión revisada de un artículo presentado en el Seminario "Manejo Eficaz de Fertilizantes", organizado por ISP-Central Johor Branch, el 10 de marzo de 1999. Traducción realizada por Fedepalma.

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

costo de abonar ha aumentado alrededor del 45%, de RM 300-400 a RM440-550 por hectárea abonada (Ooi 1997; Ebor Research sin publicar).

Por lo tanto, los consumos de fertilizantes constituyen una inversión importante. Para elevar las ganancias, los fertilizantes tienen que ser utilizados eficaz y sensatamente. Existen numerosas publicaciones y revistas sobre requisitos óptimos de fertilizantes para abonar la palma de aceite en los ambientes malasio (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 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, el artículo revisa los distintos tipos de fertilizantes y los métodos de aplicación para optimizar el uso de fertilizantes.

TIPOS DE FERTILIZANTES PARA PALMA DE ACEITE

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

Fertilizantes simples

Por lo general, los fertilizantes simples se encuentran en forma de sustancias químicas inorgánicas simples.

Estos son fabricados o extraídos y normalmente proporcionan un solo elemento nutriente. Es la forma más común de fertilizantes utilizada, especialmente para las palmas de aceite maduras. El costo por unidad de nutrientes en los fertilizantes simples, por lo general, es más bajo que el costo de los compuestos u otras formas. Además, permite una aplicación más precisa para cumplir con los requisitos y el balance de nutrientes. Además de las

dosis óptimas, es muy importante mantener un equilibrio entre los elementos individuales de nutrientes para una producción óptima (Ng 1977); dosis altas de fertilizantes de un elemento individual no proporcionarán resultados óptimos (Teoh y Chew 1980; Chan 1982a; Foster et al. 1985; Gurmit 1990; Chan et al. 1993). Los cuatro elementos nutrientes macros, nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y magnesio (Mg) se tratan en la siguiente sección.

Fuentes de nitrógeno

Existen numerosas fuentes de nitrógeno disponibles en Malasia. Los fertilizantes nitrogenados utilizados más comúnmente en palma de aceite son el sulfato de amonio (21 % de N), el Nitrón-26 (26% de N), el cloruro de amonio (25% de N) y la urea (46% de N). Recientemente, otra fuente, el nitrato de amonio con un 34% de N fue introducida en la industria. Fuera de algo de urea provista localmente por la Planta Bintulu de Urea (con 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 en Malasia. 1995.

Fertilizante	Cantidad (toneladas)	Valor (millones de RM)
Sulfato de amonio	699.571	191,6
Cloruro de amonio	148.573	35,7
Nitrato de amonio	63.569	35,0
Urea	204.257	116,9

Fuente: Malaysia Agricultural Directory & Index 97/98

Se han realizado varias pruebas en Malasia para comparar la eficacia de diferentes fuentes de nitrógeno. Una prueba que compara las cuatro fuentes de nitrógeno mencionadas arriba, en suelos Rengam, demostró que no existían diferencias significativas entre los efectos del sulfato de amonio y el cloruro de amonio. Pero ambos eran mejores que el Nitrón-26 y la urea (Tabla 2). Sin embargo, otros

Tabla 2. Efecto de diferentes fuentes de nitrógeno sobre el rendimiento de palma de aceite en suelos Rengam.

Fuente	Rendimiento (t/ha/año)	
	Del 3º al 5º año ^a	Del 3º al 8º año ^b
Sulfato de amonio	25,89	27,78
Cloruro de amonio	24,75	-
Nitrato de amonio	22,15	24,62
Urea	23,37	23,78
Control (sin nitrógeno)	19,69	21,21

Fuente: ^aChan (1981); ^b Lim et al. (1985).

reportaron pequeñas diferencias entre los fertilizantes de amonio (Hew y Tam 1971; Ng 1977; Sinasamy et al. 1982; Tarmizi et al. 1993). Las respuestas más pobres a la urea se atribuyen a las pérdidas por volatilización del amonio del suelo después de la aplicación. Cuando la urea se aplica en la superficie del suelo, ésta se hidroliza para producir amoníaco y dióxido de carbono. El amoníaco luego reacciona químicamente con el dióxido de carbono y el agua. Esta reacción química es reversible y, por lo tanto, el amoníaco se puede perder mediante la volatilización en esta etapa. Se ha calculado que las pérdidas por volatilización en palma de aceite fluctúan entre el 29 y el 48% del nitrógeno aplicado (Chan y Chew 1984).

Existen numerosos factores que afectan la dosis de volatilización. La capacidad de intercambio catiónico (CEC) del suelo, la dosis y el método de aplicación de la urea están entre los factores importantes que afectan la volatilización. Las pérdidas por volatilización disminuyen con la capacidad de intercambio catiónico en aumento (Tan 1980). Generalmente, los suelos costeros tienen una mayor capacidad de intercambio catiónico y es por esto que la urea es tan eficaz como las otras fuentes de nitrógeno (Tabla 3). Tarmizi et al. (1993) reportaron, de una red de 12 pruebas de fertilizantes, que la eficacia relativa de la urea sobre el sulfato de amonio

Tabla 3. Efecto de las fuentes de nitrógeno sobre el rendimiento de palma de aceite en la serie Selangor.

Fuente ^a	Rendimiento acumulado (Kg/palma) Abril de 1973 a diciembre de 1978
Urea	1.173
Nitrato de amonio	1.162
Sulfato de amonio	1.151
Control (sin nitrógeno)	1.062

* A dosis equivalentes de nutriente de N.

Fuente: Teoh y Chew (1980).

depende del tipo de urea y el método de aplicación (Tabla 4). La aplicación al voleo de urea del grado forestal (7 mm de diámetro) fue tan eficaz como el sulfato de amonio.

Tabla 4. Porcentaje promedio de eficacia relativa de los tipos de urea comparado con el sulfato de amonio.

Método de aplicación	Urea granular estándar (%)	Urea de grado forestal (%)
Aplicación al voleo en los círculos	79,0	78,7
Aplicación al voleo general	71,0	105,2

Fuente: Tarmizi et al. (1993).

Por lo general, la selección de fertilizantes nitrogenados se determina primeramente por el costo efectivo de la unidad de nitrógeno. En suelos costeros,

Tabla 5. Economía de varios usos de nitrógeno en suelos costeros.

Parámetros	Sulfato de amonio (21% de N)	Nitrato de amonio (34% de N)	Urea (46% de N)
Precio del fertilizante (RM/t)	350	490	480
Costo por unidad de nitrógeno (RM)	16,67	14,41	10,43
Total de nitrógeno utilizado/ha/año (Kg)	100	100	143*
Total de fertilizante /ha/año	476	294	310
Costo de fertilizante/ha/año (RM)	166,60	144,06	148,80

*Suponiendo una pérdida del 30% por la volatilización.

Fuente: Investigación Ebor (Sin publicar).

con una menor pérdida de nitrógeno por volatilización, la urea todavía se puede considerar como fuente de nitrógeno. Sin embargo, para los suelos sedentarios del interior, la urea no se puede incluir como una fuente, en vista de su muy variable y alta pérdida por volatilización. Un ejemplo de la selección del uso de N en suelos costeros se ilustra en la Tabla 5. Mientras que la urea era la fuente de nitrógeno más barata, el nitrato de amonio (34% de N) es efectivamente una fuente más barata al precio corriente, después de considerar una pérdida por volatilización del 30% de la urea (Chan y Chew 1984).

Fuentes de fósforo

Dos de las principales fuentes de fósforo son las rocas fosfóricas (RP) y el superfosfato. Los superfosfatos son fabricados y son más costosos que las rocas fosfóricas. Los superfosfatos se obtienen mediante el tratamiento de la roca fosfórica con ácido fosfórico o sulfúrico. Estos materiales son sumamente solubles, pero, debido a sus altos costos, raramente son utilizados para el cultivo de la palma de aceite en Malasia.

La roca fosfórica es una piedra natural que contiene uno o más minerales de fosfato de calcio de suficiente pureza y cantidad como para permitir su uso directo (SIRIM 1980). Es bajo en solubilidad y casi todo se vuelve insoluble o "fijado" inmediatamente después de entrar en el suelo. La roca fosfórica varía inmensamente en características físicas, químicas, mineralógicas y de reactividad (liberación de P soluble) (Chien 1995). La reactividad química de la roca fosfórica determina la dosis de disolución de la roca fosfórica en la solución del suelo que a su vez determina el uso del P por las plantas. Chien (1995) sugirió que la solubilidad de la roca fosfórica se correlaciona con su eficacia agronómica.

La fuente tradicional de roca fosfórica utilizada en Malasia era la roca fosfórica de la Isla de Pascua (CIRP) y sus respuestas en palma de aceite bajo las condiciones malasias han sido bien estudiadas (Chan 1982b; Zin 1995). Sin embargo, durante los últimos años se están importando a Malasia rocas fosfóricas

de otras fuentes. Estas son: roca fosfórica china (CRP), roca fosfórica jordana (JRP), roca fosfórica de Carolina del Norte (NCRP), roca fosfórica tunecina (Gafsa) y roca fosfórica argelina; todas éstas varían en reactividad y el P_2O_5 total (Tabla 6). Su eficacia agronómica para la palma de aceite se está investigando actualmente (Zin 1995).

Tabla 6. El P_2O_5 y reactividad de varias fuentes de roca fosfórica.

Fuente de roca fosfórica	Reactividad	Total de P_2O_5 (%)
Carolina del Norte, USA	Alta	30
Gafsa, Tunez	Alta	29
Kaiyang, China	Baja	37
El-Hassan, Jordania	Mediana	30
Isla de Pascua, Grado-A	Mediana	35

Fuente: Adaptado de Diamond (1978).

Mientras los resultados de estas pruebas no estén disponibles, las selecciones se tienen que hacer con base en la limitada información disponible. Aparte de evitar el uso de rocas de baja reactividad, tanto las rocas de mediana reactividad como las de alta reactividad se podrían considerar, en vista de la alta fijación de P en los suelos de Malasia Peninsular. Chien (1995) recalcó que el contenido total de P_2O_5 en una roca fosfórica no tiene relación con la reactividad química y la eficacia agronómica de la roca fosfórica y, como tal, la selección basada en el costo efectivo por unidad de roca, se prefiere al de costo por unidad de nutriente.

En vista de que la roca fosfórica tiene un efecto residual considerablemente largo con una lenta liberación del P para las palmas, se ha sugerido una frecuencia más baja de aplicación para reducir los costos de aplicación. Sin embargo, Foong y Syed (1995) informaron que la aplicación anual proporcionaba un rendimiento neto significativamente más alto, comparado con la aplicación una vez cada dos años y una vez cada cuatro años. Para mejorar la eficacia aún más, Foster y Tayeb (1986) recomendaron que la roca fosfórica se aplicara en avenidas. Los resultados de sus experimentos demostraron que la

respuesta en el rendimiento fue significativamente más alta cuando la roca fosfórica se aplicaba en avenidas, comparado con la aplicación a los círculos desyerbados o las pilas de hojas.

Fuentes de potasio

El potasio es un nutriente muy importante para el abonamiento de la palma de aceite. El muriato o cloruro de potasio-MOP (60% de K_2O) es el fertilizante de potasio más ampliamente utilizado para palma de aceite en Malasia. El sulfato de potasio y el nitrato de potasio son hechos a partir del cloruro y por lo tanto son mucho más costosos.

Malasia importa alrededor de 900.000 toneladas de K_2O por año (97% de las cuales son muriato de potasio) principalmente de Canadá, Rusia, Jordania y los Estados Unidos (Malaysia Agricultural Directory & Index 97/98). Los grados y calidad de las diferentes fuentes son bastante estándar. Su eficacia agnómica sobre los rendimientos de palma de aceite en varios ambientes y tipos de suelos en Malasia están bien documentados (Chan 1982a; Foster et al. 1985; Teoh y Chew 1988; Goh et al. 1994; Tang et al. 1996).

Sin embargo, el muriato de potasio tiene limitaciones en suelos ácidos sulfatados, donde las cenizas de los racimos vacíos son más efectivas (Hew y Poon 1973; Gurmit 1990). Las cenizas de los racimos, producidas al incinerar los desperdicios de racimos de frutas, son extremadamente básicas (pH 12) y contienen aproximadamente un 41 % de K_2O de peso en seco (Yeow et al. 1977). Ellas tienen un efecto de mejoramiento sobre las propiedades físicas del suelo y mejoran el pH de los suelos hiperácidos. Sin embargo, la disponibilidad de cenizas de racimos está bastante limitada, ya que la incineración en la mayoría las plantas extractoras está prohibida según reglamentos malasios. Aun donde la incineración está permitida, los racimos vacíos se utilizan o bien como cobertura del suelo o se utilizan por su fibra. Los resultados de pruebas que comparan las cenizas de racimos vacíos y el muriato de potasio, demuestran que los racimos vacíos tienen efectos similares a los de las cenizas de racimos (Tabla 7).

Tabla 7. Efecto de la fertilización con potasio sobre el rendimiento de palma de aceite en la serie Sedu.

Fuentes	Rendimiento promedio (t/ha/año) 1988 a 1989
Control (sin K)	24,5 (100%)
Muriato de potasio (2 Kg/palma/año)	24,7 (101%)
Muriato de potasio (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 (250Kg/palma/año)	26,2 (107%)
LSD (5%)	3,6

Fuente: Ebor Research (sin publicar).

Para suelos ácidos sulfatados y de turba se pueden utilizar las cenizas de los racimos con base en una rotación con el muriato de potasio. Si se utilizan las cenizas de racimos, es importante asegurarse de que no sean aplicadas junto con fertilizantes nitrogenados, de lo contrario, las reacciones químicas conducirán a pérdidas sustanciales de N. Además, se deben esparcir ralmente al voleo sobre una área que se extienda desde el borde del círculo desyerbado hacia afuera. Puede ocurrir daño a las raíces alimenticias si se aplican densamente.

Fuentes de magnesio

Las dos fuentes más comunes de magnesio son la kieserita y la cal dolomítica. La kieserita es muy soluble y contiene el 26% de MgO . La cal dolomítica tiene una capacidad alta de neutralización ácida y contiene el 18-21% de MgO y el 34% de CaO . Gurmit (1990), Foong y Mohd Hussin (1995) y Goh et al. (1998) demostraron que la kieserita era más efectiva, comparada con la cal dolomítica, para promover rendimientos de palma de aceite, tanto en suelos costeros como del interior. Sin embargo, Goh et al. (1998) reportaron que la cal dolomítica tenía una mayor eficiencia relativa de economía, si se comparaba con la kieserita, de alrededor de 1,5 veces mejor. Es necesario examinar el uso a largo plazo de la cal dolomítica en vista de una posible depresión de captación de potasio debida al componente calcio

de la cal dolomítica. Esta puede ser la razón de la menor eficacia agronómica de la cal dolomítica (Tabla 8) en pruebas a largo plazo (Gurmit 1990). En suelos del interior, Mohd Hussin et al. (1998)

Aparte de la kieserita y la cal dolomítica, una fuente más nueva conocida como sulfato de magnesio sintético está disponible actualmente en el mercado. El producto es derivado del tratamiento de la dolomita

Tabla 8. Efecto de fertilización con magnesio sobre el rendimiento de palma de aceite en la serie Sedu.

Fuente*	Rendimiento promedio (t/ha/año)				% del control
	1974-77	1978-81	1982-88	1974-88	1974-88
Control (sin Mg)	24,9	22,3	22,4	23,1	100
Cal dolomítica	26,2	23,6	23,1	24,2	105
Kieserita	26,3	25,0	24,1	25,0	108
Promedio variable	Ns	4,1**	4,3**	4,4**	-
Eficacia agronómica relativa de la cal dolomítica sobre la Kieserita	93%	48%	41%	58%	-

*Equivalente a 3 Kg de Kieserita por palma por año

Fuente: Gurmit (1990)

demonstraron que la aplicación de 1,3 kg de kieserita por palma por año producía rendimientos agronómicos óptimos y rendimientos económicos, comparados con la cal dolomítica a lo largo de un período de ocho años (Tabla 9).

plazo, la kieserita sigue siendo la selección preferida de magnesio. Sin embargo, si el diferencial de precio se vuelve muy grande, la cal dolomítica se puede considerar un sustituto o se puede utilizar con base en una rotación.

Tabla 9. Efecto de fertilización con magnesio sobre el rendimiento de palma de aceite en la serie Rengam.

Fuente	Dosis aplicada (Kg/MgO/palma/año)	Rendimiento promedio (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
Cal dolomítica	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
CV		1,14	-
LSD		3,49	-

Costos asumidos: Kieserita - 480 RM/t
Cal dolomítica-135 RM/t
Racimos de fruta fresca - 300 RM/t

Fuente: Mohd Hussin et al. (1998).

o magnesita con ácidos sulfúricos industriales. Parece ser que tiene 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 eficaz que las fuentes tradicionales (Investigaciones Ebor, sin publicar).

Con base en el trabajo realizado hasta la fecha y considerando el riesgo de efectos negativos a largo

Mezclas de fertilizantes

Las mezclas se hacen mediante la simple mezcla de fertilizantes simples. Se pueden preparar según las proporciones específicas que sean apropiadas para un requisito de nutrientes en particular. Las mezclas permiten 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 de especificaciones requeridas individualmente. En las plantaciones, los fertilizantes simples se pueden mezclar antes de aplicarlos. Una mezcla homogénea se podría obtener utilizando

una mezcladora de cemento, según se demostró en una prueba realizada por Investigaciones Ebor. Los resultados indicaron un ahorro positivo de mano de obra, tiempo y costo de aplicación cuando las mezclas se utilizan con igual peso, como las aplicaciones fraccionadas de varios fertilizantes simples (Investigaciones Ebor, sin publicar). Sin embargo, se necesita más trabajo para evaluar la logística de mezclar fertilizantes simples a nivel de las plantaciones en forma comercial.

En general, los fertilizantes que se van a mezclar deben ser compatibles, tanto química como físicamente. No debe haber pérdida gaseosa, ni rebaja en la disponibilidad de nutrientes. Los materiales alcalinos, tales como la cal o la escoria básica, no se deben mezclar con fertilizantes nitrogenados, ya que se perderá amoníaco. Los nitratos absorben humedad y hacen que las mezclas en polvo se vuelvan pegajosas. Se pueden volver muy difíciles para esparcir. Las propiedades físicas, tales como tamaño de partículas y la densidad, también deben ser compatibles para evitar la segregación durante el transporte y el esparcimiento. La Figura 1 ilustra una guía de posibilidades de mezcla de fertilizantes recomendada por la International Fertilizer Industry Association (1992).



Figura 1. Posibilidades de mezclar fertilizantes (la compatibilidad limitada se debe principalmente a la higroscopicidad).
Fuente: IFA (1992).

En vista de que las mezclas son propensas a asentarse cuando se almacenan por más de unos pocos días, es mejor preparar sólo lo que se pueda aplicar inmediatamente.

Fertilizantes compuestos

Los fertilizantes compuestos se definen como cualquier producto homogéneo que contiene dos o más de los nutrientes químicamente combinados. En la fabricación de compuestos de NPK, la roca fosfórica es atacada primero por un ácido, luego se añade amoníaco y finalmente sales de potasio. La mayoría de los fertilizantes compuestos vienen en forma granulada.

Esto los hace más fáciles para manejar, almacenar y esparcir, comparados con los fertilizantes simples. Sin embargo, todos los cultivadores saben que el costo de un fertilizante completo de NPK es mayor que los tres fertilizantes simples que proporcionan una cantidad equivalente de nutrientes. Por lo tanto, la mayoría de los agrónomos nunca recomiendan fertilizantes compuestos para palma de aceite madura.

Sin embargo, los compuestos son utilizados muy extensivamente en viveros y cultivos inmaduros, especialmente para reducir el número de rondas de aplicación. En una prueba que compara fertilizantes simples y 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 fertilizantes sobre el rendimiento de racimos de fruta fresca.

Fertilización durante la inmadurez	Rendimiento de RFF (t/ha) Febrero de 1985 a diciembre de 1988
Fertilizantes simples (dosis estándar) ^a	41,4 (100%)
Superfos ^b en equivalente a potasio (dosis estándar)	41,5 (100%)
Compuestos CCM ^c sobre equivalente de potasio (dosis estándar)	41,5 (100%)
S.D.	3,29

a Consumos totales 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, con la grave escasez de mano de obra en las plantaciones, el uso de los compuestos para reducir el número de rondas de aplicación en la fase inmadura, puede adquirir popularidad. Esto se debe a que no se pueden utilizar esparcidores mecánicos para dispersar los fertilizantes en palmas inmaduras, donde la colocación óptima es el círculo de la palma (Broeshart 1959; Foster y Tayeb 1986).

Fertilizantes de lenta liberación

Bajo las Normas Malasias, el fertilizante de lenta liberación se define como "un fertilizante donde la tasa de liberación del fertilizante es regulada por el uso de revestimientos con materiales tales como el azufre y un compuesto polimérico". El fertilizante de lenta liberación es mucho más costoso que los fertilizantes compuestos con equivalencia nutritiva. El uso comercial de fertilizantes de lenta liberación

en los viveros de gran escala en Sabah y Sarawak era principalmente para reducir la aplicación 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 fue más vigoroso en el tratamiento con compuestos. 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 en viveros que evaluaban seis fertilizantes de lenta liberación realizados por Ebor Research (sin publicar), ninguno de los fertilizantes de lenta liberación resultó ser mejor que el fertilizante compuesto estándar. Los resultados de uno de los experimentos se resumen en la Tabla 11.

Tabla 11. Efecto de varios fertilizantes de lenta liberación sobre plántulas de palma de aceite (hoja del 3 al 12º mes).

TRATAMIENTO	PRODUCCIÓN DE HOJAS, DEL 5 AL 12º MES	ALTURA (m)	LONGITUD DEL RANQUIS Ø (m)	SECCIÓN DE CRUCE DE PECÍOLO (cm ²)	PESO SECO DE LA 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
Fertilizante de lenta liberación 1@ (16:8:9:0)	16,61	1,59	0,94	1,74	0,38	0,79
Fertilizante de lenta liberación 2@ (15:9:9:0)	16,66	1,57	0,88	1,74	0,38	0,78
Fertilizante de lenta liberación 3@ (10:10:5:2)	15,11	1,27	0,73	1,74	0,35	0,54
Coefficientes de Variación (CV) (%)	1,60	3,71	4,03	7,48	3,55	6,64
SED	0,22	0,05	0,94	0,11	0,01	0,04
Valor de F	31,31**	17,27**	14,15**	3,40*	3,43*	10,54*
LSD (5%)	0,48	0,10	0,06	0,23	0,02	0,09
LSD (1%)	0,67	0,14	0,09	—	—	0,12

@ A las respectivas dosis comerciales recomendadas del fertilizante de lenta liberación, m - mes.
Fuente: Ebor Research (sin publicar).

En experimentos en campos inmaduros, Ong et al. (1994) reportaron que los fertilizantes de lenta liberación eran comparables a los fertilizantes simples estándar para promover el crecimiento de la palma en renovaciones y en 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 el desmonte de selva con 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 atribuya a las diferencias en las reservas inherentes de nutrientes entre los suelos. Las reservas de nutrientes en el suelo son mínimas en el subsuelo recortado en las terrazas. No obstante, en ausencia de registros

Tabla 12. Efecto de Agrobien sobre el crecimiento vegetativo de palmas inmaduras en suelos costeros.

TRATAMIENTOS	LONGITUD DE RANQUIS (m)		PRODUCCIÓN DE HOJAS	PESO SECO DE LAS HOJAS (Kg)		ÁREA RELATIVA DE LA HOJA (m ²)	
	12 MDS	18 MDS	12 - 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 de fertilizante de lenta liberación (16:8:9:3)	1,51	1,97	18,98	0,71	0,93	1,93	3,31
500 g de fertilizante de lenta liberación (16:8:9:3)	1,48	1,96	20,56	0,70	0,94	2,01	3,25
700 g de fertilizante de lenta liberación (16:8:9:3)	1,51	1,97	19,85	0,71	0,92	2,04	3,15
SED	0,06	1,10	0,42	0,04	0,05	0,17	2,26
Valor de F	0,15ns	0,11ns	8,04*	0,13ns	0,32ns	0,23ns	0,58ns
LDS 5%			1,03				

MDS - meses después de la siembra.

@ Consumos totales de nutrientes.

Fuente: Ebor Research (sin publicar).

de rendimiento y considerando el factor costo, puede ser prematuro asumir que el fertilizante de lenta liberación puede ser sustituido en las fases tempranas inmaduras. Entre tanto, en vista de las situaciones tan graves de mano de obra, puede haber algún mérito en aplicar fertilizantes de lenta liberación.

Fertilizante orgánico o productos secundarios

Los fertilizantes orgánicos se clasifican como fertilizantes que son derivados principalmente de productos biológicos (de plantas o animales), donde la mayoría de los elementos nutritivos están presentes como compuestos orgánicos (SIRIM 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 buena fuente de materia orgánica y nutrientes de las plantas. Estos son los racimos vacíos, el efluente de la planta extractora y los residuos de las palmas (troncos y hojas) en el momento de la renovación.

Los racimos vacíos constituyen el 20-25% de los racimos de fruta fresca. Tienen un alto valor nutritivo, pues una tonelada de racimos vacíos tendría un

equivalente fertilizante de 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), y pueden ser utilizados como cobertura del suelo en el campo para proporcionar nutrientes lentamente, así como para mejorar el estado de la materia orgánica del suelo. Esto mejora la estructura del suelo y es beneficioso para el crecimiento temprano de la palma, especialmente cuando al terraplenar y otra preparación del suelo ha resultado en el retiro de la capa vegetal superior o en la compactación. Loong et al. (1988), Gurmit et al. (1990) y Lim y Chan

(1990), todos han reportado aumentos significativos en los rendimientos y posibilidad de obtener utilidades cuando las palmas son cubiertas con racimos vacíos, tanto para palmas inmaduras como para maduras. Las respuestas en los rendimientos fluctúan entre el 10 y el 23% (Tabla 13). Las dosis óptimas recomendadas de cobertura del suelo se muestran en la Tabla 14.

Tabla 13. Efecto de la cobertura del suelo con racimos vacíos sobre los rendimientos de racimos de fruta fresca.

SERIE DE SUELO	% DE AUMENTO DEL RENDIMIENTO SOBRE EL FERTILIZANTE INORGÁNICO NORMAL DE LA PLANTACIÓN	FUENTES
Palmas inmaduras		
Selangor	16	Loong et al. (1988)
Palmas maduras		
Rengam	10	Loong et al. (1988)
Lunas	23	Gurmit et al. (1990)
Acob	17	Gurmit et al. (1990)

La producción de efluentes en la planta extractora de aceite de palma es de 700 kg de líquido por cada

Tabla 14. Dosis óptimas recomendadas para la cobertura del suelo

	DOSIS DE RACIMOS VACÍOS (l/ha/ronda)	SUPLEMENTOS DE FERTILIZANTES (Kg/ha/ronda)		FRECUENCIA
		NITRÓGENO	FOSFORO	
Inmaduros				
En la Costa	25	102 (urea)	34 (RP)	Primera ronda inmediatamente después de la siembra.
En el Interior	30	148 (AS)	74 (RP)	Segunda ronda después de 14 meses
Maduros				
En la Costa	37	122 (urea)	34 (RP)	Anual
En el Interior	37	444 (AS)	222 (RP)	

Fuente: Loong et al. (1988).

tonelada de racimos de fruta fresca procesada (Wood 1991). Los efluentes también son ricos en nutrientes esenciales de las plantas (Lim 1988) y la aplicación en el campo es fácil mediante irrigación de la superficie. Aumentos en los rendimientos hasta del 29% por encima de los fertilizantes inorgánicos normales han sido reportados para palmas con aplicación de efluentes (Tabla 15). En vista de que las áreas con aplicación de efluentes no requieren ningún suplemento de fertilizante inorgánico, hay un ahorro en el costo de fertilizante. El efluente de una planta extractora con capacidad de 60 toneladas por hora podría reemplazar completamente el requisito de fertilizante inorgánico de 250 a 300 hectáreas de palma de aceite (Wood 1991). La supervisión a largo plazo de los sistemas de aplicación al suelo muestran que no hay efectos perjudiciales para el suelo o para las corrientes de agua (Khalid y Zin 1994).

Tabla 15. Efecto del efluente de la planta extractora de aceite de palma sobre los rendimientos de racimos de fruta fresca.

LUGAR	% DE AUMENTO EN EL RENDIMIENTO, SOBRE EL FERTILIZANTE INORGÁNICO NORMAL DE LA PLANTACIÓN	FUENTES
En el Interior	23	Nazeeb (1997)
En la Costa	16	Nazeeb (1997)
En la Costa	29	Gurmit (1990)

Las técnicas de renovación sin quema resultan en una gran cantidad de residuos de palma en el lugar de origen. Se calcula que los residuos de la renovación de una hectárea tendrían un fertilizante equivalente a 738 kg de urea, 205 kg de roca fosfórica, 848 kg de muriato de potasio y 488 kg de kieserita (Hassim et al. 1995). Estos residuos, que son ricos en materia orgánica, pueden mejorar aún más la eficacia de los fertilizantes, permitiendo así la reducción de consumos de fertilizantes y mejorando, por lo tanto, la posibilidad de obtener utilida-

des. Esto es apoyado por el fortalecimiento de respuestas de la palma al reciclaje de nutrientes de los residuos reportados por Khalid et al. (1996, 1999).

En conclusión, es beneficioso utilizar los subproductos para obtener rendimiento óptimos y utilidades. Las técnicas de cero-quema deben continuar con un refinamiento adicional de las técnicas. La cobertura del suelo con racimos vacíos debe ser explotada completamente en los campos inmaduros, cuando la logística no es un constreñimiento (Loong et al. 1988). Cuando la planta extractora se encuentra en la vecindad, los efluentes deben ser utilizados totalmente para la aplicación terrestre en los lotes.

MÉTODOS DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTES

Existen tres formas comunes de aplicación de fertilizantes, a saber: manual, esparcimiento mecánico y aplicación aérea.

La aplicación manual de fertilizantes es el método más ampliamente empleado en las plantaciones de Malasia. Los fertilizantes se colocan en el círculo desyerbado para las palmas jóvenes o se aplican al voleo parejamente para las palmas más antiguas. La

aplicación al voleo general de fertilizantes promueve una mayor eficacia (Tabla 16) y tiene la menor pérdida de nutrientes mediante la escorrentía, si la aplicación al voleo se realiza en las hileras de hojas podadas o paleras (Tabla 17).

Tabla 16. Efecto de la colocación del fertilizante sobre los rendimientos de racimos de fruta fresca*.

COLOCACIÓN	RRF (t/h/año)
Círculo desyerbado	26,04 (100%)
Voleo general	26,80 (103%)

* Promedio de 15 pruebas.
Fuente: Zin et al. (1990).

Tabla 17. Pérdidas promedias de nutrientes por la 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 lote	11,1	2,8	5,0	5,6

Fuente: Maene et al. (1979).

Existen ciertas limitaciones para la abonada manual. Es muy lenta e intensiva en mano de obra, cobertura de este método es sólo de cuatro hectáreas por día de trabajo de un hombre. En áreas con difícil acceso, es posible que la aplicación de fertilizantes no sea uniforme y que algunas palmas queden sin abonar. Las palmas que quedan sin abonar durante la aplicación del fertilizante causan un descenso en el rendimiento (Tabla 18). Además, el problema de robo siempre es una posibilidad que, por consiguiente,

Tabla 18. Efecto del abonado inapropiado sobre los rendimientos de racimos de fruta fresca.

	RENDIMIENTO/PALMA(Kg) AÑOS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO					ACUMULADO
	1	2	3	4	5	
Abonado normal	209	200	196	216	225	1.046
Abonado "omitido" @	202	184	171	180	170	908

@ Durante el año 1 y en adelante.
Fuente: Nazeeb (1997).

requiere supervisión intensiva para la aplicación manual.

En el esparcimiento mecánico, los fertilizantes se cargan dentro del receptáculo portador de semillas para la siembra y se descargan en las hileras entre las palmas mediante la energía de un tractor. Este método de aplicación requiere menos mano de obra, con una productividad de alrededor de 20-25 hectáreas por día de trabajo de un hombre. Más importante es el método disponible actualmente que tiene más beneficios de costo (Tabla 19). El costo promedio de aplicación es sólo la mitad del costo de la aplicación manual. Sin embargo, el esparcimiento mecánico no es posible en terrenos ondulados que no sean accesibles para tractores. Tampoco es adecuado en áreas inmaduras y casi maduras, donde la colocación óptima de fertilizantes es en el círculo de la palma.

La aplicación aérea de fertilizantes fue introducida en la agricultura malasia a principios de la década de los 70, pero nunca fue adoptada ampliamente (Loong et al. 1990). Uno de los principales impedimentos para esta aparente falta de interés es el factor costo; con costos de aplicación que fluctúan

entre RM80 y 100 por tonelada. Las principales ventajas de este método de aplicación son la rapidez y la reducción en los requisitos de mano de obra y de supervisión. Con aviones más nuevos, con una mayor carga útil, es posible una aplicación de 150-200 toneladas por día. Por lo tanto, el programa anual se puede terminar en 20-25 días para una plantación de 2.000 hectáreas (Tabla 19). La rápida cobertura permite la aplicación estrecha de fertilizantes de nitrógeno y potasio, que resulta en una nutrición más equilibrada para las palmas. También permite que las palmas se aprovechen de los efectos sinérgicos de fertilizantes de nitrógeno y potasio. Los requisitos de mano de obra se reducen aún más con el uso de fertilizantes a granel y el Sistema Global de Posicionamiento (GPS) para eliminar marcadores en el suelo (Nazeeb 1996). Otros beneficios son el ahorro en supervisión, la distribución uniforme de los fertilizantes en el campo y la eliminación de robos.

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

MODOS	COSTO/ ha/ronda RM/ha	ha/ DÍA DE TRABAJO DE UN HOMBRE	DURACIÓN EN DÍAS	OBSERVACIONES
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.
Esparcidor	2,76	22,3	135	2 unidades, 6 rondas, 4 trabajadores.
Aéreo	12,03	600	20	600 ha/avión/día, 6 rondas, costo de aplicación 1,25 kg/palma, 65 RM/t.

Fuente: Nazeeb (1996).

Aparte de los factores de la utilización de mano de obra y costos, la eficacia agronómica de un sistema de aplicación es igualmente crítica. Chan y Lim (1990) mostraron que el esparcimiento mecánico era significativamente mejor que la aplicación aérea o manual en el aumento de los rendimientos (Tabla 20). A lo largo de dos años, los rendimientos en parcelas con esparcimiento mecánico fueron de 1,5 toneladas por hectárea por año más que en terrenos con aplicación aérea o manual. No existe una diferencia significativa entre los tratamientos de aplicación aérea y manual. La superioridad del esparcimiento mecánico de fertilizantes puede ser debida a un porcentaje mayor de fertilizantes atrapados por la pila de hojas, reduciendo por lo tanto la lixiviación y las pérdidas superficiales por escorrentía.

Tabla 20. Efecto de varios modos de aplicación de fertilizantes de N y K sobre la palma de aceite.

MODOS DE APLICACIÓN	RENDIMIENTO PROMEDIO DE RFF (t/ha/AÑO)
Aplicación aérea	19,35
Esparcidor mecánico	21,21
Aplicación manual	19,96
Control (sin fertilizante)	16,95
S.E.	0,37

Fuente: Chan y Lim (1990).

Chan y Lim (1990) reportaron que no existían diferencias en rendimientos entre la fertilización aérea y la manual; una prueba a más largo plazo realizada por Ebor Research mostró que los rendimientos eran afectados por la aplicación aérea. En promedio, los rendimientos fueron más bajos que en la aplicación manual, con dosis equivalentes.

La aplicación manual produjo 0,7 toneladas por hectárea por año y 1,9 toneladas por hectárea por año más que la aplicación aérea con dosis completas y reducidas, respectivamente. Las dosis reducidas con aplicación a mano fueron comparables a las dosis completas por aire (Tabla 21). Al considerar los resultados, se recomienda que la dosis de fertilizante sea aumentada por encima de las dosis manuales para sostener los rendimientos. Desafortunadamente, esto hará que la abonada aérea pierda aún más atractivo.

Tabla 21. Efecto del abonado aéreo sobre el rendimiento promedio de racimos de fruta fresca.

TRATAMIENTO	AÑO								PROMEDIO (t/ha/AÑO)
	2	3	4	5	6	7	8	9	
Aéreo reducido	22,2	28,2	21,5	25,7	24,1	16,1	25,7	26,1	23,7
Aéreo a dosis completa	21,6	31,0	20,7	26,6	25,7	18,5	27,1	27,7	24,9
Manual reducido	18,7	28,1	21,9	27,6	27,1	18,5	27,4	27,7	24,6
Manual a dosis completa	21,4	29,6	21,9	28,4	27,6	17,8	28,8	29,6	25,6

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

Fuente: Nazeeb (1996).

En breve, el esparcimiento mecánico es menos costoso y más eficaz. También es suficientemente beneficioso en cuanto a mano de obra. Debe ser una prioridad de selección para la aplicación de fertilizantes en las plantaciones de palma de aceite, en vista de los problemas de escasez de mano de obra. Además, existen varios modelos más nuevos de esparcidores disponibles para adaptarse a una variedad de ambientes. Los modelos mejorados también tienen mayores capacidades en los receptáculos portadores de las semillas y sistemas de descarga más eficaces, lo cual resulta en un mínimo de esparcimiento en áreas sub-

óptimas en los campos. Para las áreas de terraplén y campos inmaduros, donde no se recomiendan esparcidores mecánicos, la abonada asistida mecánicamente, según lo sugiere Teo et al. (1993), utilizando el Búfalo Mecánico puede ser una opción. El costo de la abonada asistida con Búfalo Mecánico fue más económico que el de la aplicación manual y se podía lograr una reducción considerable en la mano de obra (Tabla 22).

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

	DOSIS 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	< 1,0	24	8	4,00
(Siembra en línea recta y en terraplén)	1,0-1,5	21	7	to
Campos inmaduros	>1,5	15	5	4,50
a) Terreno plano a ondulado	0,15-0,50	35-45	4,5-6,0	2,50-3,00
b) Siembra terraplenada en terreno montañoso	0,15-0,50	25-35	4,0-5,5	3,00-4,00

* El costo incluye los costos de mano de obra y operaciones del Búfalo Mecánico.

Fuente: Teo et al. (1993)

Aunque el costo aéreo es considerado alto para la comercialización, puede ser una mejor opción para terrenos ondulados y condiciones de terreno blando, donde no se pueden utilizar esparcidores mecánicos. Es posible que también sea mejor adaptado para las áreas con un régimen de alta precipitación, donde los períodos de abonada están limitados, requiriendo, por lo tanto, una terminación rápida. Aun en una situación normal, pero con grave escasez de mano de obra, es posible que el abonado aéreo siga siendo una mejor selección, a pesar de los costos.

OTRAS CONSIDERACIONES

Las aplicaciones de fertilizantes son vitales para la producción de racimos de fruta fresca. Para aumentar al máximo la posibilidad de obtener utilidades, el programa de fertilización debe ser implementado eficazmente. La importancia de aplicaciones correctas (equilibradas y adecuadas), regulares (provisión

continua) y oportuna (evitando pérdidas por escorrentía y lixiviación), no se puede recalcar demasiado. La mejor selección de tipos y fuentes de fertilizantes depende de un número de factores, incluidos, no sólo las diferentes propiedades de los fertilizantes y el costo, sino también la disponibilidad, consistencia de la calidad, el suelo y las fases meteorológicas y de crecimiento 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 los máximos beneficios de los fertilizantes aplicados, es esencial mantener buenas condiciones de crecimiento para las palmas de aceite. Aparte de los factores examinados en las secciones anteriores, el manejo de malezas, plagas y enfermedades y la población de plantas también influyen en la eficacia del fertili-

zante (Nazeeb et al. 1997). Por lo tanto, la administración eficaz de una plantación es decisiva para perfeccionar los resultados del uso correcto de fertilizantes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a Sime Darby Plantations por el permiso para publicar este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

Broaeshart, H. 1959. The application of radioisotopic techniques to fertilizer placement studies in oil palm cultivation. Netherlands Journal of Agricultural Sciences (Holanda) v.7, p.95-109. Cited by Turner & Gillbanks (1974).

- Chan, K.S.; Chew, R.S. 1984. Volatilization losses of urea on various soils under oil palm. In: *Fertilizers in Malaysian Agriculture. Proceedings. MSSS 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; R.S. Chew (Eds.). *The Oil Palm in Agriculture in the Eighties. Volume II. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur*, p.119-153.
- 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. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur*. p.323-348.
- 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. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur*. p.395-423.
- Lim, K.C. 1990. A comparison of aerial manuring, mechanical spreading and hand application of N and K fertilizers in oil palm - Preliminary results. *Pahang Planting Association Annual Journal 1990*. p.75-78.
- Ahmad, A. 1993. Fertilizer efficiency studies in Malaysia. In: Y. Basiron et al. (Eds.). 1991 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. *Pedegar Bahan Pertanian Sdn Bhd, Selangor*.
- Diamond, R.B. 1978. Views on marketing of phosphate rock for direct application. In: *Seminar on Phosphate Rock for Direct Application. Proceedings. Haifa, Israel*, p.448-463.
- Foong, S.F.; Mohd Hussin, M.S. 1995. Preliminary results on comparison of ground magnesium limestone and kieserite on oil palm yield. Paper presented at Seminar on Magnesium Fertilizer Usage in Malaysia at Kuala Lumpur on 26 October 1995. *MSSS/Kali Und Salz GmbH of Germany. (Abstract)*.
- 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 fertilizer requirements in Peninsular Malaysia. Part II: Effect of different environments. *PORIM Bulletin (Malasia) no.4*, p.46-56
- Goh, H.S. 1977. Fertilizer requirements of oil palm in West Malaysia. In: D.A. Earp; W. Newall (Eds.). *International Developments in Oil Palm. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur*. p.234-261.
- M. Tayeb H.J. Dolmat; Zin, Z.Z. 1985. Oil palm yield responses to N and K fertilizers in different environments in Peninsular Malaysia. *PORIM Occasional Paper (Malasia) no.16*. 23p.
1986. The effect of different methods of placement and frequency of application of fertilizer to oil palm on an inland soil in Peninsular Malaysia. *PORIM Bulletin (Malasia) no. 12*.
- Ahmad Tarmizi Mohd; M. Tayeb HJ Dolmat; Chang, K.C.; Zin, Z.Z.; HJ Abdul Halim Hassan. 1986. Fertilizer 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. *IPI Research Topic (Suiza) no.17*.
- 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. Fertilizers in oil palms on a range of alluvial soils. In: S. Jalani et al. (Eds.). 1989 International Palm Oil Development Conference - Agriculture. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p.383-394.
- Manoharan, S.; Toh, IS. 1990. United Plantations approach to palm oil mill by-product management and utilization. In: S. Jalani et al. (Eds.). 1989 International Palm Oil Development Conference-Agriculture. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p.225-234.
- Hashim, M.; Teoh, C.H.; Kamaruzaman, A.; Ali, M. 1995. Zero burning - An environmental friendly replanting technique. In: S. Jalani (Eds.). 1993 PORIM International Palm Oil Congress 'Update 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 no.509, p.417-429.
- Lim, K.P. 1973. The rationalization of manuring oil palms and its economics in Malaysia. In: R.L. Wastie; D.A. Earp (Eds.). Advances in Oil Palm Cultivation. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, p.306-320.
- 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; D.A. Earp (Eds.). Advances in Oil Palm Cultivation. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, p.239-244.
- Tam, IK. 1971. Agronomy Annual Report for 1970. Harrisons and Crosfield Oil Palm Research Station, Banting, Malaysia. 174p.
- International Fertilizer Industry Association. 1992. D.J. Halliday; M.E. Trenkel (Eds.). IFA World Fertilizer Use Manual. Paris, IFA. 632p.
- Khalid, H.; Zm, Z.Z.; Anderson, J.M. 1996. Management of palm residues using various replanting techniques in oil palm plantations. In: D. Ariffin et al. (Eds.). 1996 PORIM International Palm Oil Congress "Competitiveness for the 21st Century". Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.241-253.
1999. Effects of oil palm residues management at replanting on soil nutrient dynamics and oil palm growth. In: 1999 PORIM International Congress 'Emerging Technologies and Opportunities in the Next Millennium'. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p.43-54.
- Lau, C.H.; Hardter, R.; Foong, S.F.; Mohd Hussin, M.S. 1995. Comparative study of leaching losses of two Mg sources (Abstract). Paper presented at Seminar on Magnesium Fertilizer 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 optimizing empty fruit bunch application in oil palm. In: S. Jalani et al. (Eds.). 1989 International Palm Oil Development Conference - Agriculture. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p.235-242.
1993. Comparison of Guthrie natural fertilizer with other slow release organic fertilizers. In: Y. Basiron et al. (Eds.). 1991 PORIM International Palm Oil Conference - Agriculture. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p.370-375.
- Yee, C.B.; Goh, K.H.; Chan, K.W. 1985. Results of field experiment comparing various nitrogen fertilizers for oil palm. In: A.T. Backik; E. Pushparajah (Eds.). Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur, p.393-409.
1988. Integrated systems for treating and utilizing plantation effluents: palm oil mill effluent as a specific example. In: E.R. Hall; PN. Hobson (Eds.). 5th International Symposium on Anaerobic Digestion. Proceedings. Oxford: Pergamon Press. p.303-313.
- Ling, A.H. 1992. Some aspects of large-scale nursery management in Sabah. The Planter (Malasia) v.78no.790, p.9-17.

- Loong, S.G.; Mohd Nazeeb; Letchumanan, A. 1988. Optimizing the use of EFB mulching on oil palm on two different soils. In: Halim et al. (Eds.). 1897 International Oil Palm/Palm Oil Conference-Agriculture. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p.605-639.
1990. A commercial trial showing the promise of aerial application of fertilizer to oil palms. The Planter (Malasia) v.66 no.768, p.125-132.
- Maene, L.M.; Thong, K.C.; Ong, T.S.; Mokhtaruddin, A.M. 1979. Surface wash under mature oil palm. In: E. Pushparahaj (Ed.). Symposium on Water in Malaysian Agriculture. Proceedings. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur. p.203-216.
- Malaysia Agricultural Directory & Index 97/98. Agriquest Sdn Bhd. Selangor, 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, no.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.
- Tang, M.K.; Letchumanan, A.; Loong, S.G. 1997. The long-term effects of aerial application of fertilizers 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 fertilizer usage. In: D.A. Eap; W. Newall (Eds.). International Developments in Oil Palm. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur. p.209-233.
- Thamboo, S. 1967. Nutrient contents of oil palms in Malaysia - 1. Nutrient required for reproduction: Fruit bunches and male inflorescence. The Malaysian Agricultural Journal (Malasia) v.46 no.1, p.3-45.
- Ong, K.P.; Teo, L; Zainuriah, A. 1994. Immature oil palm responses to slow release fertilizers. In: B. Aziz et al. (Eds.). The International Conference on Fertilizer Usage in the Tropics. Proceedings. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur. p.340-361.
- Ooi, L.H. 1997. Impact of the current currency fluctuations on oil palm estates. Paper presented at the BEN Mechanization Workshop at Sandakan, Sabah on 19 November 1997 (Preprint). 9p.
- Sinasamy, N.; Palaniappan, S.; Kamal Rol Zaman; Syed Sofi-Syed Omar. 1982. Sources of and response to nitrogen in oil palm cultivation. In: Seminar on Nitrogen in Malaysia Agriculture. Proceedings. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur. p.167-188.
- Standard And Industrial Research Institute Of Malaysia. 1980. Malaysian Standard MS 643: 1980. Shah Alam, Malaysia.
- 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 transformation processes in soils in Peninsular Malaysia. Universiti Sains Malaysia (Ph. D. Thesis).
- Tang, M.K.; Mohd Nazeeb; Loong, S.G.; Letchumanan, A. 1996. Oil palm responses to potassic fertilizers on two alluvial soils in Peninsular Malaysia. In: D. Ariffin 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. Basiron et al. (Eds.). 1991 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.). 1991 PORIM International Oil Palm Conference. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p.179-196.
- Teoh, K.; Chew, P.S. 1980. Fertilizers 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.
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 Planter (Malasia) v.67 no.785, p.375-392.
- Yeow, K.H.; Mohd Hashim; Toh, P.Y. 1981. Fertilizer placement investigations in mature oil palm plantings. In: E. Pushparajah; P.S. Chew (Eds.). The Oil Palm in Agriculture in the Eighties. Proceedings. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, p.183-199.
- Zin, Z.Z. 1995. Phosphate rock fertilizer 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.
- A Tarmizi Mohd; Foster, H.I.; M Tayeb HJ Dolmat; Khalid Haron; Hamdan A. Bakar. 1990. Evaluation of urea as a nitrogen fertilizer for the oil palm industry in Malaysia. In: 1989 International Palm Oil Development Conference -Agriculture. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.440-446.