

Manejo de suelos y fertilizantes en plantaciones de palma de aceite en Malasia¹

Soil and fertilizer management in oil palm plantations in Malaysia

ZIN Z. ZAKARIA¹



RESUMEN

El establecimiento de una plantación de palma de aceite es una inversión a largo plazo, la cual puede durar por lo menos dos o tres ciclos de cultivo y las técnicas de manejo empleadas durante el período inicial del establecimiento pueden afectar los costos de producción y la utilidad durante un período considerable. La producción sostenible y rentable de palma de aceite depende, en gran medida, de los estándares de las prácticas agronómicas dadas, especialmente relacionadas con el manejo del suelo y de los fertilizantes, lo cual puede mantener el estado inherente de fertilidad del suelo. En este trabajo se revisan las diversas técnicas adoptadas para el manejo del suelo y la utilización de fertilizantes en una plantación de palma de aceite en Malasia. Se da un mayor énfasis a la conservación de la fertilidad del suelo y el mantenimiento de la producción, lo cual implica el proceso biológico y la conservación de los recursos naturales sin causar efectos nocivos al medio ambiente. Para mantener un buen crecimiento y rendimiento de la palma de aceite, el fertilizante constituye el mayor gasto variable. Se discutirá la importancia de utilizar técnicas de manejo adecuadas, con el fin de optimizar la eficiencia del uso de fertilizantes. Una nutrición mejorada de la palma de aceite es muy esencial para lograr un alto rendimiento de aceite de palma. Los estudios han demostrado que la respuesta óptima al fertilizante aplicado sólo puede lograrse mediante técnicas apropiadas de manejo del suelo y de un correcto mantenimiento del cultivo, de tal forma que se minimicen las pérdidas y se maximice su utilización por el cultivo. La erosión superficial y la lixiviación pueden causar problemas graves en áreas con altos niveles de pluviosidad, especialmente en los terrenos ondulados en los que se cultiva la palma de aceite. Se han identificado varios factores que pueden afectar la eficiencia de la recuperación del fertilizante, incluyendo el método de aplicación de fertilizante, el tipo de fertilizante utilizado, la frecuencia y la época de aplicación. Para optimizar y mejorar la eficiencia del fertilizante, es necesario implementar técnicas apropiadas de aplicación de fertilizante y prácticas de manejo agronómico correctas.

SUMMARY

The establishment of an oil palm plantation is a long-term investment, which could last at least for two or three crop cycles, and the management techniques adopted during the early period of establishment could affect the production costs and return over a considerable period of time. Sustainable and profitable oil palm production would depend very much on the standards of agronomic practices given particularly towards soil and fertilizer management which could conserve the inherent soil fertility status. The various techniques adopted in the management of soil and fertilizer uses in Malaysian oil palm plantation will be reviewed. A major emphasis is given in conserving soil fertility and sustaining crop

* Ponencia presentada en la XII Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite. "Retos y oportunidades para la Palma de Aceite". 3 al 5 de septiembre de 1997. Cartagena de Indias, Colombia.

Traducido por Fedepalma. Esta ponencia se encuentra disponible en inglés en el Centro de Información de Fedepalma.

1 Palm Oil Research Institute of Malaysia - PORIM. P.O. Box 10620, 50720 Kuala Lumpur, Malasia.

production that involves the biological process and conservation of natural resources with non-detrimental effect to the environment. To maintain good growth and yield of oil palm, fertilizer form the major variable expenditure item. The importance of using appropriate management techniques to optimize the efficiency of fertilizer utilization will be discussed. Improved oil palm nutrition is very essential in achieving high oil palm yield. Studies have shown that optimum response to applied fertilizer can only be achieved through appropriate soil management techniques and crop husbandry so as to minimize losses and maximize utilization by the crop. Surface erosion and leaching can posed serious problems in the high rainfall areas particularly in an undulating terrain where oil palms are grown. Several factors have been identified which could influence the efficiency of fertilizer recovery including method of fertilizer placement, type of fertilizer used, frequency and timing of application. To optimize and improve fertilizer efficiency, the appropriate techniques of fertilizer application and agronomic management practices need to be implemented.

Palabras claves: Palma de aceite, Fertilizantes, Aplicación de fertilizantes, Suelo.

INTRODUCCIÓN

La palma de aceite (*Elaeis guineensis*, Jacq.) originaria del trópico de la Costa de Guinea de Africa Occidental, fue introducida al Lejano Oriente por los holandeses en 1848, a través del Jardín Botánico de Bogor en Indonesia. En 1870, la palma de aceite se introdujo a Malasia a través del Jardín Botánico de Singapur. En un principio se sembraron como palmas ornamentales y la primera producción comercial se inició en 1917. Sin embargo, el ímpetu expansivo se inició en la década del sesenta como resultado de un programa gubernamental de diversificación de cultivos. El desarrollo de la industria de la palma de aceite en Malasia se intensificó por la existencia de la capacidad y destreza en el manejo de plantaciones, la investigación agronómica y los avances tecnológicos, junto con las condiciones favorables, de clima y suelo.

El área total plantada con de palma de aceite en Malasia es actualmente de 2,6 millones de hectáreas. Siendo el mayor proveedor de aceite de palma y palmiste, lo que representa aproximadamente una cuarta parte del comercio mundial de exportación de aceites y grasas, la industria malaya de aceite de palma juega un papel esencial en la economía del país. El establecimiento de una plantación de palma de aceite constituye, básicamente, una inversión a largo plazo que puede tener una duración de dos o tres ciclos de cultivo. Las técnicas de manejo adoptadas durante el periodo inicial de la plantación pueden afectar los costos de producción y la utilidad durante un período considerable. La producción sostenible y rentable de la palma de aceite depende, en gran medida, de los estándares de las prácticas agronómicas dadas,

especialmente relacionada con el manejo del suelo y los fertilizantes, lo cual puede preservar el estado inherente de fertilidad del suelo.

En este estudio se revisarán las técnicas de manejo del suelo y los fertilizantes empleadas en las plantaciones de palma de aceite en Malasia. Se resaltarán las diversas prácticas agronómicas empleadas en la actualidad en Malasia, las cuales ayudan a lograr y sostener el alto índice de productividad de la palma de aceite.

CONSERVACIÓN DE LA FERTILIDAD Y LA HUMEDAD DEL SUELO

Buenos rendimientos de palma de aceite se han obtenido, a partir de palmas cultivadas en una amplia gama de suelos; sin embargo, es indispensable adoptar buenas prácticas de manejo del suelo y de aguas y técnicas apropiadas de desmonte y preparación, drenaje y conservación de la fertilidad del suelo, con el fin de optimizar las relaciones suelo/agua, conservar la materia orgánica del suelo y mejorar los problemas de estructura del suelo durante las etapas de establecimiento.

Debido a que cada suelo tiene sus propias características, es importante aplicar técnicas adecuadas específicamente a cada lugar. Por ejemplo, la palma de aceite es el mejor cultivo para suelos ácidos sulfatados, pero la pirita que se encuentra cercana a la superficie constituye una limitación muy grave. Un excesivo drenaje de suelos ácidos sulfatados inundados puede inducir a condiciones ácidas tóxicas. En este caso, se debe hacer énfasis en el manejo de la tabla de

agua del suelo, más bien que sólo en el drenaje.

Desmante y preparación del suelo

Se debe dar una alta prioridad a la importancia de la correcta programación y adopción de técnicas de desmante en la conservación de la fertilidad inherente al suelo para la siembra de palma de aceite. Debido a que los proyectos de palma de aceite constituyen una inversión a largo plazo que puede durar por lo menos veinticinco años, el ahorro en costos durante la etapa inicial, de establecimiento de los primeros dos años, puede afectar los costos de producción y las utilidades durante un período considerable. Así que es siempre aconsejable adherir a los altos estándares necesarios durante la fase del establecimiento, con la debidas técnicas de desmante y preparación del suelo. El uso de maquinaria en suelos húmedos, resultará en surcos profundos que pueden, en últimas, convertirse en pozos de agua estancada, especialmente evidentes en suelos con un drenaje deficiente.

El empleo de técnicas de desmante deficientes puede afectar, de manera adversa, la fertilidad de los suelos, resultando en graves escorrentías, erosión de la capa vegetal, lixiviación, volatilización y fijación, así como en fallas al establecer los cultivos de cobertura.

La clave para la fertilidad en los suelos tropicales depende de la materia orgánica, la cual es una capa delgada de la superficie del suelo. Las técnicas de desmante deben siempre tener como objetivo la conservación de esta frágil capa, si se esperan utilidades óptimas de los fertilizantes que se apliquen en años posteriores. La desmante cuidadoso y el establecimiento de un vigoroso cultivo de cobertura leguminoso durante el primer año pueden resultar en ahorros significativos en los costos de mantenimiento y de los fertilizantes a lo largo de la vida productiva de las palmas.

Una cuidadosa selección y utilización de la maquinaria para la desmante del suelo puede minimizar el daño estructural al suelo y conservar la fertilidad inherente al mismo. En suelos arcillosos pesados, las operaciones mecánicas pueden causar compactación del suelo, lo cual resulta en una deficiente aireación, que a su vez puede afectar el crecimiento de las palmas

jóvenes. Debido a que la palma de aceite tiene un sistema radical relativamente superficial, en el cual la mayoría de las raíces se encuentran en los 30 cm superiores del suelo (Gry y Hew 1968), se recomienda que la zona radical en el hueco de siembra de la palma de aceite sea lo suficientemente grande y conducente al desarrollo de las raíces. Estudios recientes han demostrado que la adopción la técnica del hueco de siembra grande ha resultado en aumento del crecimiento y el comportamiento del rendimiento (Zin 1997).



Durante las operaciones de desmante, es inevitable causar daño, tanto al terreno como al suelo. Sin embargo, se debe intentar minimizar el daño trabajando cuando las condiciones climáticas lo permitan y reduciendo las labores cuando el suelo esté mojado. El mayor daño al suelo, sucede normalmente cuando durante condiciones de humedad se usa movimiento de maquinaria pesada.

Manejo del agua

La humedad, probablemente, constituye uno de los factores más importantes que afectan los rendimientos de la palma de aceite. Muy poca o demasiada humedad pueden conducir a un crecimiento deficiente y un bajo rendimiento. Es importante anotar que suelos con un drenaje deficiente requerirán un sistema de drenaje adecuado, si se espera un

buen comportamiento de las palmas africanas, aunque la palma de aceite puede crecer en suelos con drenaje imperfecto. Por la experiencia de campo, la mejor época para construir los drenajes es durante la etapa de preparación del terreno. Los sistemas de drenaje en el campo, por lo general, se basan en las condiciones de textura y de drenaje natural del suelo. A continuación, se presentará el espaciamento recomendado entre las zanjas de drenaje en las plantaciones de palma de aceite:

1. Suelos con fallas de drenaje y suelos arenosos con drenaje deficiente: se ubican zanjas de drenaje entre cada ocho hileras de palma.
2. Suelos arcillosos con drenaje deficiente y suelos arenosos con drenaje muy deficiente: se ubican las zanjas de drenaje entre cada cuatro hileras de palma.


La
humedad
constituye
uno de los
factores que
afectan los
rendimientos
de la palma
de aceite.


3. Suelos arcillosos con drenaje muy deficiente: se ubican las zanjas de drenaje entre cada dos hileras de palma.

Las anteriores recomendaciones se aplican a suelos formados sobre depósitos aluviales, y que están sujetos a fluctuaciones en el nivel freático. Las anteriores recomendaciones generales permiten la flexibilidad y dan cabida a realizar modificaciones a medida que la palma crece. En situaciones en las que el problema de drenaje no es causado por fluctuaciones en el nivel freático, sino por una lenta filtración a través del subsuelo arcilloso o de substratos duros del suelo, se sugiere el subsolado con el fin de acelerar la filtración. Chuah y Lim (1989) reportaron rendimientos significativamente más altos cuando el nivel freático se controló adecuadamente, en comparación con rendimientos con niveles freáticos no controlados.

Terrazas

Donde el terreno no es plano, la necesidad de prácticas de conservación de suelo y agua dependen de la pendiente del terreno. En terrenos que van de ondeados a ondulados (pendiente de 2° a 12°), en términos generales, no es necesario construir terrazas, si bien en el caso de suelos franco arenosos, se recomienda cavar fosas de limo. Para terrenos con una pendiente superior a los 6°, la siembra en terrazas ayuda a conservar el agua y a minimizar la erosión del suelo. Cuando el terreno es montañoso (pendientes de 12° a 20°) o escarpado (pendiente mayor de 20°), es necesario hacer terrazas, especialmente en el caso de los terrenos aún más pendientes. Las terrazas deben tener un ancho de 3 a 4 m y espaciadas cada 10 m. Aunque las palmas de aceite pueden establecerse de manera satisfactoria en terrenos muy escarpados (pendiente mayor de 25°), esta práctica debe restringirse a suelos con un perfil profundo y, desde el punto de vista de conservación, esto no es recomendable.

El objetivo principal de la construcción de terrazas es facilitar las operaciones de campo, tales como cosecha, recolección de frutos caídos y recolección mecanizada en el campo de los RFF. Otros beneficios adicionales de la siembra en contorno y en terrazas es que ayuda a reducir la escorrentía superficial y contra-

resta el movimiento pendiente abajo de agua, suelo y fertilizantes, especialmente cuando se colocan hojas de palma a través de la pendiente de la terraza o el contorno (Kee y Chew 1996).

Construcción y mantenimiento de carreteras



La red vial es la línea de vida de una plantación de palma de aceite. Un sistema vial adecuado para todas las condiciones climáticas es vital para una mecanización efectiva. La construcción de las carreteras se determina acorde con las pendientes o terrazas del terreno. Por lo general, la longitud requerida para las carreteras es de aproximadamente 100 a 150 m por hectárea y puede incrementarse significativamente en terrenos difíciles.

El sistema de carreteras en una área sin terrazas, con una pendiente menor de 5°, con siembra en línea recta, debe ser cada 160 m (20 palmas) para las carreteras de recolección y de 320 m (40 palmas) para las carreteras principales. En el área con terrazas, el espaciamiento entre carreteras de colección, por lo general, oscila entre 16 y 22 palmas.

La construcción de carreteras en zonas montañosas es una de las causas principales de erosión del suelo y requiere la aplicación de ciertos parámetros para su control. La inclinación de la carretera es, posiblemente, el más importante de estos parámetros, y la pendiente máxima aceptable es de aproximadamente 7° (inclinación 1 en

8). Sin embargo, el daño será inevitable, incluso en pendientes de 7° e inferiores, si no se prevé la construcción de un adecuado peralte y drenaje a los lados de la carretera. El objetivo del peralte consiste en remover el agua de la superficie de la carretera y canalizarla hacia los drenajes a los lados de la misma. Los drenajes laterales son esenciales en todas las secciones de corte.

En la construcción del sistema vial en las plantaciones de palma de aceite se deben proveer medidas de control de erosión a lo largo de las carreteras, tales como el grado de inclinación de los taludes laterales, los drenajes laterales y las zanjas para la recolección de limo. La construcción de drenajes laterales eficaces a lo largo de la carretera y la colocación


*La red
vial es la
línea de
vida de
una
plantación
de palma
de aceite.*


de alcantarillas apropiadas para todos los cursos de flujo se considera esencial.

Colocación de los cultivos de cobertura

Lo más pronto posible después de construidas las terrazas se establecen los cultivos leguminosos de cobertura, con el fin de lograr rápidamente una buena cobertura de la superficie, para reducir así la formación de limo en las mismas, principal resultado de las lluvias fuertes, especialmente en terrenos ondulados. Otras ventajas son el mejoramiento de la materia orgánica del suelo y de su estado nutritivo, una mejor aireación del suelo y conservación de su humedad, y un control biológico de malezas y plagas tales como el *Oryctes*.

Después de dos años bajo un cultivo de cobertura debidamente fertilizado, los suelos degradados estarán totalmente rejuvenecidos. Durante el período de inmadurez, las leguminosas fijan grandes cantidades de nutrientes, especialmente de nitrógeno de la atmósfera y los devuelven al suelo, por medio de la descomposición de los desechos. La acumulación de desechos foliares comienza unos seis meses después del establecimiento de la leguminosa. Los retornos de nitrógeno en el primer año del desarrollo son relativamente bajos, pero a partir del segundo año, se liberan grandes cantidades de nitrógeno. Se ha estimado que durante este período se liberan unos 200-300 kg N/ha. En la Tabla 1 se muestra el efecto benéfico del establecimiento de un cultivo leguminoso en la plantación de la palma de aceite.

Tabla 1. Efecto de la cobertura leguminosa sobre el rendimiento de RFF.

Tratamiento	Rendimiento en 5 años de RFF		
	N0	N1	N2
Control	70,2	101,0	114,4
Cultivo de cobertura leguminoso	107,8	122,8	131,1

Los tipos de cultivos de cobertura leguminosos sembradas normalmente en una plantación de palma de aceite incluyen las siguientes especies:

- Fuerana javanica*
- Pueraria phaseoloides*
- Centrosema pubescens*
- Mucuna cochinchinensis*
- Calopogonium mucunoides*
- Calopogonium caeruleum*

En el campo se emplean varias mezclas de leguminosas, a una tasa de aproximadamente 5,5 - 6,0 kg/ha. Normalmente, la política de una leguminosa pura (es decir, libre de maleza) se adopta en los primeros 2 - 2,2 años, después de la siembra. En las mezclas de cobertura es importante incluir especies que perduren una vez se haya cerrado el dosel, tales como *C. caeruleum*. Yeow *et al.* (1982) demostraron que el efecto residual de la cobertura de suelo duraba al menos diez años después de su colocación.

"Mulching" o cobertura del suelo

El "mulching" se considera, hoy en día, una práctica agronómica normal en la mayoría de las plantaciones de palma de aceite en Malasia. Esta práctica es benéfica para el manejo del suelo y conservación del agua y se recomienda en suelos bien drenados, en los cuales las palmas están propensas al estrés hídrico, en terrenos ondulados y en zonas de alta pluviosidad. El valor del "mulching", especialmente utilizando residuos de palma de aceite, ha sido estudiado por muchos investigadores y se ha comprobado que es muy valiosa para el mejoramiento del estado de fertilidad del suelo, así como para aumentar el rendimiento de RFF.

Tanto en las plantaciones de palma de aceite, como en la planta de procesamiento, se generan grandes volúmenes de residuos de palma. Debido a su volumen y potencial de contaminación, estos residuos, que a su vez tienen un alto contenido de nutrientes para la planta, pueden reciclarse devolviéndolos al campo para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Las principales fuentes de residuos de cosecha en palma de aceite son:

Racimos vacíos o raquis

Los racimos vacíos contienen una alta cantidad de nutrientes. Con base en su contenido de nutrientes, una tonelada de racimos vacíos contiene el equivalente a 8 kg de urea; 2,9 kg de CIRP; 18,3 kg MOP y 4,7 kg de kieserita. Cuando se aplican como una cobertura en el campo, a las tasas adecuadas, han mostrado ser benéfico para la productividad de las palmas, como se aprecia en la Tabla 2. La tasa recomendada de aplicación de racimos vacíos es de aproximadamente 250 kg/palma/año, lo cual equivale a una tasa de aplicación de 34 a 36 tM de raquis/ha/año. El total de nutrientes liberados por la descomposición de los racimos vacíos se considera adecuado para sostener un buen crecimiento de la palma y producción de RFF.

Además de agregar nutrientes, otros efectos benéficos del "mulching" con racimos vacíos son los siguientes:

- mejora la estructura del suelo
- aumenta el contenido de materia orgánica del suelo
- mejora la retención de humedad del suelo
- aumenta la población/actividad microbiológica
- aumenta la capacidad de intercambio de cationes del suelo (CEC), y
- mejora la aireación de infiltración del suelo

Efluente de la planta extractora de aceite de palma

El efluente fresco de la planta extractora de aceite de palma (EPEA) es extremadamente alto en bioquímica de oxígeno (DBO) y un contenido de nutrientes, especialmente de nitrógeno y potasio. Después del proceso de tratamiento, se dispone de varios tipos de EPEA que pueden aplicarse al suelo como sustitutos de fertilizantes inorgánicos para la mayoría de los cultivos, incluyendo la palma de aceite. Se ha comprobado que la aplicación del EPEA tratado ha demostrado que mejora los rendimientos de RFF de palma de aceite, como se ilustra en la Tabla 3.

Las tasas de aplicación recomendadas para palmas maduras oscilan entre 360 y 550 l/palma/año, dependiendo del tipo de suelo. A estas tasas de

Tabla 2: Efecto del "mulching" sobre el rendimiento de RFF.

Tasa de racimos vacíos (kg/p/año)	Rendimiento RFF (t/ha)						Total
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	
Control	23,9	30,0	30,6	28,2	14,6	24,8	152,1
150	22,4	29,3	31,4	29,8	13,7	21,7	148,3
300	24,3	30,9	31,8	30,4	16,8	25,6	159,0

Tabla 3. Efecto del efluente de la planta extractora de aceite de palma (EPEA) aplicado al suelo sobre el rendimiento de RFF.

Tasa de EPEA aplicado (kg/p/año)	Rendimiento de RFF (t/ha)						Total
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	
Control	30,7	28,4	29,6	31,5	27,3	29,7	177,2
136	31,6	31,5	27,0	30,0	25,0	25,5	170,6
272	33,7	34,5	30,2	32,0	31,5	25,9	187,8

aplicación, cada palma recibirá el equivalente a 2-3 kg de urea, 1,8-2,8 kg de CIRP, 1,5-2,2 kg de MOP y 2,3-3,5 kg de kieserita. Los estudios demuestran que la aplicación de EPEA al suelo, en forma regulada, no tiene un efecto nocivo sobre el medio ambiente (Zin et al. 1990). Otros beneficios que se derivan de la aplicación de EPEA al suelo son muy similares a los de la técnica de "mulching" con racimos vacíos.

Hojas podadas

Durante la cosecha de los racimos o a través del mantenimiento regular de un cultivo, hojas podadas están disponibles en las plantaciones. Las hojas podadas son ricas en nutrientes y, en términos de equivalente de fertilizantes, una tonelada de hojas secas contiene 59,8 kg de urea, 14 kg de CIRP, 39,8 kg de MOP y 27,8 kg de kieserita. La colocación de estas hojas entre las hileras de palma constituye una importante práctica agronómica, la cual permite una distribución uniforme de la materia orgánica y los nutrientes. El "mulching" también crea un ambiente conductivo para el desarrollo de raíces alimenticias, lo cual resulta en una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, tanto de las hojas en descomposición, como de los fertilizantes aplicados. Los efectos benéficos de la colocación de hojas sobre el rendimiento de palma de aceite se observan en la Tabla 4.

Otras ventajas derivadas de la colocación de las hojas podadas son una más alta retención de humedad, un mejoramiento general de la porosidad del suelo y tasas de infiltración, más alta, reduciendo así la erosión del suelo y el lavado de la superficie. En terrenos ondulantes y montañosos, la colocación de hojas en el sentido de las pendientes puede hacer las veces de barrera física contra la erosión del suelo.

Estípite y hojas de la renovación del cultivo

Durante el período de renovación del cultivo se tienen grandes cantidades de residuos de palma en forma de estípite y hojas. Estos materiales también tienen una alta cantidad de nutrientes, como se observa en la Tabla 5. Una forma de reciclaje de nutrientes se logra cortando y triturando estos materiales y dejándolos podrir en el campo, lo cual ayuda a mejorar el estado de fertilidad y otras importantes propiedades del suelo.

Tabla 4. Efecto de la colocación de hojas podadas sobre el rendimiento de RFF.

Colocación de hojas podadas	Rendimiento de producción de racimos con fruto (FFB) - (t/ha)					Total
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
Hojas removidas	26,8	30,5	32,5	28,3	29,0	147,1
En un punto	28,5	34,6	33,0	30,0	31,8	157,8
En círculo	30,6	35,7	35,9	32,2	35,0	169,4

MANEJO DE FERTILIZANTES

La producción de palma de aceite en Malasia se encuentra principalmente en Ultisols y Oxisols y, en menor escala, en Inceptisols e Histosols. Debido al deficiente estado de fertilidad del suelo y abastecimiento de nutrientes, con frecuencia se requiere la utilización de grandes cantidades de fertilizantes para lograr y sostener un alto crecimiento y rendimiento de la palma de aceite. En promedio, las plantaciones de palma de aceite se gastan aproximadamente un 25-30% del costo total de la producción de aceite de palma en fertilizantes. Para lograr una máxima eficiencia en el uso de fertilizantes y la utilización por el cultivo con pérdidas mínimas, es necesario adoptar técnicas de manejo adecuadas dentro de un enfoque integral. El manejo de fertilizantes constituye un área crítica para una buena rentabilidad del cultivo. El abonamiento orgánico debe ser supervisado adecuadamente, con el fin de garantizar que todas las palmas reciban la dosis requerida.

Requerimiento de nutrientes

En Malasia, se han llevado a cabo diversos estudios sobre los requerimientos de nutrientes de la palma de aceite y las respuestas en rendimiento a los fertilizantes (Tan 1977; Fosteretal. 1986). Con base en los resultados

Tabla 5. Nutrientes disponibles derivados de los residuos de palma durante la renovación del cultivo y su equivalente de fertilizante.

Residuos de palma	Contenido de nutrientes (kg/ha)			
	N	P	K	Mg
Estipite	219,60	21,15	314,55	52,65
Hojas	119,83	11,08	109,71	23,34
Total	339,43	32,23	424,26	75,99
	Equivalente de fertilizante (kg/ha)			
	Urea	Roca fosfórica	MOP	Kieserita
Estipite y hojas	737,89	92,09	707,10	281,44

de ensayos disponibles, se pueden establecer los patrones y tendencias generales de respuestas y requerimientos de fertilizantes, indicando la capacidad de suministro de nutrientes del suelo y el requerimiento de las palmas en los suelos respectivos (Ng 1967).

El requerimiento de nutrientes de una palma individual varía según el material de siembra y las prácticas de manejo tales como la densidad de siembra, manejo de la cobertura, intensidad de poda, etc. Suponiendo que dichas prácticas son estándar, el requerimiento de nutrientes dependerá, en gran medida, del potencial de rendimiento máximo del ambiente. Dicho rendimiento puede ser restringido por factores como pluviosidad insuficiente, profundidad reducida del suelo o drenaje insuficiente. En cualquiera de estos casos, se reducirá la cantidad de nutrientes requeridos.

El adecuado suministro de nutrientes para la palma de aceite puede corroborarse, bien sea mediante un análisis foliar o del suelo. En la práctica comercial por lo general anualmente se mide la concentración de nutrientes en los folíolos centrales de la hoja 17. El objetivo del diagnóstico foliar en palma de aceite es cuantificar la deficiencia de nutrientes específicos, de manera que se puedan calcular los correspondientes ajustes del fertilizante. Sin embargo, la interpretación de los resultados del análisis foliar puede ser difícil si existe una deficiencia significativa de más de un nutriente.

El análisis foliar sólo puede utilizarse si el nivel de la mayoría de nutrientes es aproximadamente correcto. Por ello, es importante que los requerimientos iniciales de fertilizante se evalúen con la máxima precisión posible, con base en las características del lugar. Para una nutrición óptima de la palma de aceite debe lograrse un nivel equilibrado de todos los nutrientes. Es especialmente importante lograr el balance entre el N, K y Mg con las bases foliares totales. Esto último varía significativamente según el tipo de suelo y la edad de la palma y representa la mayor parte de la variación observada en los niveles óptimos de follaje.

Los cambios en la fertilidad del suelo en un lugar específico se pueden supervisar con precisión mediante un análisis del suelo. La ausencia de interacciones entre los nutrientes en el análisis del suelo permite determinar, en forma independiente, la disponibilidad de cada elemento. Sin embargo, al comparar los

resultados del suelo, tomados de diferentes lugares, se puede encontrar una muy amplia gama de niveles críticos del suelo, dependiendo de los rendimientos. Dicha variación puede resultar de las diferencias en los métodos de aplicación de fertilizantes y de la medida en la cual el fertilizante aplicado logra un equilibrio con el suelo. Sin embargo, si los datos de análisis del suelo se emplean en conjunto con el análisis foliar y otra información pertinente, se puede desarrollar una recomendación discriminatoria de fertilizantes para la palma de aceite.

A lo largo de los años, el PORIM, en asocio con la industria de palma de aceite, ha realizado una serie de ensayos de fertilizantes en diferentes tipos de suelo y ambientes. A partir de los datos obtenidos, se han desarrollado curvas de respuesta para cada fertilizante en relación con el lugar específico, con base en las propiedades climáticas y del suelo. Un sistema de recomendación de fertilizantes desarrollado por PORIM, con base en este principio, permite predecir los rendimientos y requerimientos de fertilizantes a partir de los factores propios de cada lugar.

Pérdidas de nutrientes y recuperación del fertilizante

Las pérdidas de nutrientes pueden ser importantes en las plantaciones de palma de aceite, especialmente en áreas con alta pluviosidad y terrenos ondulantes. El empleo de buenas técnicas de manejo agronómico y el adecuado entendimiento de la eficiencia en el uso de fertilizantes ayuda a minimizar las pérdidas y a maximizar la utilización por el cultivo. Las rutas más comunes de pérdida de nutrientes son:

- Técnicas de desmonte y preparación del suelo inadecuadas
- Escorrentía y erosión superficial
- Lixiviación
- Volatilización y desnitrificación
- Fijación

Desmonte y preparación del suelo

Como se discutió antes, el empleo de técnicas de desmonte incorrectas y el manejo ineficiente del suelo pueden producir escorrentías superficiales considerables, erosión de la capa vegetal y lixiviación. Por lo tanto, es necesario adoptar técnicas apropiadas,

con el fin de conservar la fertilidad del suelo y reducir la pérdida de nutrientes a través de diversos métodos, los cuales dependen de la conformación del terreno. En pendientes no muy escarpadas, puede ser suficiente el establecimiento de cultivos de cobertura y la colocación de hojas podadas a lo largo de la línea de contorno. En terrenos más empinados, la siembra en contorno y la construcción de terrazas o plataformas, jarillones a lo largo de la línea de contorno son esenciales para minimizar las pérdidas de nutrientes mediante las escorrentías superficiales. Al utilizar técnicas apropiadas, se mejora la fertilidad del suelo y con la retención de la capa vegetal y la materia orgánica se puede esperar una mejor respuesta y recuperación del fertilizante.

Escorrentías y erosión de la capa vegetal

Los estudios han demostrado que las pérdidas de nutrientes por la escorrentía y la erosión de la capa vegetal pueden ser críticas, especialmente cuando se aplican fertilizantes durante los meses de invierno. Las pérdidas por escorrentías se pueden reducir si el suelo está seco al momento de aplicar el fertilizante (Tabla 6). Por ello, la sincronización de la aplicación para evitar los fertilizantes en épocas de alta pluviosidad, puede ayudar a evitar las pérdidas de fertilizantes.

Como es de esperar, los fertilizantes fácilmente solubles son los más susceptibles de perderse mediante la escorrentía y la lixiviación; estos son N, K, Mg y B (Foong 1991). Los fertilizantes de roca fosfórica, que son los menos y más lentamente disponibles son retenidos principalmente en la materia orgánica de la capa vegetal. Por ello, la erosión en capas puede afectar gravemente el abastecimiento de fósforo. Por lo tanto es ventajoso aplicar los fertilizantes de roca

Tabla 6. Pérdidas promedias de nutrientes por escorrentía. (Pluviosidad: 1.426 mm).

Ubicación en el lote	Pérdida porcentual de nutriente *					
	N	P	K	Mg	Ca	B
Hilera de palma	13,3	3,5	6,0	7,5	6,8	22,9
Camino de cosecha	15,5	3,4	7,3	4,5	6,2	32,8
Hilera de hojas podadas	2,0	0,6	0,8	2,7	0,8	3,3
Línea de hojas podadas/ camino de cosecha	6,6	1,4	3,5	2,2	3,4	12,5
Promedio para el lote	11,1	2,8	5,0	5,6	5,2	20,7
Nutrientes del fertilizante aplicado (kg/ha)	90,2	52,0	205,9	32,8	78,9	2,4

* % pérdida en relación con la cantidad total de nutrientes aplicados

Fuente: Maene et al. 1979.

fosfórica a las cubiertas de leguminosa y construir reservas en el suelo. Esto aumentará el crecimiento de las leguminosas de cobertura y posteriormente podrá reducir las aplicaciones de fertilizantes fosfóricos a las palmas.

El efecto de la erosión de la capa vegetal puede exponer las raíces alimenticias más activas a la superficie del suelo y esto puede reducir la capacidad de retención de agua de los suelos, reduciendo así la disponibilidad de algunos nutrientes. Las prácticas de manejo de suelo y de los surcos entre las hileras de palmas son esenciales para minimizar la escorrentía y la erosión.

Otras medidas que pueden reducir pérdidas son:

- . El "mulching" con racimos vacíos;
- . La colocación apropiada de hojas podadas (paleras);
- . Sincronización la aplicación de fertilizantes;
- . Distribución de fertilizantes al voleo;
- . Siembra en terrazas y plataformas;
- . Mantenimiento de los cultivos leguminosos de cobertura.

Lixiviación

Las pérdidas por lixiviación pueden ser graves, especialmente en suelos arenosos de textura ligera, donde el contenido de materia orgánica del suelo es bajo y la pluviosidad alta. Los fertilizantes fácilmente solubles que suministran N, Mg y K son los más susceptibles a las pérdidas por lixiviación, mientras que el P se mantiene inmóvil en el suelo y, por lo tanto, las pérdidas por lixiviación no son significativas (Tabla 7). Los fertilizantes de nitrato son más susceptibles a la lixiviación en comparación con las fuentes de nitrógeno

Tabla 7. Pérdidas de nutrientes por lixiviación medidas mediante estudios lisimétricos en palma de aceite.

Edad de la palma (años)	% pérdidas por lixiviación			
	N	P	K	Mg
1 - 4	16,6 (10,9-26,5)	1,8 (neg-5,8)	9,7 (3,4-19,5)	69,2 (8,4-169,4)
5 - 8	1,2 (0,5-2,7)	1,6 (1,4-1,7)	2,5 (0,9-3,7)	11,5 (5,2-28,8)
9 - 14	3,0 (1,6-5,8)	1,5 (0,8-2,7)	2,9 (1,4-4,4)	15,5 (8,3-23-7)

() rango

Fuente: Foong 1991.

de amonio. Rajaratnam (1973) indica que la movilidad de los nutrientes hacia abajo en el perfil del suelo es rápida y que las pérdidas por lixiviación pueden ser significativas si se aplican altas tasas de fertilizantes y los nutrientes no son absorbidos a tiempo por las palmas.

En términos generales, la palma de aceite tiene la capacidad de utilizar los nutrientes, especialmente cuando se aplican de manera apropiada y en el momento oportuno, cuando ella está creciendo y rindiendo bien. Se pueden adoptar diversas medidas para minimizar las pérdidas por lixiviación, las cuales incluyen:

- . Aplicaciones divididas del fertilizante;
- . Sincronización de la aplicación de fertilizante para evitar los períodos de alta pluviosidad;
- . "Mulching" con racimos vacíos u hojas podadas; y
- . Distribución y esparcido uniforme de los fertilizantes.

Volatilización

La urea es la fuente de nitrógeno más apropiada para la palma de aceite, si se pueden minimizar las pérdidas por volatilización. Sin embargo, tales pérdidas son frecuentemente altas en suelos del interior, especialmente cuando el método y la época de aplicación, no son correctos. Los estudios realizados por Zin et al. (1989) han demostrado que la urea puede ser tan eficaz como el sulfato de amonio para la palma de aceite, cuando se aplica de la siguiente manera:

- Aplicación de urea al voleo, es decir, diseminar el fertilizante, incluyendo las hileras entre surcos y las hileras de hojas podadas (papeleras).
- La tasa de aplicación no debe exceder 1 kg/ palma/año para 2,9 mm de urea granular y 2 kg/ palma/año para la urea granular de grado forestal.
- Sincronización de la aplicación para evitar los períodos secos.
- La aplicación dividida del fertilizante.

Fijación

Las pérdidas por fijación ocurren principalmente con los fertilizantes fosfatados. Las pérdidas por fijación se refieren estrictamente a la transformación del

nutriente, de una forma fácilmente disponible a una no disponible, o a una forma lentamente dispone. Una fijación considerable de P se limita principalmente a las formas de P solubles en agua, tales como el superfosfato triple y el fosfato diamonio (DAP) al aplicarlos sobre suelos ácidos con alto contenido de hierro y aluminio.

La fijación de P puede minimizarse de la siguiente manera:

- Aplicación de cal (aumento del pH del suelo);
- Aumento de la materia orgánica - "mulching" con racimos vacíos;
- Establecimiento de cultivos de cobertura para promover el ciclo P;
- Uso de fertilizantes de roca fosfórica.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

La producción sostenible y rentable de palma de aceite depende en gran medida de las prácticas agronómicas estándar aplicados especialmente al manejo del suelo y los fertilizantes. Se debe hacer mayor hincapié en la conservación y el mejoramiento de la fertilidad del suelo y en el sostenimiento de la producción del cultivo que involucra el proceso biológico y la conservación de los recursos naturales con un efecto no nocivo al medio ambiente.

Un manejo eficiente de los fertilizantes es crítico para la producción de palma de aceite, ya que los fertilizantes representan una parte significativa del costo de la producción de aceite de palma. La aplicación incorrecta de fertilizantes puede resultar en bajos rendimientos y pérdidas de utilidades, mientras que las aplicaciones excesivas producen desperdicio, menores utilidades y posibles daños al medio ambiente. La importancia de aplicaciones precisas y equilibradas de fertilizantes, aunadas a las prácticas de manejo de suelo y materiales de siembra, pueden mejorar la absorción y eficiencia de fertilizantes y minimizar la pérdida de nutrientes del ecosistema de la palma de



aceite, lo cual resulta en un buen crecimiento y rendimiento de la palma de aceite.

En palmas de aceite inmaduras, la estrategia debe consistir en una minimización de aplicaciones de fertilizantes inorgánicos, la cual se logra devolviendo los nutrientes de la biomasa o los residuos del cultivo anterior, por ejemplo técnicas de renovación sin quema (Mohd. Hashim et al. 1993) empleadas en la actualidad en muchas plantaciones de palma de aceite. La siembra de palmas jóvenes directamente sobre los residuos del cultivo en el período de renovación (Khalid 1996) y la promoción de un buen crecimiento de las coberturas leguminosas con aplicaciones más altas de P y Mg y un posterior retorno alto de nutrientes, reducen sustancialmente los requerimientos de fertilizantes por parte de las palmas jóvenes.

Se requieren trabajos de investigación adicionales para mejorar la computación de la eficiencia y la absorción de fertilizantes, los ciclos internos y la utilización de nutrientes en las palmas y el suministro de nutrientes del suelo, que pueden conducir a recomendaciones más específicas relativas a los fertilizantes. Para obtener un programa de manejo de fertilizantes adecuado, también es esencial predecirlos rendimientos y seguir las recomendaciones sobre fertilizantes. Debido a la importancia del manejo de fertilizantes en los costos de producción, en la actualidad se hace gran énfasis en la necesidad de asegurar la absorción y una utilización más eficiente de los fertilizantes aplicados, además de una evaluación más precisa del requerimiento de nutrientes.

RECONOCIMIENTOS

El autor desea agradecer al director general de PORIM por el permiso concedido para publicar este estudio. También expresa su gratitud al Dr. Jalani Sukaimi y al Dr. Ariffin Darus por sus valiosos comentarios, así como a sus colegas del Grupo de Fertilidad del Suelo y Agronomía por el estímulo a este trabajo.


*Los
fertilizantes
representan
una parte
importante
del costo de
la
producción
de aceite de
palma.*


BIBLIOGRAFIA

- FOONG, S.F. 1991. Potential evapotranspiration, potential yield, and leaching losses of oil palm. *In*: 1991 PORIM International Conference. Proceedings.
- FOSTER; H.L.; TARMIZI MOHD, A.; TAYEB DOLMAT. M.; CHANG. KG; ZIN Z. ZAKARIA. 1986. Fertilizer recommendations for oil palm in Peninsular Malaysia. PORIM Technical. Paper no. 13.
- GRAY. B.S.; HEW. C.K. 1968. Cover crop experiments in oil palms on the West Coast of Malaysia. *In*: P.D. Turner (Ed.). Oil palm developments in Malaysia. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, p.56-65.
- KEE, K.K.; CHEW, P.S. 1996. Nutrient losses through surface run-offs; soil erosion - Implication for improved fertilizer efficiency in mature oil palms. *In*: PORIM Palm Oil Congress-Competitiveness for the 21st Century. Proceedings, p. 153-170.
- MAENE. L.M.; THONG. K.C.. ONG, T.S.; MOKHTARUDDIN, A.M. 1979. Surface wash under mature oil palm. *In*: Symposium on Water in Malaysian Agriculture. Proceedings, p.203-216.
- MOHD. HASHIM. T.; TEOH, C.H.; KAMARUZAMAN, A.; MOHD, A. 1993. Zero-burning - An environmentally friendly replanting technique. *In*: PORIM International Palm Oil Congress. Proceedings, p. 185-194.
- NG, S.K.; THAMBOO, S. 1967. Nutrient contents of oil palms in Malaysia. *In*: Nutrients required for reproduction: fruit bunches; male inflorescences. Malaysian Agricultural Journal v.46, p.3-45.
- RAJARATNAM. J.A. 1973. Movement; accumulation of boron in some Malaysian soils. Experimental Agriculture (Reino Unido) v.9. p.233-240.
- TAN, K.S. 1977. Efficient fertilizer usage for oil palm on inland soils. *In*: Malaysian International Agricultural Oil Palm Conference. Proceedings. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, p.262-288.
- YEOW, K.H.; TAM, T.K.; HASHIM, M. 1982. Effect of interline vegetation; management on oil palm performance. *In*: The Oil Palm in Agriculture in the Eighties. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, p.277-288.
- ZIN Z. ZAKARIA; TARMIZI, A.; FOSTER, H.L.; TAYEB. M.; KHALID, H.; HAMDAN, A.B. 1989. Evaluation of urea as nitrogen fertilizer for the oil palm industry in Malaysia. *In*: 1989 International Palm Oil Conference. Proceedings. p.440-446.
- _____; TAYEB, M.; ABD. HALIM, H.; KHALID, H. 1990. Principles; guidelines on land application of EPEA for the oil palm industry. The Planter (Malasia) v.66, p.73-84.
- _____. 1997. Large planting hole technique for better performance of oil palm. Paper presented at Seminar Pengurusan ESPEK 1997. Kuantan, Pahang. p.1-13.