Productividad de la palma de aceite Aspectos fisiológicos*

Productivity of the oil palm - physiological aspects

R.H.V.CORLEY[1]

RESUMEN

Los rendimientos de la palma de aceite se analizan en términos de interceptación de la radiación solar, conversión de la radiación interceptada en materia seca y la partición de esta materia seca entre crecimiento vegetativo y cosecha. Se discuten los efectos de la densidad de la siembra, los fertilizantes y el estrés hidrico. La densidad de la siembra afecta principalmente la interceptación de la luz, mientras que los fertilizantes y el estrés hidrico afectan la eficiencia de conversión. El crecimiento vegetativo tiene una primera prioridad en la partición de los asimilados y cualquier sobrante queda disponible para la producción del fruto. Como resultado, los factores que aumentan la tasa de conversión también tienden a favorecer la partición a los racimos de fruto.

SUMMARY

Oil palm yields are analysed in terms of interception of solar radiation, conversion of intercepted radiation into dry matter, and partitioning of this dry matter between vegetative growth and yield. Effects of planting density, fertilisers and water stress are discussed. Planting density mainly affects light interception, whereas fertilisers and water stress affect the efficiency of conversion. Vegetative growth takes first priority in assimilate partitioning, with any surplus being available for fruit production. As a result, the factors which increase conversion rate also tend to favour partitioning to fruit bunches.

Palabras claves: Palma de aceite, Fisiología, Métodos, Densidad de siembra, Fertilizantes, Estrés hidrico.

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.

Unilever Plantations and Plant Science Group. Mary Lane, Trumpincton. Cambridge CB2 2 LQ, UK.

INTRODUCCIÓN

El rendimiento teórico potencial de la palma de aceite se ha estimado en 17 t de aceite/ha/año (aceite de palma más aceite de palmiste; Corley 1983); para alcanzar dicho rendimiento, se requeriría de cambios genéticos significativos en el cultivo. Los mejores rendimientos registrados superan ligeramente las 10 t de aceite/ha/año (Lee and Toh 1991), pero el rendimiento promedio de una plantación en Colombia, en 1996 fue sólo de casi 3,5 t/ha/año (Oil World 1997). En este documento se analizará el aporte de las prácticas agronómicas para lograr todo el potencial genético del material de siembra existente.

MÉTODO DE ANÁLISIS

La agricultura implica la conversión de la energía solar en rendimiento de la cosecha (Monteith 1972; Squire y Corley 1987). El rendimiento (Y) se puede considerar en términos de la siguiente ecuación:

$$Y = S.f.e.p \quad (1)$$

donde:

S = la energía solar total recibida en la superficie del cultivo.

f = la fracción de esta energía que es interceptada por el dosel de follaje.

e = la tasa de conversión de la energía interceptada en la materia seca de la planta.

p = índice de cosecha, o sea la relación de la materia seca en el producto económico con el total de materia seca producida por el cultivo. En palma de aceite, el término índice de racimo se utiliza para denominar la relación entre el peso seco del racimo y la producción total de materia seca.

El rendimiento teórico potencial de la palma de aceite se estima en 17t de aceite/ha/ano.

La radiación total que entra, S, varía según el clima local y queda por fuera del control administrativo. Por lo tanto, en la práctica, lo más importante son los parámetros *f, e* y p.

La fracción de la radiación total que penetra el dosel del follaje (1-f) está relacionada logarítmicamente con el índice de área foliar (L, la relación entre el área foliar total y el área del suelo). La interceptación de la luz se puede calcular directamente con base en las lecturas simultáneas de la luz por encima y por debajo del dosel, o se puede estimar con base en mediciones de área foliar y la relación entre *L* y *f* (Squire and Corley 1987).

La tasa de conversión fotosintética no es tan fácil de medir como la interceptación de la luz. Por lo regular se calcula con base en mediciones de la cantidad de materia seca producida y las mediciones o estimativos de la luz interceptada. La tasa de conversión dependerá de:

cómo es interceptada la luz; por ejemplo, las hojas viejas harán un uso más deficiente de la luz que las hojas jóvenes;

el estado del aparato fotosintético; deficiencias de nutrientes o estrés hídrico se traducirá en tasas bajas de fotosíntesis;

pérdidas de respiración; más del 75% del carbono fijado porfotosíntesis puede ser utilizado en la respiración, en lugar de que se convierta en materia seca.

Como resultado de esta complejidad, las mediciones instantáneas de la fotosíntesis en hojas sencillas, por lo general tienen muy poca relación con los valores de e calculados a partir de períodos más largos de interceptación de la luz y con datos de producción de materia seca, pero Smith (1993), en un ensayo de mejoramiento, encontró correlaciones positivas entre las tasas fotosintéticas y el rendimiento y la producción de materia seca.

Los pesos secos de las partes de la palma se pueden estimar de manera no destructiva (Corley et al. 1971 a,b; Breure and Verdooren 1995) y luego se puede calcular el índice de racimos o el índice de cosecha. En palma de aceite parece que el crecimiento vegetativo toma prioridad sobre la producción de racimos (Corley 1973); una vez se satisfacen las necesidades de producción de materia seca vegetativa (MSV), cualquier sobrante de materia seca es desviada hacia los racimos. Esta "hipótesis del revosamiento" es adecuada para la

mayoría de los propósitos, pero es una simplificación; si la producción de racimos se restringe por medio del desyemando, por ejemplo, el excedente de materia seca puede ser utilizado para un mayor crecimiento vegetativo; esto explica el tronco masivo y las hojas que son características de las pisíferas estériles.

La ecuación 1 se puede modificar con el fin de tener en cuenta la hipótesis del revosamiento de la siguiente manera:

$$Y = (S.f.e) - V \quad (2)$$

donde *V* equivale a materia seca vegetativa.

De la ecuación 2 y del hecho de que *V* parece ser regularmente constante se deduce, que los aumentos en e tienen la probabilidad de resultar en un índice de racimos mejorado. Por lo tanto, cierto grado de control del manejo de *p,* se puede lograr por medio de los factores que afectan e.

EFECTOS DE LA DENSIDAD DE LA SIEMBRA

Para obtener *f* = 0.95 se requiere un índice de área foliar cercano a 7 (Squire and Corley 1987). Para palmas maduras en las mejores condiciones de crecimiento (área promedio por hoja de 12 m^2 y 40 hojas por palma), un valor *L* se obtendría más o menos en 145 palmas/ha, pero en unas condiciones no óptimas, con un área foliar de 9 -10 m^2, se requiere una densidad de 175 a 200 palmas/ha (Fig. 1).

El patrón de la siembra también es importante para maximizar la *f.* La corona de la palma de aceite, es más o menos circular y, contrario de los árboles dicotiledóneos, la palma no crece de manera asimétrica para llenar un espacio irregular. El patrón de siembra óptimo es arreglo el triangular estándar; con la misma densidad, la siembras en cuadrado o en hilera como un seto dan rendimientos más bajos que las triangulares (Corley 1973).

Debido a que el crecimiento vegetativo toma prioridad sobre la producción de racimos cuando el suministro de asimilados es limitado, el p se reduce a altas densidades de siembra, y la densidad que da el máximo rendimiento está por debajo de la que da la interceptación completa de luz. Esto se puede explicar en términos de la ecuación 2: La MSV por palma es constante y más o menos independiente de la densidad de la siembra; por lo tanto, el *V* por hectárea aumenta en proporción directa a la densidad. No obstante, e no es afectada por la densidad (Squire and Corley 1987) y los cambios en *f* son menos que proporcionales a la densidad (ver más arriba), así es el sobrante de materia seca disponible para el rendimiento, disminuye con densidades altas (Fig. 2).

Idealmente, una *f* óptima se debe alcanzar lo más pronto posible durante la vida de la plantación. Una alta densidad de la siembra, proporcionará una temprana cobertura de suelo, pero valores muy altos de L se desarrollarán años más tarde y los rendimientos se reducirán. En la práctica, por tanto, la densidad de la siembra debe ser un compromiso entre la maximización

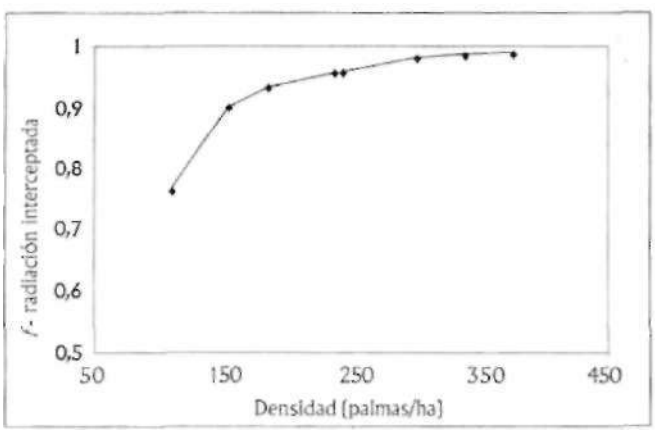

Figura 1 Relación entre la interceptación de la luz y la densidad de la siembra. Para 200 palmas/ha, la interceptación es superior al 95%; mayores incrementos en la densidad no mejorarán significativamente la interceptación (Tomado de: SquireyCorley 1983).

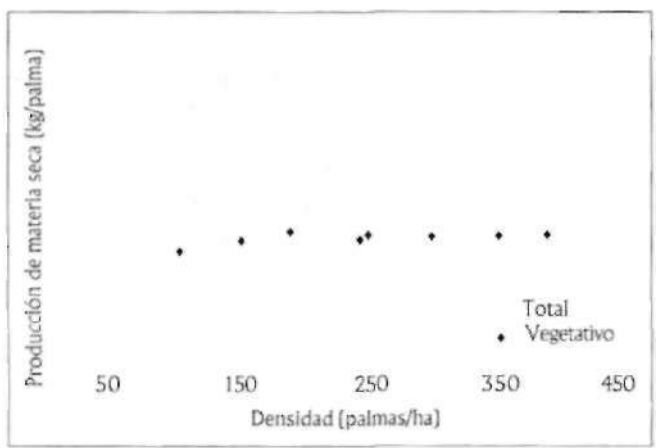

Figura 2 Producción de materia seca en relación con la densidad de la siembra a medida que la densidad aumenta, la PMS total por palma disminuye, a expensas de la producción de fruto [Tomado de: Corley 1973).

de la cobertura temprana del suelo y el rendimiento temprano y la minimización de la competencia entre palmas, para evitar un posterior descenso del rendimiento.

La posibilidad de sembrar con una alta densidad para maximizar la producción temprana, y después hacer un raleo, cuando la competencia entre palmas fuera demasiado intensa, fue considerada en la década del 60 (Corley et al. 1973) y se rechazó. Se encontró que para minimizar la pérdida tardía de rendimiento, el raleo tenía que hacerse antes de que se hubiera obtenido mucho del beneficio de la alta densidad inicial. Recientemente, sin embargo, esta idea se ha revivido con una diferencia (Nazeeb et al. 1990). En las pruebas iniciales, la alta densidad se logró plantando palmas adicionales a las de la disposición triangular básica. La interceptación de la luz fue, por lo tanto, menos eficiente (ver más arriba) y los rendimientos fueron más bajas que si se hubiese optado una disposición triangular. La modificación introducida por Nazeeb et al. fue la de sembrar inicialmente siguiendo un patrón triangular y ralear para dejar una población de palmas irregular. La población de la alta densidad inicial tiene un mejor rendimiento y se puede retener por más tiempo antes de que los rendimientos comiencen a declinar.

En las plantaciones existentes, la siembra debajo de las palmas existentes se ha justificado como un método para reducir período no productivo durante la renovación y, por lo tanto, se mejora la rentabilidad (Nazeeb et al 1996). En efecto, la interceptación de la luz sobre la vida de la siembra se ha aumentado.

EFECTOS DE LOS FERTILIZANTES

En un estudio de 20 pruebas con fertilizantes, en Malasia, Squire (1983). encontró que los fertilizantes afectaban las variables *f,* e y p, pero los mayores efectos se producían sobre e. En 12 pruebas realizadas en suelos infértiles del interior, la mejor combinación de fertilizantes en cada prueba aumentó la e en un promedio del 29% y el p en 13%. En ocho pruebas en suelos aluviales costaneros más ricos, el aumento promedio de e ascendió un 13% y el de p 6%.

Parece probable que los fertilizantes afecten e mediante efectos sobre la fotosíntesis de la hoja. La deficiencia de nitrógeno redujo el contenido de clorofila de la hoja y la tasa fotosintética con saturación por luz en plántulas de palma de aceite (Corley 1976). Braconnier y d'Auzac (1985) demostraron que el K era importante para la apertura de los estomas de la palma de aceite (como en la mayoría de las plantas); las plántulas con deficiencia de K tuvieron menos estomas abiertos (Corley 1976), pero la aplicación de K no afectó la apertura de los estomas durante la sequía de Costa Rica (Villalobos et al. 1990).

El efecto de los fertilizantes sobre p puede ser un efecto indirecto; la hipótesis del revosamiento (Ecuación 2) predice que un aumento en e resultará en un aumento en p, pero la situación se complica por el hecho de que los fertilizantes tienen efectos sobre el crecimiento vegetativo, aumentando el peso seco de la hoja y el área foliar (Corley y Mok 1972). Squire (1983) encontró que el área foliar promedia se aumentó en 17% en suelos del interior, pero que debido a la relación logarítmica entre *L* y *f*, esto sólo dió un aumento del 5% en *f.* Estos puntos se ilustran en la Tabla 1. En este caso tanto, el N como el K causan aumentos en el área foliar y, por consiguiente, en *l*, pero este aumento en el área foliar también implica un aumento en la MSV. Ambos fertilizantes aumentan e, pero, a pesar del gran aumento en e, no hay cambio en p, debido al aumento en la MSV.

Si la densidad de la siembra es tal que *f* es alta, aun en parcelas no fertilizadas, la aplicación de fertilizante puede disminuir el p, aumentando los requerimientos de materia seca vegetativa, de manera que no ocurre un aumento en el rendimiento (Breure 1977). Por el contrario, si se sabe que la dosis de fertilizantes será

Tabla I Efectos del nitrógeno y el K sobre el crecimiento y el rendimiento

Nitrógeno Kg N/palma	K kg K_2O/palma	Area foliar m2	MSV kg/palma	f %	e g/MJ	p %	Rendimiento kg RFF/palma
0	0	8,9	89	88	0,99	45	72
1,2	0	9,3	89	90	0,94	43	66
0	3,6	10,0	106	91	1,10	43	79
1,2	3,6	11,8	123	95	1,28	44	99

(Fuente: Corley y Mok 1972; Corley 1985)

pequeña, como en sitios del Africa donde los altos costos del transporte hacen que resulte poco económica la aplicación de fertilizantes, entonces se puede adoptar una densidad de siembra más alta de la normal.

EFECTOS DEL ESTRÉS HÍDRICO

Henson (1991) demostró que e era más bajo en un sitio seco que en un sitio húmedo. El principal efecto a corto plazo del estrés hídrico es que causa el cierre de los estomas; tanto el suelo seco como el aire seco (baja humedad) producen este efecto (Smith 1989). Los estomas se pueden cerrar cuando el déficit de la presión del vapor atmosférico es considerable, aun en palmas bien regadas (Fig. 3). El cierre de los estomas previene una posterior pérdida de agua, pero también limita la captación de dióxido de carbono en la fotosíntesis.

La sequía también tiene efectos sobre el número de racimos con fruto, causando una mayor tasa de aborto y una menor relación sexual (menos florescencias femeninas). No está claro si estos efectos se producen debido a una falta de carbohidrato, posterior a la reducción de la fotosíntesis que mencionaba anteriormente, o si son por efectos directos del estrés hídrico sobre los niveles hormonales endógenos, los cuales a su vez afectan el desarrollo de las florescencias. El aborto de inflorescencias causa un número reducido de racimos, más o menos 10 meses después del período de estrés; el efecto sobre la relación sexual será observado por primera vez más o menos a los 18 meses después como un aumento en el número de florescencias masculinas, seguido por un número reducido de racimos en el momento de la cosecha, unos dos años después de la época de la sequía (Corley et al. 1995). El efecto general de estas respuestas es el que hay un número reducido de racimos durante la época seca en años posteriores; esto tenderá a reducir el grado de estrés que sufre la palma. En un ambiente con sequías ocasionales, pero sin una temporada seca regular, entonces el resultado puede ser de un número bajo de racimos, en un momento cuando las condiciones de crecimiento sean favorables.

El índice de racimo es más bajo en los ambientes secos del Africa Occidental que en Malasia (Corley et al. 1971a), debido a los efectos de la sequía estacional sobre el número de racimos.

Los efectos de la sequía se pueden mitigar mediante el riego. En Africa Occidental se han obtenido

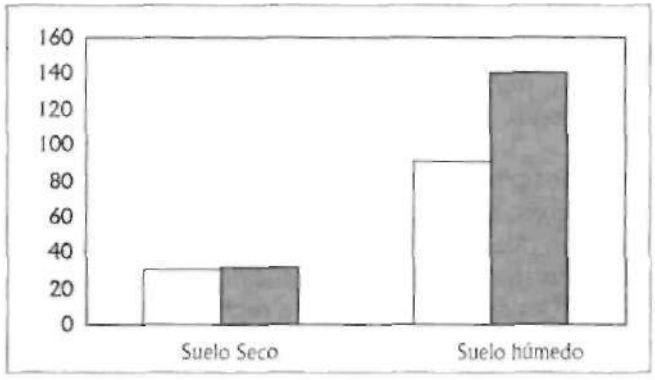

Figura 3 Efectos de la humedad del suelo y la humedad relativa sobre el comportamiento de los estomas. En el aire seco, los estomas permanecen cerrados, aun si hay humedad en el aire [Tomado de:Smith 1989).

respuestas significativas en el rendimiento al riego (Desmarest, 1967, Ochs y Daniel 1976) así como en Tailandia (Corley 1996). No obstante, las repuestas al riego por lo general, son menores de lo que se espera. Por ejemplo, Prioux et al. (1992) obtuvieron un aumento en el rendimiento de sólo el 34% con riego por micro-aspersión, a pesar de un déficit hidrico cercano a los 600 mm/año; el máximo rendimiento observado fue sólo de 22 t RFF/ha, muy por debajo de los niveles obtenidos en áreas sin una estación seca. Es posible que los efectos del aire seco sobre la apertura de los estomas expliquen esto. Los micro-aspersores y, más específicamente el riego por goteo, pueden tener un efecto relativamente bajo sobre la humedad atmosférica, de manera que los estomas permanecen cerrados a pesar de la mejorada humedad del suelo. De ser así, entonces se podría esperar que el riego por inundación o por aspersión dé mejores respuestas que el riego por goteo.

IMPLICACIONES PRÁCTICAS PARA COLOMBIA

La mayoría de los suelos de las regiones donde existen cultivos de palma de aceite, en Colombia, son relativamente pobres en nutrientes, como en muchos de los trópicos húmedos. La fertilidad del suelo se puede mejorar estableciendo un cultivo de cobertura con leguminosas entre las palmas jóvenes; una buena cobertura de suelo puede aumentar los primeros rendimientos en un 15%, en comparación con una cobertura de pastos (Gray y Hew 1968). El esparcir racimos vacíos entre las hileras también mejorará el estado de la materia orgánica en el suelo y puede mejorar los rendimientos hasta en un 20%, en algunos suelos (Chan et al. 1993); sin embargo,aún

Tabla 2 Efectos de fertilizantes en Los Llanos (Fuente: Unilever, sin publicar]

	Primeros años			Años posteriores		
	N	P	K	N	P	K
Rendimiento sin fertilizante (t RFF/ha/año)	14,7	15,7	13,4	20,5	21,7	17,1
Rendimiento con fertilizante (t RFF/ha/año)	14,9	13,8	16,3	22,0	22,3	22,2

seguirá siendo necesaria una dosis generosas de fertilizantes, si se busca maximizar la e y el rendimiento.

Algunas pruebas en los Llanos Orientales han demostrado buenas respuestas en el rendimiento a N, P, K y Mg, pero, en ocasiones, estas respuestas son complicadas. En áreas con una buena cobertura con leguminosas, la respuesta al N, en los primeros años fue pequeña, pero una respuesta empezó a desarrollarse una vez que las leguminosas habían desaparecido por la siembra (Tabla 2). En zonas previamente sembradas con arroz y, que recibieron altas aplicaciones de Calfos, la aplicación del P redujo el rendimiento en los primeros años, pero no en los años siguientes.

La aplicación de N y K afectará el área foliar y, por lo tanto, afectará también a *f* y a e. Con unas dosis razonables de fertilizante (por lo menos 2 kg de urea y 2 kg de KCl por palma), la densidad de siembra óptima para un máximo rendimiento oscilará entre 160 y 180 palmas/ha, para la mayoría de los materiales de siembra. Si se planea utilizar dosis más bajas de fertilizante, entonces se podría justificar una mayor densidad de siembra más alta, pero se debe recordar que esto sólo puede compensar los efectos de los fertilizantes sobre *F*, mas no sobre e.

En Colombia, valdría la pena investigar la posibilidad de sembrar inicialmente con una densidad alta, seguida por un raleo posterior. Una densidad adecuada estaría entre 180 y 220 palmas/ha, para ralear entre el 14 y el 25% de las palmas entre 7 y 10 años después de la siembra. Donde se espere que las pérdidas por enfermedad sean significativas, el raleo puede ocurrir de manera natural; en dichas áreas, valdría la pena adoptar una densidad de siembra inicial alta.

A medida que las plantaciones en Colombia se acercan al momento de la renovación del cultivo, se debe considerar la siembra debajo de las palmas existentes. Las indicaciones de otros lugares son que el riesgo de esparcir la enfermedad de una generación a otra es muy pequeña. En el Congo, esta siembra debajo de las palmas se ha hecho sin aumentar la incidencia del marchitamiento por *Fusarium,* mientras que en Malasia parece no haber un efecto significativo sobre la incidencia del *Ganoderma.*

Hay muchas plantaciones en Colombia donde el riego es posible. Si los suministros de agua son adecuados, el mejor sistema, probablemente, sea el riego por inundación; este es relativamente barato (Pabon Silva 1985) y es probable que produzca efectos beneficiosos sobre la humedad atmosférica, así como sobre la humedad del suelo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Unilever Plantations y Plant Science Group por su autorización para la publicación.

BIBLIOGRAFÍA

BRACOMIER, S.; DAUZAC. J. 1985. Anatomical study and cytological demonstration of potassium and chlorine flux associated with oil palm and coconut stomatal opening. Oléagineux (Francia) v.40, p.547-551..

BREURE, C.J. 1977. Preliminary results from an oil palm denstiy x fertiliser experiment on young volcanic soils in West New Britain. *In:* D.A. Earp; W. Newall (Eds.). International developments in oil palm. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur. p.192-207.

_____; VERDOOREN, L.R. 1995. Guidelines for testing and selecting parent palms in oil palm. Practical aspects and statistical methods. ASD de Costa Rica S.A., San José. Costa Rica, 101 p. (ASD Oil Palm Papers no. 9).

CHAN, K.W.; WATSON, I.; LIM, K.C. 1993. Use of oil-palm wate material for increased production. *In:* Conference on Soil Science and Agricultural Development in Malaysia. Proceedings. p.214-241.

CORLEY, R.H.V. 1973.. Effects of plant density on growth and yield of oil palm. Experimental Agriculture (Reino Unido) v.9, p.169-180.

_____. 1976. Photosynthesis and productivity. *In:* R.H.V. Corley; J.J. Hardon; B.J. Wood (Eds). Oil Palm Research. Elsevier, Amsterdam. p.55-76.

_____. 1983. Potential productivity of tropical perennial crops. Experimetal Agriculture (Reino Unido) v.19, p.217-237.

__. 1985. Yield potentials of plantation crops.*In:* Potassium in the Agricultural systems of the humid tropics, Proc. 19th Colloquium Int. Potash Inst, Int. Potash Inst., Berne. p.61-80.

_____. 1996. Irrigation of oil palm - a review. Journal of Plantation Crops (India) 24 (suppl.), p.45-52.

CORLEY, R.H.V. MOK, C.K. 1972. Effects of nitrogen, phosphorus. potassium and magnesium on growth of the oil palm. Experimental Agricultura (Reino Unido) v.8. p.347-353.

____; GRAY, B.S.; NG, S.K. 19718. Productivity of the oil palm *(Elaeiss guineensis* Jacq.) in Malaysia. Experimental Agriculture (Reino Unido) v.7, p.129-136.

_____; HARDON, J.J.; TAN, G.Y. 1971b. Analysis of growth of the oil palm *{Elaeis guineensis* Jacq.). 1. Estimation of growth parameters and application in breeding. Euphytica (Holanda) v.20. p.307-315.

_____: HEW, C.K.; TAM. T.K.: LO. K.K. 1973. Optimal spacing for oil palms.In: R.L.Wastie;D.A. Earp (Eds.). Advances in oil palm cultivation Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, p.52-71.

____;NG,M.;DONOUGH.C.R. 1995. Effects of defoliation on sex differentiation in oil palm clones. Experimental Agriculture (Reino Unido) v.31. p.177-189.

DESMAREST, J. 1967. Essai d´irrigation sur jeune palmeraie industrielle. Oléagineus (Francia) v.22, p.441-447.

GRAY, B.S.; HEW, C.K. 1968. Cover crop experiments in oil palms on the west coast of Malaya. *In:* P.D. Turner (Ed.). Oil palm developments in Malaysia. Incorporated Society of Planters. Kuala Lumpur, p.56-65.

HENSON. LE. 1991 Limitations to gas exchange. growth and yield of young oil palm by soil water supply and atmospheric humidity. Malaysian Society of Plant Physiology. Transactions (Malasia) v.2, p.39-45.

LEE, O.H.; TOH, P.Y. 1991. Yield performance of Golden Hope OPRS D x P Planting materials. The Planter (Malasia) v.67. p.317-324.

MONTEITH, J.L 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. Journal of Applied Ecology (Reino Unido) v.9, p.747-766.

NAZEEB, M.; LOONG,S.G.;GOH, K.H.; WOOD, B.J. 1990. Trials on planting oil palmsathighinitialdensitywithlaterthinning./n:JalaniSukaimietal. (Eds.). International Palm Oil Development. Conference. Kuala Lumpur. Sept. 5.9.1988. PORIM, Kuala Lumpur. p.199-214.

_____;_____LETCHUMANAN, A., TANG. M.K. 1996. Alternative methods of replanting oil palms. The Planter (Malasia) v.72, p.221-231.

OCHS.R.; DANIEL C. 1976. Research on techniques adapted to dry regions.In: R.H.V. Corley; J.J. Hardon; B.J. Wood. (Eds.). Oil Palm Research. Elsevier, Amsterdam. p.315-330.

PABON SILVA, H. 1985. Sistemas de riego en palma africana: eficiencia y costos. Palmas (Colombia) v.6 no.1. p.38-40.

PRIOUX, G.; JACQUEMARD, J.C.; de FRANQUEVILLE, H.; CALIMAN, J.P. 1992. Oil-palm irrigation. Initial results obtained by PHCI (Ivory Coast). Oléagineux (Francia) v.47, p.497-509.

SMITH, B.G. 1989. The effects of soil water and atmospheric vapour pressure deficit on stomatal behaviour and photosynthesis in the oil-palm. Journal Experimental Botany (Reino Unido) v,40. p.647-651.

_____. 1993. Correlations between vegetative and yield characteristics and photosynthetic rate and stomatal conductance in the oil palm *(Elaeis guineensis* Jacq.). Elaeis (Malasia) v.5, p..12-26.

SQUIRE. G.R. 1983. Solar energy and productivity in oil palm. *In.* Annual Research Repon. PORIM, Kuala Lumpur, p. 149-156.

_____; CORLEY, R.H.V.. 1987. Oil palm. *In:* M.R. Sethuraj: A.S. Raghavendra (Eds.). Tree crop physiology. Elseiver Science Publisher, Amsterdam. **p.141-167.**

VILLALOBOS, E.; CHINCHILLA, C.M.; UMAÑA, C.H. LEON, H. 1990. Déficit hidrico en palma aceitera *{Elaeis guineensis* Jacq.) en Costa Rica. Irrigación y fertilización con potasio. Turnalba (Costa Rica) v.40, p.421-427.