

Clones de palma de aceite: una opción viable en plantaciones comerciales

Oil Palm Clones: a Viable Option in Commercial Plantations

F. Peralta¹
A. Alvarado¹
N. Guzmán¹
A. Acosta¹

Resumen

El éxito logrado a partir de 1974 para reproducir vegetativamente la palma aceitera, motivó a ASD de Costa Rica en 1981, a iniciar un programa de investigación en cultivo de tejidos de esta especie. Inicialmente, se trabajó con tejidos de raíces y hojas jóvenes, y en 1988 se obtuvieron ramets normales mediante el cultivo de tejidos de hojas. En 1989 se iniciaron las pruebas utilizando inflorescencias inmaduras, lo cual permite utilizar tejidos de los ortets con mayor frecuencia, y les ocasiona menor daño mecánico a las palmas donantes, que el muestreo de hojas jóvenes. En 1994 se obtuvieron los primeros ramets mediante esta técnica. En 1991 y 1992 se iniciaron las primeras pruebas de campo con estos materiales, y se plantaron nueve clones de ortets de la variedad Deli x AVROS. El desarrollo fue normal, y cinco de ellos rindieron 40% más de aceite que el testigo comercial. En 1995, se sembraron los primeros experimentos de campo con clones producidos a partir de inflorescencias. Entre 1995 y 1997 se sembraron 18 experimentos para evaluar 66 clones, todos ellos originados de ortets de materiales compactos BC₁ y BC₂, los cuales son el resultado de la introgresión de genes de *E. oleifera* en variedades de *E. guineensis*. En estos experimentos se destacaron dos clones de material compacto (BC₂), por su alta producción de racimos, muy superior al testigo comercial DXP Deli x AVROS. Algunos clones también mostraron características de racimo excelentes. Entre 1998 y el 2000 se sembraron 22 nuevos experimentos, que incluyeron 197 clones. En general, en todos los clones se ha observado un alto grado de semejanza con las características de los ortets que les dieron origen. La ausencia de anomalías, principalmente de los frutos, fue notable en todos los ensayos. Los buenos resultados obtenidos en los diferentes experimentos fueron la base para iniciar la producción comercial de ramets en el 2001. Numerosos ortets con características especiales en términos de producción, calidad de racimos y crecimiento reducido, están siendo clonados a escala comercial. También, se han desarrollado procedimientos sencillos y efectivos para la aclimatación de miles de ramets en el previvero. Varias empresas ya están plantando clones a escala comercial en Centro y Sudamérica. En 2003 se sembraron un total de 55 ha en Costa Rica, Nicaragua y Venezuela, y existen ramets en viveros para plantar alrededor de 329 ha en 2004.

Palabras Clave

Clones,
Palma de aceite,
Siembras experimentales.

1. ASD de Costa Rica S.A. (Agricultural Services & Development).

Nota: Este artículo se publica "sin editar", la responsabilidad de los textos es de los autores.



Summary

The success achieved as of 1974 in the vegetative reproduction of the oil palm, encouraged ASD of Costa Rica to initiate in 1981, a research program of tissue cultivation of this crop. Initially it was attempted to develop an in vitro cultivation method, from roots and young leaves, and in 1988 normal ramets were obtained for the first time through cultivating young leaves tissues. In 1989 a Project was begun to develop a propagation method using young florescences, which allow the more frequent use of ortets tissues, causing much less mechanical damage to the donor palms than the one caused by collecting young leaves. Using this technique, the first ramets were obtained in 1994. The first field tests with these materials were initiated in 1991 and 1992, and nine ortets clones of the Deli X AVROS variety were sown. The development was normal and five of them yielded 40% more oil than the variety's commercial control. The first field experiments were carried out in 1995, with clones produced from florescences. Between 1995 and 1997, 18 experiments were sown in order to evaluate 66 clones, all of them originated from ortets of BC1 and BC2 compact materials, which are the result of the *E. oleifera* genes introgression in varieties of *E. guineensis*. In these experiments, six (BC2) compact material clones stood out because of their high bunch yield, much superior to the Deli X AVROS commercial control. Some clones also showed excellent bunch characteristics. Between 1998 and the year 2000, 22 new experiments were sown, which included 197 clones. In general, in all clones a high degree of similarity with the characteristics of the ortets that gave them origin. The absence of abnormalities, mainly of fruits, was outstanding in all the tests. The good results obtained in the different experiments were the base to initiate the ramets commercial production, which was started in the year 2001. Numerous ortets with special characteristics in terms of production, bunch quality and reduced growth, are being cloned at a commercial scale. Also, simple and effective procedures have been developed in order to achieve the acclimatization of thousands of ramets in the pre-nursery. Several companies are already sowing clones at a commercial scale in Central and South America. In 2003, 78 ha were sown in Costa Rica and Nicaragua, and there are ramets in nurseries to sow close to 495 ha in the year 2004.

Introducción

La propagación por semilla de la palma de aceite origina poblaciones segregantes. En Costa Rica por ejemplo, se han observado variaciones en el rendimiento de 28 % entre familias y de 22 % entre individuos dentro de una misma familia en la variedad Deli x AVROS. Por esta razón, desde hace varias décadas se inició la investigación para la propagación vegetativa de esta planta, con el objeto de reproducir clones con características deseables para utilizar en plantaciones comerciales. Los primeros resultados exitosos logrados en la década de los setenta (Jones, 1974; Rabechault et Martin, 1976), provocaron gran entusiasmo, y desde entonces diversas organizaciones han dedicado considerables esfuerzos e importantes recursos económicos a la propagación clonal, básicamente para siembras experimentales. No obstante, el progreso obtenido en este campo no ha sido rápido, principalmente debido a la aparición de anomalías en los frutos (Corley *et al.*, 1976), lo cual causó desconfianza entre los palmicultores.

En años recientes, varias organizaciones dedicadas a la clonación de la palma de aceite han encontrado tasas de anomalías muy

bajas y concluyen que con la siembra de clones es posible lograr aumentos importantes en la producción de aceite por hectárea con relación a los materiales provenientes de semillas (Soh *et al.*, 2001; Donough and Lee, 1993; Simon *et al.*, 1998; Maheran and Abu Zarin, 1999; Cochard *et al.*, 1999). Estos resultados favorables están devolviendo la confianza en los clones de palma de aceite y hoy existe consenso de que éste será el material de siembra del futuro. A pesar de que en la actualidad la capacidad de los laboratorios dedicados a la producción de clones de palma de aceite en el mundo es poca, las compañías líderes en la industria ya están dando prioridad a la siembra comercial de estos materiales.

Programa de clonación de la palma de aceite en Costa Rica

Motivada por el éxito inicial en la clonación de la palma de aceite a mediados de la década de los setenta, ASD de Costa Rica inició en 1981 su programa de investigación en cultivo de tejidos de esta planta. Los primeros cultivos fueron realizados usando como explantes tejidos de raíces y hojas jóvenes. Sin embargo, el uso de

raíces fue rápidamente discontinuado por problemas de contaminación de los cultivos, y por no haber completa certeza sobre la procedencia de la muestra de raíces. Hacia finales de los ochenta se logró reproducir con éxito los primeros ramets a partir de hojas jóvenes, los cuales fueron plantados en el campo entre 1990 y 1992.

En 1989 se iniciaron las primeras pruebas utilizando inflorescencias jóvenes como explantes. Este método tiene las ventajas de que los ortets sufren menos daño durante la toma de los explantes, y por lo tanto pueden ser muestreados con más frecuencia, y de que aparentemente tales tejidos tienen ya cierta predisposición hacia la reproducción asexual. En 1994 se logró reproducir con éxito los primeros ramets a partir de tejidos de inflorescencias. El protocolo original desarrollado para la clonación de la palma de aceite (Guzmán, 1999), ha sido mejorado con los años a través de la investigación para aumentar la frecuencia de la inducción embriogénica y desarrollar un método eficiente de propagación en suspensión líquida.

En la actualidad la producción comercial de clones se realiza con un método con dos etapas en medios sólidos (Fig. 1). En la primera, se produce tejido embriogénico a partir de callos nodulares y a veces directamente del explante, en un proceso que dura aproximadamente 12 meses. En la segunda etapa se logra el crecimiento de los brotes y la inducción y desarrollo radical, proceso que tarda entre 10 y 12 meses.

Resultados de siembras experimentales

En 1991 y 1992 se iniciaron las primeras pruebas de campo con clones provenientes del cultivo de hojas jóvenes de ortets de la variedad Deli x AVROS. El desarrollo de estos clones fue normal,

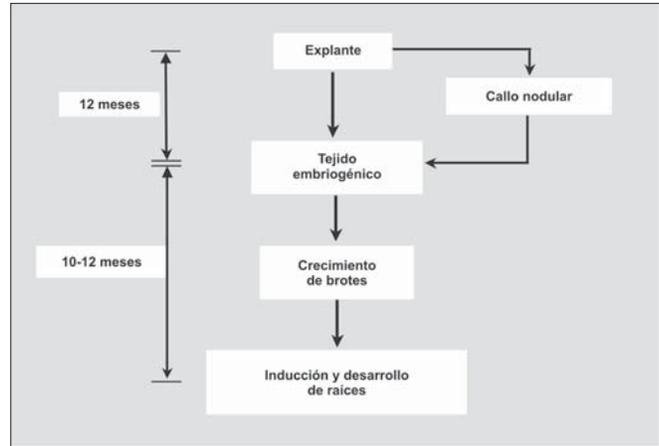


Figura 1 Método de producción comercial de clones utilizado en Costa Rica

y dos de ellos rindieron sustancialmente más aceite que el testigo comercial (Tabla 1).

En 1995 se plantaron en el campo los primeros ramets producidos a partir de inflorescencias. Entre 1995 y 1997 se sembraron 18 experimentos para evaluar 66 clones, la mayoría de ellos originados de ortets de materiales compactos BC1 y BC2, los cuales son el resultado de la introgresión de genes de *E. oleifera* en variedades de *E. guineensis* (Escobar y Alvarado, 2003).

En esta serie de experimentos no se observaron anomalías en los frutos. Además, destacaron dos clones, Titán e Inti, los cuales mostraron consistentemente un rendimiento superior a nueve toneladas de aceite por hectárea. Titán también sobresale por su alto contenido de aceite en el racimo y por su porte pequeño. Otros clones también mostraron características de racimo excelentes y una tasa de crecimiento muy reducida (Tablas 2 y 3).

Tabla 1 Rendimiento temprano de clones Deli x AVROS sembrados en 1992

Clon	RFF (kg/palm/año) ¹	CAR (%) ²	Aceite (t/ha/año)	Rendimiento con relación al testigo (%)
ASD2	112.7	27.2	4.4	160
ASD5	98.4	28.5	4.0	147
Otros clones (x)	63.0	29.1	2.6	96
Testigo	66.1	28.9	2.7	100

1. Rendimiento promedio de fruta fresca de los años 3 y 4.
 2. Contenido de aceite en el racimo.

Tabla 2 Rendimiento inicial de clones Deli x AVROS y compactos BC1 y BC2 sembrados en 1996

Clon	Origen	RFF ¹ (kg/palm/año)	CAR ² (%)	Aceite (t/ha/año)	Rendimiento con relación al testigo (%)	LHJ ³ con relación al testigo (%)	AT ⁴ con relación al testigo (%)
Dewayne	Deli x AVROS	193.5	29.8	9.8	112	98	118
Titán	BC2	180.1	30.4	9.3	106	86	71
Otros clones (x)	BC1/BC2	117.4	24.8	4.9	57	79	59
Testigo	AVROS DxP	185.0	27.8	8.7	100	100	100

1. Rendimiento promedio de racimos de fruta fresca de los años 3 al 5.
2. Contenido de aceite en el racimo.
3. Longitud de las hojas.
4. Altura del tronco.

Tabla 3 Rendimiento inicial de clones BC2 sembrados en 1997

Clon	RFF ¹ (kg/palm/año)	CAR (%) ² (t/ha/año)	Aceite relación al testigo (%)	Rendimiento con relación al testigo (%)	LHJ ³ con relación al testigo (%)	AT ⁴ con relación al testigo (%)
Titán	179.8	31.6	9.7	123	87	68
Rubí	112.4	31.0	5.9	75	81	84
Inti	210.2	25.7	9.2	117	89	87
Otros clones (x)	131.8	30.5	6.8	86.8	83.4	66.9
AVROS DxP	163.2	28.4	7.9	100	100	100

1. Rendimiento promedio de racimos de fruta fresca de los años 3 al 5.
2. Contenido de aceite en el racimo.
3. Longitud de las hojas.
4. Altura del tronco.

Entre 1998 y el 2000, se sembraron 22 nuevos experimentos, que incluyen 197 clones. En estos experimentos destacan por su precocidad los clones ASD 39, ASD 43, ASD 47, Diamante, ASD 50 y ASD 81. La ausencia de anomalías, principalmente de los frutos, ha sido notable en todas estas pruebas. El clon Diamante ha mostrado una precocidad excelente en una siembra semicomercial en Coto, Costa Rica, en 2000, donde su rendimiento en el primer año de producción supera al del testigo por 60%.

En general, en todos los clones se ha observado un alto grado de semejanza con algunas de las características de los ortets que les dieron origen. Escobar y Alvarado (2003) encontraron una alta "repetibilidad" de algunas características como la altura del tronco, la longitud de las hojas y el contenido de mesocarpio en el fruto, no así en el aceite en el mesocarpio y en la producción de racimos.

En escala comercial, también se ha observado una relación estrecha entre el porte de los clones al final de la etapa de previvero, y después de seis meses de sembrados en el campo (Fig. 2).

ASD de Costa Rica tiene una amplia base genética para producir clones de alta productividad de aceite y de porte bajo, lo cual permite aumentar la densidad de siembra hasta 200 palmas por hectárea. Además, con esta opción es posible hacer un uso más intensivo de la tierra, reducir en forma importante los costos de la cosecha y extender considerablemente la vida útil de las plantaciones. En la Figura 3 se muestran los resultados parciales obtenidos con la siembra experimental de clones compactos a alta densidad.

Después del cuarto año de producción, se ha obtenido una diferencia apreciable a favor del clon a las densidades más altas (180 y 200

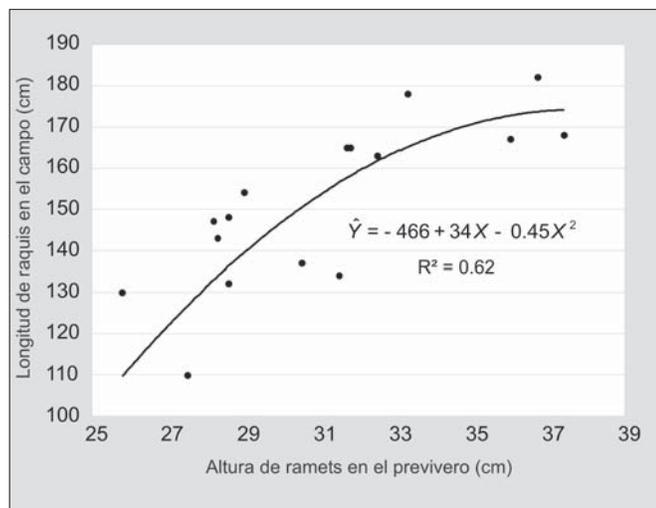


Figura 2 Relación entre el tamaño de los ramets compactos en vivero y la longitud del raquis de las plantas después de 6 meses en el campo

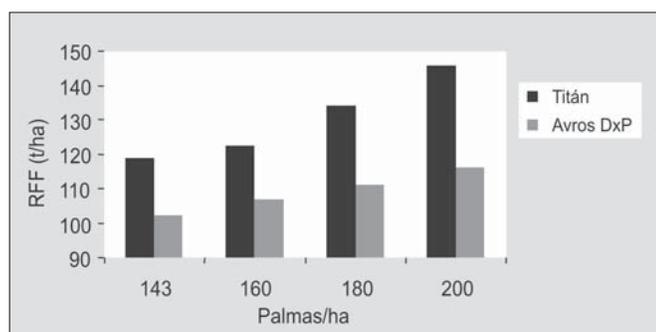


Figura 3 Rendimiento acumulado (racimos de fruta fresca) en cuatro años de un clon compacto sembrado a 4 densidades

palmas/ha), la cual se acentúa a partir del tercer año. Es muy posible que esta brecha aumente con el tiempo debido al efecto negativo creciente de la auto-competencia entre palmas, que será sin duda mayor en los genotipos de crecimiento vegetativo más vigoroso (cruce comercial Deli x AVROS). Además, ha sido notable la precocidad de los clones, que a altas densidades han alcanzado rendimientos cercanos o superiores a las 30 toneladas por hectárea, ya desde el primer año de producción y que han superado las 40 toneladas por hectárea en el tercer año de producción.

Desempeño de los clones en viveros comerciales

Con la motivación de los buenos resultados logrados experimentalmente con clones, ASD inició la producción en escala comercial en el año 2000 y suplió a plantaciones comerciales los primeros ramets de clones compactos en el 2002.

En la actualidad, la selección de ortets para la reproducción comercial se hace con criterios estrictos considerando principalmente las siguientes características:

- Producción de racimos: ≥ 150 kg/año
- Contenido de aceite en el racimo: $> 27.6\%$ (mesocarpio en el fruto $\geq 85\%$ y aceite en mesocarpio $\geq 50\%$)
- Altura del tronco: ≤ 35 cm/año para material compacto y ≤ 45 cm/año para materiales *E. guineensis*

Hasta la fecha, ASD ha suplido un total de 84,129 ramets en Centro y Sudamérica (Tabla 4).

Tabla 4 Cantidad de ramets suplidos en Centro y Sudamérica en 2002 y 2003

País/Localidad	Cantidad		
	2002	2003	Subtotal
Venezuela, Santa Bárbara	6.568		6.568
Costa Rica, Coto	3.192	18.691	21.883
Costa Rica, Quepos	2.940	16.040	18.980
Nicaragua, Cukra	5.376	16.976	22.352
Honduras, San Alejo		2.094	2.094
Guatemala, El Chapín		12.252	12.252
Subtotal	18.076	66.053	
Total			84.129

Los ramets o plántulas producidas por cultivo de tejidos requieren de un proceso inicial de aclimatación como parte de la etapa de vivero. Varios autores (Corley, 1991; Wuidart et Konan, 1989; Kozai, 1991) han analizado los factores ambientales considerados más importantes para la aclimatación de ramets y sugieren métodos a seguir para esta fase. Asimismo, de los resultados de ensayos realizados en Coto, Costa Rica, y de pruebas en escala comercial en Coto y Quepos, Costa Rica, Cukra, Nicaragua, San Alejo, Honduras y El Chapín, Guatemala en 2002 y 2003, se ha comprobado la importancia

de usar un sustrato apropiado para la siembra, un suministro inicial adecuado de nutrientes y una buena regulación de la humedad para lograr una aclimatación exitosa de los clones.

ASD recomienda que los ramets sean plantados en recintos cubiertos de plástico bajo sombra, con el objeto de atenuar el estrés que puede ser causado por el cambio ambiental abrupto entre el laboratorio y el previvero. Las siguientes condiciones ambientales y de manejo han resultado óptimas para una buena aclimatación de los ramets:

- Luminosidad incidente inicial entre 14,000 y 16,000 lux, lo que se puede lograr con el uso de una doble malla de sarán de 50% y la cobertura plástica;
- Humedad relativa entre 80 y 95%;
- Temperatura entre 25 y 32°C;
- Humedad del suelo cercana a capacidad de campo;
- Sustrato friable y poroso, pero que tenga una buena retención de agua y nutrientes, el cual puede ser suelo o una mezcla de suelo que contenga entre 50 y 65% de arena;
- Fertilización completa (macro y micro nutrientes) con una proporción alta de potasio y magnesio, aplicada preferiblemente en forma foliar durante el primer mes y,
- Una buena condición del estado fitosanitario de las plantas.

Aunque en escala comercial no siempre es posible brindar las condiciones y el manejo ideales para la aclimatación de los ramets, y que todavía no se cuenta con suficiente experiencia práctica en este campo, la pérdida global por mortalidad o descarte en previveros y viveros se encuentra dentro del ámbito esperado (Tabla 5) y ha sido

incluso inferior a la observada en plantas de semilla (Gillbanks, 2003).

En general, las pérdidas principales han ocurrido por mortalidad de las plantas durante la etapa de aclimatación (previvero) y éstas fueron ligeramente más altas en el 2003. Aunque esta mortalidad puede ser causada por un manejo o ambiente inadecuados, se sospecha que períodos largos de almacenamiento de los ramets en medio líquido en el laboratorio podrían reducir su capacidad inicial de adaptación a las condiciones en el previvero. Las pérdidas en la etapa de vivero, las cuales son mucho menores, han sido básicamente por descarte de plantas anormales.

Las anomalías más comunes observadas en el previvero son plantas raquílicas, plantas con hojas malformadas o muy delgadas, el síndrome de la autopoda y plantas sin punto de crecimiento. En el vivero las anomalías observadas son pocas, básicamente plantas pequeñas y amarillentas, malformaciones en las hojas y plantas con hoja juvenil.

En 2003 se sembraron un total de 55 hectáreas con ocho clones diferentes, en Costa Rica, Nicaragua y Venezuela. Además, en la actualidad hay ramets de 13 clones en diferentes viveros comerciales en cantidad suficiente para sembrar unas 329 hectáreas más en el 2004.

Conclusiones

1. El método de clonación desarrollado por ASD de Costa Rica a partir de tejidos de inflorescencias ha permitido la reproducción en escala comercial de palmas superiores, las cuales hasta la fecha no han mostrado anomalías.

2. Con base en el desempeño observado hasta la fecha en viveros y en el campo, es posible afirmar que el uso de clones constituye una nueva y prometedora alternativa para plantaciones comerciales.

Tabla 5 Pérdidas de ramets en previvero y vivero en operaciones comerciales

Año	No. de clones	Ramets Total	Previvero		Vivero		Total	
			Ramets	%	Ramets	%	Ramets	%
2002	8	10,724	892	8.3%	441	4.1%	1,333	12.4%
2003	13	62,976	6,949	11.0%				

3. Los resultados experimentales indican que los clones compactos deben ser sembrados a altas densidades para lograr obtener su pleno potencial.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Dr. C.M. Chinchilla su valiosa colaboración en la revisión del presente trabajo, y por su contribución en los estudios orientados hacia el uso de los clones por los palmicultores. ☸

Bibliografía

- COCHARD, B.; DURAND-GASSELIN, T.; AMBLARD, P., KONAN, E.; GOGOR, S. (1999). Performance of Adult Oil Palm Clones. In: Preprints, 1999 International Oil Palm Conference, Palm Oil Res. Inst. Malaysia, Kuala Lumpur, pp. 12-22.
- CORLEY, R.H.V. 1991. Fifteen years experience with oil palm clones - A review of progress. In: Proceedings 1991 International Oil Palm Conference - Progress, Prospects and Challenges Towards the 21st Century, Eds. Y. Basiron, J. Sukaimi, C.K. Choong, C.S. Choo, I.E. Henson, N. Kamaruddin, K. Paranjothy and T. Dolmat, Palm Oil Res. Inst. Malaysia, Kuala Lumpur, pp. 69-81.
- CORLEY, R.H.V.; LEE, C.H.; LAW, I.H.; WONG, C.Y. (1986). Abnormal Flower Development in Oil Palm Clones. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur. The Planter, 62: 233-240.
- DONOUGH, C.R.; LEE, C.H. (1993). Longer Term Results from Clone Trials at Pamol Plantations and Golden Hope Plantations. In: Recent Developments in Oil Palm Tissue Culture and Biotechnology, Eds. V. Rao, I.E. Henson and N. Rajanaidu, Palm Oil Res. Inst. Malaysia, Kuala Lumpur, pp. 116-133.
- ESCOBAR, R.; ALVARADO, A. (2003). Strategies in Production of Oil Palm Compact Clones and Seeds. In: Unedited Proceedings 2003 International Oil Palm Congress - Agriculture Conference, Malaysian Palm Oil Board, Kuala Lumpur, pp. 75-90.
- GILLBANKS, R.A. (2003). Standard Agronomic Procedures and Practices. In: Oil Palm - Management for Large and Sustainable Yields, Eds. T. Fairhurst and R. Hardter, Potash & Phosphate Institute, Potash & Phosphate Institute of Canada and International Potash Institute, Switzerland, pp. 115-150.
- GUZMÁN, N.M. (1999). The Present Status of Clonal Propagation of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Costa Rica by Culture of Immature Inflorescences. In: Proceedings of the Seminar on Worldwide Performance of DxP Oil Palm Planting Materials, Clones and Interspecific Hybrids, Eds. N. Rajanaidu and B.S. Jalan, Palm Oil Res. Inst. Malaysia, Kuala Lumpur, pp. 144-150.
- JONES, L.H. (1974). Propagation of Clonal Oil Palms by Tissue Culture. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur. The Planter, 50: 374-381.
- KOZAI, T. (1991). Acclimatization of Micropropagated Plants. In: Biotechnology in Agriculture and Forestry, Vol. 17, High-Tech and Micropropagation, Ed. Y.P.S. Bajaj. Springer-Verlag, Berlin, pp. 127-131.
- MAHERAN, A.B.; ABU ZARIN, O. (1999). FELDA's Experience in Clonal Oil Palm Planting on Inland Soils. In: Preprints, 1999 International Oil Palm Conference, Palm Oil Res. Inst. Malaysia, Kuala Lumpur, pp. 330-350.
- REBECHAULT, H.; MARTIN, J.P. (1976). Multiplication Végétative du Palmier a Huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) a l'aide de tissus foliaire. C.R. Acad. Sci. Paris, 238: 1735-1737.
- SIMON, S.; HENDRY, T.; CHANG, S.W.; KIAW, C.W. (1998). Early yield performance of clonal oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) plantings in PPB Oil Palms Bhd, Sabah - A case of study. Incorporated Society of Planters. The Planter, 74: 257-269.
- SOH, A.C.; WONG, G.; TAN, C.C.; CHEW, P.S.; HOR, T.Y.; CHONG, S.P.; GOPAL, K. (2001). Recent Advances Towards Commercial Production of Elite Oil Palm Clones. In: Proceedings 2001 International Oil Palm Congress - Agriculture, Malaysian Palm Oil Board, Kuala Lumpur, pp. 33-44.
- WUIDART, W.; KONAN, K. 1989. Le sevrage des vitroplants de palmier á huile. Oléagineux, Conseils de l'IHRO, 304. 44: 12 (573-582).