

Regulaciones cuarentenarias para semillas y clones de palma aceitera producidos en Costa Rica

Escobar R.¹ y Chinchilla C. M².

Resumen

Costa Rica está libre de cualquier patógeno conocido capaz de transmitirse en la semilla. Un historial de más de 125 millones de semillas (hasta el año 2004) exportadas a más de 30 países desde 1986, sin que se haya conocido de ninguna intercepción de patógeno o plaga, da una clara indicación de la confiabilidad de las medidas fitosanitarias consideradas, y la seriedad dada por ASD de Costa Rica, para garantizar tanto la pureza genética de sus variedades, como el mantenimiento de altos estándares en todos los aspectos fitosanitarios.

Muchos de los países que importan material genético de palma aceitera, exigen estrictas inspecciones fitosanitarias y certificaciones del gobierno de Costa Rica que garanticen que las semillas o clones estén libres de aquellas plagas o enfermedades sujetas a regulaciones cuarentenarias. Basándose en inspecciones de campo, y los análisis de laboratorio respectivos, la semilla de palma aceitera producida en Costa Rica, ha sido declarada libre de cualquier plaga o patógeno de interés para cualquier país o región en el mundo. Patógenos como *Pseudospiropes (Cercospora) elaeidis*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *elaeidis*, el viroide asociado al cadang cadang, el anillo clorótico (potyvirus), y *Mycrocyclus ulei* (patógeno del caucho) son desconocidos en Costa Rica.

La semilla y clones de palma aceitera son producidos en Costa Rica en áreas oficialmente certificadas como libres de plagas por una “Organización Nacional para la Protección Fitosanitaria” (NPPO). ASD de Costa Rica opera bajo los términos del “Acuerdo Internacional para la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias” (Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures). La certificación de productos vivos para la exportación está regulada por la Ley de Protección Fitosanitaria de Costa Rica No. 7664, las regulaciones referentes a tal ley, la “Convención Internacional para la Protección Fitosanitaria” (IPPC) y la Organización Mundial del Comercio (WTO). Las plantaciones en donde se produce la semilla, las plantas de procesamiento y empaque, así como los puertos de salida están sujetas a inspecciones oficiales periódicas, lo cual es un requisito para obtener los respectivos “Certificados Fitosanitarios de Exportación”.

Introducción

La palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Costa Rica, tiene muy pocos problemas fitosanitarios de importancia, y esto es particularmente cierto para la región en donde ASD de Costa Rica tiene ubicado su programa de mejoramiento genético, y producción comercial de semillas y clones.

¹ ASD Costa Rica, r.escobar@asd-cr.com; ² Consultor para ASD, cmlchinchilla@gmail.com

En algunas ocasiones se ha expresado preocupación, particularmente en el sureste asiático, sobre el riesgo de introducir algunas enfermedades a través de la importación de semillas de palma aceitera desde América tropical. Estas ideas se han generado debido a una interpretación confusa en algunas publicaciones e informes, de la situación fitosanitaria de la palma aceitera en América tropical. La confusión ha sido agravada cuando se han usado en forma indiscriminada nombres comunes para asignar problemas fitosanitarios en donde, a veces ni siquiera existe un patógeno claramente identificado como causa primaria del problema. Por ejemplo, los nombres pudrición de la flecha, pudrición severa del cogollo, pudrición seca del cogollo y otros derivados, que incluyen las palabras “letal” o “fatal” se han usado libremente para referirse a desórdenes del crecimiento que afectan (pudriciones, secamientos y ‘amarillamientos’) las hojas más nuevas y el cogollo. En la gran mayoría de estas situaciones, no se ha identificado hasta la fecha, más allá de alguna duda, algún patógeno como causa primaria del problema. Alternativamente, se han identificado numerosos factores ambientales y de manejo, que actúan como elementos de predisposición en la aparición y desarrollo del problema (Chinchilla & Umaña 1996; Alvarado et al. 1997; Chinchilla & Duran 1998, 1999).

Las pudriciones del cogollo de la palma aceitera no son en forma alguna, endémicas en América tropical, ni siquiera las que eventualmente causan la muerte de las palmas afectadas, lo cual a veces ocurre aún en la condición más común, la cual es la “pudrición común de flecha” (Duff 1963; Kovachich 1957; Turner 1981; Watanavanich 1982; Mariau et al. 1992; Chinchilla & Durán 1998, 1999; de Franqueville, 2001). Por otro lado, la denominada “pudrición letal del cogollo”, tal y como ocurre en muchas regiones de América tropical, no necesariamente causa la muerte de las plantas. América tropical abarca más de 12 millones de kilómetros cuadrados, un territorio muy vasto que cobija una tremenda variedad de ecosistemas, por lo cual, considerando los miles de kilómetros que separan a los países, cualquier generalización fácilmente puede conducir a una conclusión errada.

Prácticas fitosanitarias en las plantaciones comerciales y en áreas dedicadas a la producción de semillas y clones

Plantaciones comerciales

La palma aceitera en Costa Rica solo es afectada por un número limitado de problemas fitosanitarios, y a través de los años se han desarrollado métodos de manejo efectivos para todos ellos. El manejo fitosanitario se basa en la prevención a través de prácticas agronómicas adecuadas, lo cual parece particularmente cierto para el caso de desórdenes del tipo de las pudriciones de la fecha y el cogollo, en donde la incidencia y severidad están claramente ligadas a un ambiente desfavorable para el cultivo y prácticas agronómicas inadecuadas (Chinchilla & Duran 1998, 1999). La ausencia de patógenos que puedan transmitirse en la semilla en Costa Rica (Chinchilla & Umaña 1996, Chinchilla & Escobar 2004), es un beneficio adicional que ha hecho de este país una fuente de materiales de siembra de palma aceitera respectada en todo el mundo (Cuadro 1).

Los mismos principios de manejo fitosanitario se aplican tanto en las plantaciones comerciales como en las áreas experimentales; sin embargo, las segundas reciben atención particular para

preservar el material genético que es particularmente valioso, y para garantizar una alta calidad fitosanitaria de las semillas y clones producidos.

Cuadro 1. Número de semillas de palma aceitera exportadas por ASD y estimado de hectáreas sembradas en países de América, Asia y África (hasta el año 2004)

Área geográfica	Países	Semillas (000's)	Estimado de ha
América del Norte	México, USA	10 421	61 303
América Central y el Caribe	Costa Rica, Honduras, Nicaragua, República Dominicana, Panamá, Guatemala	23 386	137 564
América del Sur	Brasil, Ecuador, Colombia, Perú, Surinam, Venezuela	25 492	149 955
Asia	Camboya, India, Indonesia, Tailandia, Myanmar, Singapur	64 598	379 990
Africa	Angola, Camerún, R.D. Congo, Etiopía, Gabón, Kenya, Madagascar, Malawi, Sierra Leone, Tanzania, Uganda, Zambia	786	4624
<i>Total</i>	32	124 684	733 435

Las inspecciones fitosanitarias se realizan en forma sistemática (normalmente cada mes) para anotar cualquier problema que pueda aparecer (enfermedad, plaga, deficiencia nutricional etc.). Luego de cada visita, se toman las medidas pertinentes a cada caso, ya sea la eliminación de la planta afectada o un tratamiento específico para su condición (Cuadro 2)

La vigilancia fitosanitaria de las plantaciones se hace siguiendo los principios generales descritos por Mckenzie 1977; Morin & Phillipe 1978 y Genty et al. 1978; sin embargo, la experiencia e investigación local también han generado información importante que se utiliza rutinariamente (Chinchilla & Oehlschlager 1992; Rhains et al. 1993, 1994, 1996, Mexzón et al. 1994, 2003; Mexzón & Chinchilla 1996, 1999; Loría et al. 2000; Chinchilla 2003).

Cuadro 2. Acciones rutinarias tomadas luego de detectar algún problema fitosanitario particular

Problema	Agente/causa	Acción				
		Erradica- ción	Tratamiento plaguicida	Trampeo	Otros	Referencias
Enfermedades						
Anillo rojo	<i>Bursaphelenchus cocophilus</i>	Si	Herbicida para erradicar la palma afectada, insecticida en las trampas para el vector	Si	MIP, ley fitosanitaria	3,4,5,6,8, 11, 22
Pudrición basal húmeda	<i>Erwinia sp.?</i>	Si	No	No	Mejoramiento de la aeración del suelo	7, 27
Pudrición basal corchosa	<i>Ustilina deusta</i>	Si	Protección de cortes de la palma eliminada	No	Mejoramiento de prácticas agronómicas	4, 9, 27, 28
Pudrición basal	<i>Ganoderma sp.</i>	Si	Protección de cortes de la palma eliminada	No	Mejoramiento de prácticas agronómicas	4, 27
Antracnosis (vivero)	<i>Collectotrichium gloesporioides</i>	No	Fungicidas selectivos	No	Fertilización equilibrada, espaciamiento manejo del agua	23, 27
Plagas						
Picudo o gualpa	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	Ocasional	Si (en trampas)	Si	MIP, ley fitosanitaria	6, 8, 11, 15, 21, 22
Gusano cabrito	<i>Opsiphanes cassina</i>	No	Si es necesario	Si	MIP	7, 13, 16, 17, 24
Gusano canasta	<i>Oiketicus kirbyi</i>	No	Si es necesario	Si	MIP	17, 18, 25, 26
Desórdenes fisiológicos						
Pudrición seca de la flecha	Causas específicas desconocidas ^a	No	Con cirugía del tejido enfermo	Si ^b	Nutrición equilibrada, manejo del agua, aeración del suelo	10, 14
Pudrición común de la flecha	Causas específicas desconocidas ^a	No	Ocasionalmente con cirugía	Si ^b	Nutrición equilibrada, aeración del suelo	1, 2, 10, 19, 20

- a. Trastorno tipo 'decline', asociado con un ambiente desfavorable para el cultivo
b. La captura de *R. Palmarum* para que no invada las palmas afectadas
1: Alvarado et al., 1977; 2: Blair, 1970; 3: Bulgarelli et al., 1998; 4: Chinchilla & Richardson, 1988; 5: Chinchilla, 1991; 6: Chinchilla & Oehlschlager, 1992; 7: Chinchilla, 1993; 8: Chinchilla et al., 1995; 9: Chinchilla & Durán, 1998; 10: Chinchilla & Durán, 1999; 11: de Franqueville & Renard, 1990; 12: Kovachich, 1957; 13: Loría et al., 2000; 14: McKenzie, 1977; 15: Mexzón et al., 1994; 16: Mexzón & Chinchilla, 1996; 17: Mexzón & Chinchilla, 1999; 18: Mexzón et al., 2003; 19: Monge et al., 1993; 20: Monge et al., 1994; 21: Oehlschlager et al., 1993; 22: Oehlschlager et al., 2002; 23: Renard & Quillec, 1979; 24: Rhains et al., 1993; 25: Rhains et al., 1994; 26: Rhains et al., 1996; 27: Turner, 1981; 28: Umaña & Chinchilla, 1991.

Además del trabajo de rutina del personal fitosanitario, todos los trabajadores de campo son instruidos para que informen a los encargados, de cualquier situación anormal que puedan observar durante su trabajo en las plantaciones. Cuando se detecta un foco de alguna plaga, por ejemplo, el área es visitada por un grupo entrenado de personas para definir los alcances del problema y tomar la información, que a través de experiencia e investigación, se ha definido como importante para el problema en particular, tal como el tamaño de la población y la presencia y población de enemigos naturales. Para los defoliadores más comunes, se toman muestras de las hojas 17 o 25 en la filotaxia (1 palma/ha). En casos particulares, en donde a través de la investigación se ha determinado como adecuado, se toman muestras particulares de una sección única de la hoja seleccionada.

Jardín genético

ASD de Costa Rica tiene un área de 430 ha dedicada a su programa de mejoramiento de la palma aceitera en el pacífico sur de Costa Rica. Cerca de 130 ha contienen las palmas *duras*, 150 están dedicadas a las pruebas de progenies y líneas paternas, y el resto están sembradas con palmas compactas y clones. Además de esto, existen varios ensayos plantados en forma semi-comercial, particularmente para la demostración del desempeño de nuevas variedades y clones; todo lo cual forma parte de una plantación comercial de varios miles de hectáreas.

La selección de palmas como progenitores para producir semilla u *ortets* (como generadores de clones) se basa en datos de experimentos de campo, pero la escogencia final de cualquier palma en particular solo se hace después de una inspección detallada de la misma para garantizar que esté libre de cualquier anomalía o riesgo fitosanitario.

Las inflorescencias que son seleccionadas para la polinización están en la posición 15-16 en la fitotaxia. Tales inflorescencias son preparadas removiendo las espatas externas y aplicando varios productos protectores (formalina y deltametrina) para eliminar y evitar contaminación por insectos y otros organismos no deseables. La entrada de insectos u otros contaminantes a la inflorescencia después de embolsada, se previene cerrando la bolsa con algodón atado con una banda de hule alrededor del pedúnculo floral, todo lo cual se asperja con insecticida. Una segunda capa de algodón, también espolvoreada con insecticida, es atada alrededor del pedúnculo de la inflorescencia embolsada. Durante la polinización asistida, todos los materiales usados se desinfectan con alcohol 95%. Solamente se polinizan las inflorescencias que empiezan el periodo de antesis después de 10 días de haber sido embolsadas.

Unidad de procesamiento de semillas y laboratorio de tejidos

Las semillas obtenidas de racimos provenientes de la polinización artificial reciben un primer tratamiento fungicida después que el mesocarpio es removido. Un segundo tratamiento se hace luego de romper el reposo y posterior al remojo de la semilla para estimular la germinación. Durante los chequeos semanales de germinación, las semillas germinadas y no germinadas se asperjan con fungicida, pero alternando productos con diferentes modos de acción para prevenir el desarrollo de cepas con tolerancia a los productos.

Durante todo el proceso de germinación se aplican estrictas normas de selección para descartar todos las semillas dañadas, con germinación anormal, o bien con signos de contaminación por hongos del almacenamiento, principalmente *Penicillium* sp, el cual se asocia con la aparición del germen café. Las semillas germinadas, listas para la exportación, se colocan en grupos de 102 dentro de bolsas plásticas con espuma de uretano para prevenir daño físico durante el transporte. La semilla precalentada o germinada puede recibir un tratamiento extra con insecticida si es requerido por el país importador.

ASD de Costa Rica posee un moderno laboratorio para clonar la palma aceitera. Durante las etapas finales del proceso, los *ramets* son transferidos desde los “tubos de ensayo” a bolsas de celofán que contienen un medio nutritivo líquido. Las bolsas con varios *ramets* son selladas herméticamente para mantener las condiciones asépticas, y luego se colocan dentro de cajas impermeabilizadas de cartón corrugado para la exportación.

Cumplimiento de prácticas fitosanitarias oficiales

ASD de Costa Rica opera dentro del acuerdo para la aplicación de medidas fitosanitarias (IPPC: Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures). Estos acuerdos se aplican a las firmas exportadoras para garantizar altos estándares en la inspección y seguimiento de los productos vivos de exportación. El éxito del seguimiento estricto de estos acuerdos, y de todas las medidas fitosanitarias aplicables, se ha reflejado en la ausencia de intercepciones de cualquier ente nocivo dentro de los productos enviados a cualquier país. La certificación de los productos de exportación de Costa Rica está regulada por la “Ley de Protección Fitosanitaria” (PPL) No. 7664, sus regulaciones asociadas, la Convención Internacional para la Protección Vegetal (IPPC: International Plant Protection Convention), y la Organización Internacional del Comercio (WTO).

El seguimiento de las regulaciones de la PPL, obliga al Servicio Fitosanitario del Estado, del Ministerio de Agricultura y Ganadería, a mantener una base con la información técnica y fitosanitaria de las compañías que exportan sus productos. El procedimiento de registro de una compañía dentro de esta base de datos está estrictamente regulado por la guía GTE-P-001 (Procedimiento para el Registro en la Base de Datos de los Exportadores de Productos no Tradicionales y de Materiales de Empaque (Ley No. 7664 y GTE-P-001, disponible en <http://www.protecnet.go.cr>). ASD de Costa Rica ha estado registrada en esta base de datos desde 1989, con el número de registro 299, el cual se renovó en el año 2002.

Tanto las plantaciones como las plantas de proceso y de empaque están sujetas a visitas periódicas por parte de inspectores oficiales. Estas visitas están reguladas por la guía “GTE-T-002, Estándares para fincas y viveros de productos agrícolas no tradicionales” y “GTE-T003, Estándares para plantas empacadoras de productos agrícolas no tradicionales”. Los inspectores hacen observaciones y recomendaciones técnicas, y si lo consideran necesario, toman muestras para enviar a laboratorios oficiales especializados (patología, nematología, entomología etc.). Una copia de las notas de cada visita se deja en el “Libro Oficial para Inspecciones” que mantiene cada compañía exportadora. El cumplimiento de las recomendaciones es obligatorio.

Los inspectores oficiales también realizan inspecciones en los puertos de salida, lo cual es también un requisito para obtener el certificado fitosanitario de exportación. El transporte y el empaque están también regulados por la guía GTE-O10, “Estándares para el empaque y el transporte de productos agrícolas no tradicionales”, en cumplimiento de las regulaciones del país y los acuerdos internacionales.

Cumplimiento de regulaciones cuarentenarias de países específicos

India, Indonesia, Tailandia, Zambia, Kenya, Méjico, Honduras y Colombia son ejemplos de países que requieren inspecciones fitosanitarias estrictas y certificaciones de las autoridades fitosanitarias de Costa Rica, para garantizar que las semillas de palma aceitera importadas están libres de las enfermedades y plagas de interés de cada uno de ellos (Cuadro 3). Las inspecciones de campo y los análisis de laboratorio realizados, permiten declarar que las semillas y clones de palma aceitera producidos por ASD en Costa Rica están libres del nematodo *Bursaphelenchus (Rhadinaphelenchus) cocophillus* y su vector, *Rhynchophorus palmarum*. Aún más importante; en Costa Rica no existe evidencia de que los siguientes patógenos estén presentes: *Pseudospiropes (Cercospora) elaeidis*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *elaeidis*, el viroide asociado al cadang cadang y el anillo clorótico asociado a un potyvirus. La presencia del flagelado *Phytomonas staheli* en palma aceitera, aún no ha sido confirmada en Costa Rica. Finalmente, para algunos países del sureste asiático, se declara que el patógeno *Mycrociclus ulei* no existe en Costa Rica, y el caucho no se cultiva en el país.

ASD de Costa Rica ha cumplido con requerimientos fitosanitarios muy estrictos para poder exportar semilla precalentada a Indonesia. El procedimiento incluye un periodo de cuarentena en Miami, para obtener el certificado fitosanitario del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (APHIS). Todo el empaque original se destruye en Miami, y las semillas son empacadas de nuevo en cajas hechas en los Estados Unidos.

Más recientemente, ASD ha exportado *ramets* de palma aceitera a varios países, incluyendo Malasia. Los requerimientos fitosanitarios de este último país incluyeron un certificado fitosanitario de una estación intermedia en Inglaterra, en donde los *ramets* fueron inspeccionados por “CABI Bioscience” y declarados libres de plagas o enfermedades. Todos los requisitos de la División de Protección Fitosanitaria y los Servicios de Cuarentena del Departamento de Agricultura de Malasia fueron cumplidos.

Cuadro 3. Declaraciones oficiales requeridas por varios países a donde ASD de Costa Rica ha exportado semillas de palma aceitera

País	Según inspecciones oficiales y análisis (laboratorio), las semillas están libres de:	Declaraciones adicionales	
		En Costa Rica, no se conoce de la presencia de:	Otras declaraciones:
India	<i>Phytophthora staheli</i> , <i>Bursaphelenchus cocophyllus</i> , <i>Rhynchophorus palmarum</i>	<i>Cercospora elaeidis</i> , <i>Fusarium oxysporum f.sp. elaeidis</i> , <i>Pachymerus nucleorum</i> , <i>P. lacerdae</i> , <i>P. carda</i> , <i>Pemelephila ghesquierei</i> , <i>Haplolaimus pararobustus</i> , cadang cadang viroid, poty-virus, y otros virus que afectan a Palmaceae, lethal spear rot	Semillas fueron obtenidas de plantas libres de arqueo foliar, y están libres de suelo y malezas
Indonesia	<i>Rhynchophorus palmarum</i> , <i>Bursaphelenchus cocophilus</i> , <i>Cercospora elaeidis</i>	<i>F. oxysporum f.sp. elaeidis</i> , 'Amarillamiento' letal, <i>Microcyclus ulei</i> , <i>Haplolaimus pararobustus</i> , <i>Scutellonema bradys</i> , moteo de la hoja (MLO)	
Tailandia	<i>Phytophthora staheli</i> , <i>B. cocophilus</i>	<i>F. oxysporum f.sp. elaeidis</i> , <i>Cercospora elaeidis</i>	El material no es transgénico
Madagascar	<i>B. cocophilus</i> , <i>Phytophthora staheli</i>	<i>F. oxysporum f.sp. elaeidis</i>	
Zambia	<i>Bursaphelenchus cocophilus</i> , <i>Phytophthora palmivora</i>	<i>Quadraspidiotus perniciosus</i> (escama de San José), viroide del cadang cadang, marchitez de la raíz, amarillamiento letal, marchitez bronceada de la hoja, "Bristle top disease"	plantas libres de plagas y enfermedades, incluyendo <i>Mauginiella scaettae</i> y <i>Marasmius palmivorus</i> . Semillas libres de suelo
Kenya	<i>Bursaphelenchus cocophilus</i>	<i>Melittomma insulare</i>	Las semillas no fueron germinadas en suelo
Malawi	<i>B. cocophilus</i> , <i>Phytophthora palmivora</i>	Cadang cadang viroid, marchitez de la raíz, 'leaf scorch', amarillamiento letal, marchitez bronceada de la hoja, "Bristle top disease"	Plantas inspeccionadas durante su desarrollo y están libres de plagas y enfermedades, incluyendo <i>Mauginiella scaettae</i> y <i>Marasmius palmivorus</i> .
México	<i>Phytophthora sp.</i> <i>Schizophyllum commune</i> , <i>Ustilina</i> , <i>Ceratocystes sp.</i>	<i>F. oxysporum f.sp. elaeidis</i>	
Honduras	<i>B. cocophilus</i> , <i>R. palmarum</i>	<i>F. oxysporum f.sp. elaeidis</i>	
Colombia		<i>F. oxysporum f.sp. elaeidis</i>	El material no transgénico
Perú	<i>Fusarium longipes</i>	Cadang cadang viroid	

Evaluación de los riesgos reales de introducir patógenos a través de semilla o clones

En las secciones precedentes se hizo una descripción de los procedimientos regulares generales seguidos por ASD, para garantizar un producto de alta calidad, tanto en su apariencia como en su constitución genética, y en este particular, en cuanto a fitosanidad. Los procedimientos seguidos están orientados a eliminar el riesgo a los importadores de llevar a sus países un agente no deseable. En la siguiente sección se presenta con algún detalle las principales enfermedades presentes en Costa Rica, y el verdadero riesgo (si es que existe alguno), de que algún patógeno pueda ser llevado en la semilla.

Enfermedad del anillo rojo

Este es un problema común en muchos países de América tropical, tanto en palma aceitera como el cocotero, y la única enfermedad con implicaciones económicas de importancia en Costa Rica en el pasado, pero bajo control actualmente. La enfermedad está asociada a la presencia del nematodo *Bursaphelencus (Rhadinaphelencus) cocophilus* (Cobb), Boujard, que es transmitido por el curculiónido, *Rhynchophorus palmarum* L. (Blair 1970), una especie restringida a América. La transmisión efectiva del nematodo por otros vectores, incluyendo *Metamasius hemipterus*, no parece tener importancia práctica, al menos en Costa Rica (Morales & Chinchilla 1991; Bulgarelli et al. 1998; Chinchilla 1991, 1993).

El estudio epidemiológico del patógeno y su vector permitieron desarrollar una estrategia integrada de manejo de la enfermedad muy eficiente (Chinchilla & Oehlschlager 1992; Chinchilla et al. 1993; Oehlschlager et al. 1993, 1995, 2002; Chinchilla 2003). El nematodo *B. cocophilus* no es transmitido en la semilla (Blair & Darling 1968; Blair 1970; Schuiling & Dither 1981; Griffith 1987), y todos los intentos experimentales para infectar palmas aceiteras muy jóvenes han fracasado. El nematodo en cuestión es esencialmente un parásito obligado, lo cual significa que no puede ser acarreado en el medio de cultivo utilizado para transportar los *ramets* originados de cultivo de tejido.

Marchitez sorpresiva

Esta enfermedad se asocia con la presencia de organismos flagelados (*Phytophthora* sp.) en el floema de las plantas afectadas (Dollet & López 1978). Existe evidencia de que el pentatómido *Lincus* spp. es un vector del patógeno (Perthuis et al. 1985). En Centro América, se han encontrado en forma esporádica palmas aceiteras infectadas por estos flagelados en la costa Atlántica de Honduras (Chinchilla & Richardson 1987). La presencia de la enfermedad en Costa Rica en este cultivo no ha sido confirmada, aunque parece ocurrir esporádicamente en cocoteros en la zona Atlántica del país.

No existe evidencia de transmisión por semilla, la cual es prácticamente imposible que ocurra, ya que uno de los síntomas más conspicuos de la enfermedad es el aborto de inflorescencias y racimos en forma muy prematura, cuando la planta apenas está mostrando otros síntomas foliares iniciales. Un esquema eficiente de vigilancia, y el uso de medidas simples de control, reduce el problema a una importancia secundaria, tal y como ha sido observado en Honduras y otros países

de Sur América, de manera que el fantasma que se creó sobre el potencial destructivo de esta enfermedad ha quedado ya atrás.

Marchitez por *Fusarium*

El hongo causante de esta enfermedad, *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis*, puede efectivamente ser transmitido en la semilla (de Franqueville & Renard 1990; Flood 1990), pero es un patógeno desconocido en América Central, y presente principalmente en varios países africanos (Costa de Marfil, Benin, Nigeria, Camerún, Zaire, Ghana y Congo). En América, solo se sabe de su presencia en dos zonas limitadas en Brasil y Ecuador (van de Lande 1985; Renard & de Franqueville 1989; Mariau et al. 1992).

‘Amarillamiento’ letal del cocotero

Esta es una enfermedad del cocotero, asociada a un fitoplasma (primeramente identificado como MLO), el cual tiene como uno de sus vectores conocidos a *Myndus crudus*, un saltahoja chupador. El fitoplasma del amarillamiento letal del cocotero no se transmite en la semilla.

En América, la enfermedad es conocida en Florida, a lo largo de parte del Golfo de México, Honduras y algunas islas del Caribe. La palma aceitera es posiblemente resistente (o tal vez inmune) a este patógeno. En Honduras, en la costa Atlántica, una plantación comercial de palma aceitera ha coexistido durante varios años en una zona fuertemente infectada por palmas de cocotero con el ‘amarillamiento’ letal. La llamada pudrición letal del cogollo, y otras pudriciones del cogollo de la palma aceitera no están definitivamente relacionadas en modo alguno con el patógeno del ‘amarillamiento’ letal del cocotero.

Anillo clorótico

Esta es una enfermedad de plantas de vivero, cuyos síntomas pueden permanecer en la planta luego del trasplante al campo. Los síntomas han sido encontrados en India, Filipinas y Ecuador, pero son desconocidos en Centro América. No existe ninguna evidencia de que el potyvirus asociado a los síntomas pueda ser transmitido en la semilla (Chinchilla 2001).

Conclusiones

Costa Rica tiene una larga y reconocida tradición como exportador de productos agrícolas de calidad. Las autoridades cuarentenarias del país son sumamente estrictas y conscientes de la importancia que tiene garantizar un producto seguro para el mercado internacional. En el caso particular de la exportación de semillas de palma aceitera, se cuenta con más de 16 años de experiencia, durante los cuales se han exportado más de 125 millones de semillas a más de 30 países en África, Asia y América, sin que se haya documentado una sola intercepción de alguna plaga o patógeno.

ASD de Costa Rica, el único exportador de semillas y clones de palma aceitera en Costa Rica, opera respetando estrictamente los términos de los acuerdos internacionales para la aplicación de medidas sanitarias y fitosanitarias, un sistema que al aplicarlo garantiza la excelencia para

satisfacer e incluso exceder los estándares oficiales que deben cumplirse para el manejo fitosanitario de las plantaciones y áreas de proceso y empaque de los productos de exportación. El resultado no puede ser otro que la confianza, para asegurar que no existe riesgo fitosanitario conocido para importar materiales genéticos (semillas y clones) de palma aceitera desde Costa Rica.

Referencias

- Alvarado, A; Chinchilla, C; Bulgarelli, J; Sterling F (1997). Agronomic factors associated with common spear rot in oil palm. ASD Oil Palm Papers, 15: 8-28.
- Blair, G (1970). Studies on red ring disease of the coconut palm. *Oléagineux*, 25: 79-83
- Blair, G and Darling D (1968). Red ring disease of the coconut palm: inoculation studies and histopathology. *Nematologica*, 14: 395-403
- Bulgarelli, J; Chinchilla, C; Oehlschlager, C (1998). The red ring/little leaf syndrome and *Metamasius hemipterus* in oil palm in Costa Rica. ASD Oil Palm Papers, 18: 17-24.
- Chinchilla, C (1991). The red ring/little leaf syndrome in oil palm and coconut. ASD Oil Palm Papers, 1: 1-17. (Updated in *Palmas*, 13(1): 33-56).
- Chinchilla, C. (1993). Harmful arthropods and diseases of the oil palm. ASD de Costa Rica. Internal Report. 134 p.
- Chinchilla, C (2001). Chlorotic ring spot (anillo clorótico) and other virus-like symptoms in oil palm: risks for seed transmission. ASD Oil Palm Papers, 22: 17-27.
- Chinchilla, C (2003). Integrated management of phytosanitary problems in oil palm in Central America. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 67: 69-82.
- Chinchilla, C.; Escobar, R. 2004. The red ring and other diseases of the oil palm in Central and South America. In. Proc. of the International Conference on pests and diseases of importance to the oil palm industry. Kuala Lumpur, May 2004. p. 37-52
- Chinchilla, C and Richardson, D (1988). Four potentially destructive diseases in Central America. Proc. of the 1987 PORIM International Oil Palm Conference -Progress and Prospects. Kuala Lumpur, Malaysia. 23-26 June 1987. p. 468-70.
- Chinchilla, C and Oehlschlager, A (1992). Comparación de trampas para capturar adultos de *R. palmarum* utilizando la feromona de agregación producida por el macho. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 29: 28-35.
- Chinchilla, C and Umaña, C (1996). There is no (known) danger of importing palm diseases through oil palm seed imports from Costa Rica. ASD Oil Palm Papers, 13:1-8.
- Chinchilla, C and Durán, N (1998). Management of phytosanitary problems in oil palm: an agronomic perspective. *Palmas*, 19 (número especial): 242-256.
- Chinchilla, C and Durán, N (1999). Nature and management of spear rot-like problems in oil palm: a case study in Costa Rica. Proc. of the 1999 PORIM International Palm Oil Congress - Emerging Technologies and Opportunities in the Next Millennium (Agriculture), Kuala Lumpur, Malaysia. 1-6 February 1999. p. 97-126.
- Chinchilla, C; Oehlschlager, A; González, L (1995). Management of red ring disease in oil palm through pheromone-based trapping of *Rhynchophorus palmarum* L. Proc. of the 1993 PORIM International Palm Oil Congress -Update and Vision (Agriculture). Kuala Lumpur, Malaysia. 20-25 September 1993. p. 428-441.
- Chinchilla, C; Salas, A; Castrillo, G (1997). Common spear rot/crown disease in oil palm: effects on growth and initial yields. ASD Oil Palm Papers, 16: 1-17.

de Franqueville, H (2001). Oil palm bud rot in Latin America: preliminary review of established facts and achievements. CIRAD/BUROTROP, France. 33 p.

de Franqueville, H and Renard, J (1990). Improvement of oil palm vascular wilt tolerance. Results and development of the disease at the R. Michaux plantation. *Oléagineux*, 45(10): 399-405.

Dollet, M and López, G (1978). A study of the association of flagellate protozoa and marchitez sorpresiva of oil palm in South America. *Oléagineux*, 33(5):209-217.

Duff, A (1963). The bud rot little leaf disease of the oil palm. *J. West Inst. Oil Palm Res.* 4 (14): 176 -190.

Flood, J; Mepsted, R; Cooper, R (1990). Contamination of oil palm pollen and seeds by *Fusarium* spp. *Mycological Research*, 94(5):708-709.

Genty, P (1978). Phytosanitary checks on adult oil palm plantations in Latin America. *Oléagineux*, 33(11): 549-553.

Genty, P; de Chenon, D; Morin, J (1978). Las plagas de la palma aceitera en América. *Oléagineux*, 33(7): 324-420.

Griffith, R (1987). Red ring disease of coconut palm. *Plant Disease*, 71(2): 193-196.

Kovachich, W (1957). Some diseases of the oil palm in the Belgian Congo. *J. West African Inst. for Oil Palm Res.* 2: 221-229.

Loría, R; Chinchilla, C; Domínguez, J; Mexzón, R (2000). An effective trap to capture adults of *Opsiphanes cassina*, and observations on the behavior of the pest in oil palm. *ASD Oil Palm Papers*, 21:1-12 (Updated in *Palmas*, 23(1): 29-37).

Locke, T and Colhoun, J (1973). *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* as a seed-borne pathogen. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 60(3):594-595.

Mariau, D; van de Lande, H; Renard, J; Dollet, M; Rocha de Souza, L; Rios, R; Orellana, F; Corrado, F (1992). Oil palm- bud rot- type diseases in Latin America. Symptomatology, epidemiology, incidence. *Oléagineux* 47(11): 605-618.

McKenzie (1977). Observations on the control of some leaf eating pests in oil palm. *International. Developments in Oil Palm.* (Earp, D and Newall, W. eds.), The Incorporated Society of Planters. Kuala Lumpur, Malaysia. p. 617-623.

Mexzón, R; Chinchilla, C; Castrillo, G; Salamanca, D (1994). Biology and behavior of *Rhynchophorus palmarum* associated with oil palm in Costa Rica. *ASD Oil Palm Papers*, 8: 14-21.

Mexzón, R; Chinchilla, C (1996). Natural enemies of arthropods associated with oil palm (*Elaeis guineensis*) in Central America. *ASD Oil Palm Papers*, 13: 9-33.

Mexzón, R and Chinchilla, C (1999). Plant species attractive to beneficial entomofauna in oil palm plantations in Costa Rica. *ASD Oil Palm Papers*, 19 (special number).

Mesón, R; Chinchilla, C; Rodríguez, R (2003). The bag worm, *Oiketicus kirbyi*, a pest of the oil palm. *ASD Oil Palm Papers*, 25: 17-28.

Monge, J; Chinchilla, C; Wong, A (1993). Studies on the etiology of the crown disease\spear rot syndrome in oil palm. *ASD Oil Palm Papers*, 7: 1-16.

Monge, J; Vasquez, N; Chinchilla, C (1994). Common spear rot-crown disease in oil palm: anatomy of the affected tissue. *Elaeis*, 6(2): 102-108.

Morales, J; Chinchilla, C (1991). El picudo de la palma aceitera y la enfermedad del anillo rojo-hoja pequeña en una plantación comercial de palma aceitera en Costa Rica. *Turrialba*, 40(4): 478-485.

- Morin, J; Philippe, R (1978). Phytosanitary checks on oil palm plantations in West Africa. *Oléaginoux*, 33(6):277-281.
- Oehlschlager, A; Chinchilla, C; González, L (1995a). Optimization of a pheromone-baited trap for the American palm weevil. Proc. of the 1993. PORIM International Palm Oil Congress - Update and Vision (Agriculture). Malaysia, Kuala Lumpur. 20-25 September 1993. p. 645-660.
- Oehlschlager, A; McDonalds, R; Chinchilla, C; Patschke, S (1995b). Influence of a pheromone-based mass trapping system on the distribution of *Rhynchophorus palmarum* in oil palm. *Environmental Entomology*, 24(5): 1005-1012.
- Oehlschlager, A; Chinchilla, C; Castrillo, G; González, L (2002). Control of red ring disease by mass trapping of *Rhynchophorus palmarum*. *Florida Entomol.* 85(3): 507-513.
- Oehlschlager, A; Chinchilla, C; González, L; Jirón, L; Mexzón, R; Morgan, B (1993). Development of a pheromone-based trapping system for the American palm weevil. *J. Econ. Entomol.* 86(5): 1381-1392.
- Perthuis, B; de Chenon, R; Rerland, E (1985). Mise en evidence din vecteur de la marchitez sorpresiva du palmier á huile, la punaise *Lincus lethifer* Dolling (Hemiptera: Pentatomidae). *Oléaginoux*, 40(10):473-475.
- Renard, J and Quillec, G (1979). Diseases and abnormalities of the oil palm in the nursery. *Oléaginoux*, 34(7):331-337.
- Renard, J and de Franqueville, H (1989). La fusariose du palmier á huile. *Oléaginoux*, 44(7):341-349.
- Rhains, M; Chinchilla, C; Castrillo, G (1993). Desarrollo de un método de muestreo de las larvas de *Opsiphanes cassinae* palma aceitera. *Manejo Integrado de Plagas (CR)* 30:15-18.
- Rhains, M; Gries, G; Gries, R; Slessor, K; Chinchilla, C; Oehlschlager, A (1994). Chiral esters: sex pheromone of the bagworm, *Oiketicus kirbyi*. *J. Chem. Ecol.* 20 (12):3083-3096.
- Rhains, M; Gries, G; Chinchilla, C (1996). Development of a sampling method for first instar *Oiketicus kirbyi* (Lepidoptera: Psychidae) in oil palm plantations. *J. Econ. Entomol.* 89 (2):396- 401.
- Schuling, M and Dinther, J (1981). Red Ring disease in the Paricatuba oil palm estate, Para, Brazil. *Zeitschrift for angewandte Entomologie*, 91(2):154-169.
- van de Lande, H (1985). Vascular Wilt of the oil palm caused by *Fusarium oxysporum* Schl. at the Paricatuba plantation in Pará, Brazil: the proof of pathogenicity in oil palm seedlings in the prenursery stage. *De Surinaamse Landbouw*, 33(1): 1-9.
- Turner, P (1981). *Oil Palm Diseases and Disorders*. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur. 280 p.
- Umaña, C and Chinchilla, C (1991). Corky base rot of oil palm caused by *Ustilina deusta* in Central America. XXXI Reunión Anual Soc. Americana de Fitopatología, Div. Caribe, Costa Rica.
- Watanavanich, P (1982). Oil palm diseases in Thailand. *The Oil Palm in the Eighties* (Push-parajah and Soon eds.). The Incorporated. Society of Planters. Kuala Lumpur, Malaysia. p 457-460.

Manejo de malezas trepadoras (Araceae) en el tallo de la palma aceitera

Soto A., Carmona A.¹, Albertazzi H., Quesada A.²

Introducción

Las plantas que crecen como epífitas sobre el tallo o estípite de la palma aceitera, pueden dificultar la visión de los operarios durante las labores de cosecha. Muchas de estas plantas son aráceas (*Philodendron* sp., *Syngonium podophyllum*), que han ascendido desde la rodaja o plato en la base de la planta, cuando el manejo de malezas es deficiente en este sitio.

Normalmente, estas epífitas se remueven manualmente, pero los fragmentos que caen en la rodaja pueden formar raíces, lo cual encarece los costos, pues tales fragmentos deben necesariamente removerse del plato o rodaja alrededor del tallo. Algunos herbicidas sistémicos ofrecen una posibilidad de manejo de tales malezas, pero la labor obliga a tomar medidas especiales para evitar que los operarios entren en contacto con los productos, y reducir la deriva del herbicida hacia otros sitios no deseados. En un primer ensayo se encontraron dos mezclas que dieron un buen control del problema:

1. Una parte de agua, una de WK® (adherente), y una de glifosato
2. Una de agua, una de WK® y la combinación de tres cuartas partes de glifosato y una de triclopyr) .

Proporciones mayores a una cuarta parte de triclopyr, provocaron una defoliación más rápida y total, pero no causaron la muerte de los tallos que cuelgan como lianas sobre el tronco de la palma. Esta nota detalla un ensayo, cuyo objetivo fue optimizar la mezcla glifosato y triclopyr, y el método de aplicación, para obtener un mejor manejo de *Philodendron* sp., sobre el tallo de la palma aceitera.

Materiales y métodos

Se escogieron palmas con tallos que tuvieran 60% o más de cobertura por *Philodendron* sp. (Fig. 1), en donde se aplicaron los tratamientos descritos en el cuadro 1. El equipo de aplicación fue un rodillo común para pintura, equipado con una felpa para pared lisa (Fig. 1), de manera que se evita que gotas del caldo herbicida lleguen hasta el operario. Cada tallo recibió aproximadamente 100 ml de la mezcla. En el momento de la aplicación la temperatura promedio en el sitio experimental fue 32 °C y la humedad relativa 82%.

¹ ASD Costa Rica, a.carmona@asd-cr.com; 2. Palma Tica, aquesada@numar.net

Cuadro 1. Mezclas de herbicidas para combatir la planta trepadora *Philodendrom* sp. que crece sobre los tallos de palma aceitera

Tratamiento	Proporciones			
	Agua	WK®	Herbicida	
			Glifosato	Triclopyr
1	1.25	1	0.75	0
2			0.375	0.375
3			0	0.75
4	1.50	1	0.50	0
5			0.25	0.25
6			0	0.5
7	1	1	1	0
8			0.75	0.25
9			1	0
10			0.75	0.25

Tratamientos 7 y 8: testigos según resultados preliminares. * Tratamientos en que se sustituyó el WK® por un surfactante derivado del aceite de la palma aceitera (Agrofilm) ®. WK= adherente-surfactante. En todos los tratamientos se usó sulfato de amonio (20 g/l) para mejorar el efecto herbicida



Fig. 1. Tallo de una palma cubierto por una planta trepadora (Araceae). Derecha. Aplicación de un herbicida con un rodillo para pintura normal

La efectividad del coadyuvante comercial WK®, se comparó con un producto derivado del aceite de la palma aceitera de nombre comercial Agrofilm®. El grado de control de *Philodendron* sp. se determinó a los 22, 45 y 65 días después de la aplicación. El análisis estadístico de los datos fue hecho siguiendo un modelo irrestricto al azar con 10 tratamientos y 5 repeticiones. El análisis de varianza fue hecho con ANAWIN 2005, utilizando el promedio del control por tratamiento, repetición y época de muestreo. Las medias se separaron con una prueba de DMS ($p = 0.05$). La efectividad de los tratamientos se determinó utilizando la escala del cuadro 2.

Cuadro 2. Escala para evaluar el grado de control obtenido con la aplicación de herbicidas sobre *Philodendron* sp. que crecía sobre tallos de palma aceitera

% of control	Calificación	Síntomas en la maleza
<10	Pobre	Si efectos aparentes
11-20	Ligero	Atrofia y/o clorosis leve
21-30	Moderado	Atrofia leve, clorosis media y necrosis leve
31-40		Atrofia media, clorosis severa y necrosis leve
41-50		Atrofia media, clorosis severa, necrosis leve y algunas plantas muertas
51-60	Bueno	Atrofia severa y/o incremento en el número de plantas muertas
61-70		Entre 61 y 70% de la plantas muertas
71-80		Entre 71 y 80% de la plantas muertas
81-90		Entre 81 y 90% de la plantas muertas
>91	Excelente	Entre 91 y 100% de la plantas muertas

El ensayo se realizó durante marzo-mayo del 2005 (523,3 mm de lluvia), en una plantación comercial de palma aceitera (9° 23,442' N y 84° 03,631' W).

Resultados

Un tallo de palma aceitera con una cobertura promedio del 60 % con la planta *Philodendron* sp. puede ser tratado con el herbicida en menos de cuatro minutos (promedio 3,36 minutos). Este tiempo se compara favorablemente con la remoción manual de las lianas, lo cual toma aproximadamente 25 minutos, sin considerar el tiempo extra que toma recolectar los fragmentos de la maleza que quedan en las axilas de las hojas y que tiene el potencial de rebrotar. El tratamiento químico permite una economía en tiempo del 87% en la labor, y elimina el riesgo de que los fragmentos rebroten (Figs. 3,4).

Todos los tratamientos tuvieron un excelente combate del *Philodendron* sp. durante el periodo experimental de 65 días, según la calificación del cuadro 2. El coadyuvante Agrofilm, derivado del aceite de la palma aceitera fue superior al WK, y su costo fue menor (61 %). En general, el tratamiento químico fue más barato que el manual (36% menos de costo/planta), y el mejor fue

la mezcla de una parte de agua, una de Agrofilm y una de glifosato, cuyo costo fue 64 % menor que la remoción manual de la maleza (Figs. 5, 6).

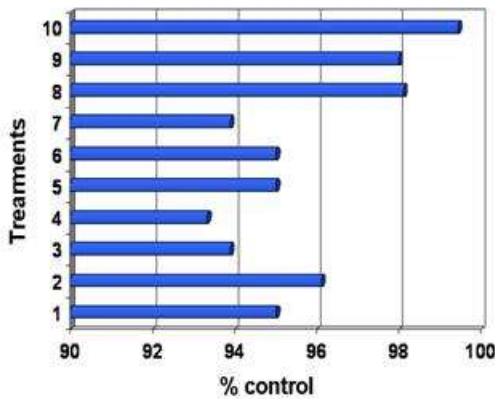


Fig. 3. Control químico sobre *Philodendron* sp. establecido sobre los tallos de la palma aceitera (primeros 65 días después del tratamiento).

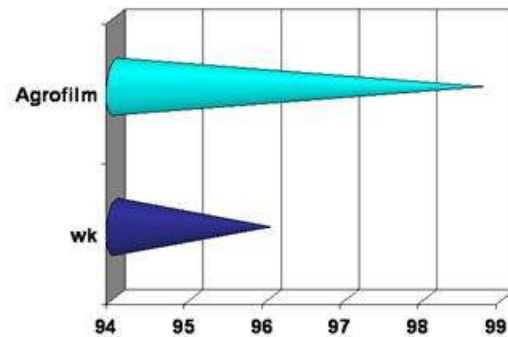


Fig. 4. Efecto de un adjuvante en el control de *Philodendron* sp. Control (%) según cuadro 2.

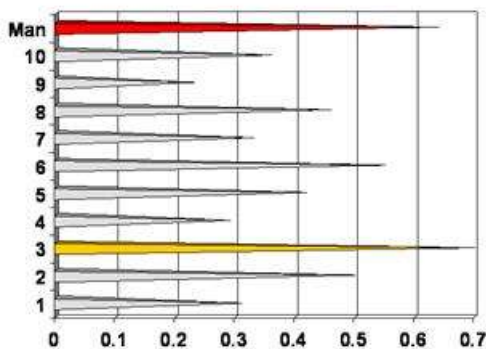


Fig. 5. Costos del tratamiento con herbicida para eliminar la trepadora *Philodendron* sp. en tallos de palma aceitera.



Fig. 6. Excelente control de plantas trepadoras con herbicidas en tallos de palma aceitera

Conclusiones

Es posible obtener un manejo eficiente y económicamente aceptable de las malezas aráceas que crecen sobre el tallo de las palmas aceitera. La eliminación de tales plantas facilita la cosecha, ya que el operario puede visualizar mejor el grado de madurez de los racimos. La especie *Philodendron* sp. puede ser efectivamente eliminada utilizando únicamente glifosato, el cual se aplica con un rodillo común de pintura para reducir el riesgo de que exista contacto entre el herbicida y el operario.

El uso de otro herbicida en mezcla con el glifosato, tal como el triclopyr no mejoró el efecto del primero, pero un coadyuvante derivado del aceite de la palma aceitera, y denominado Agrofilm,

mejoró sustancialmente el control y su costo fue menor que otro producto comercial usado para este propósito. El Agrofilm puede ser sustituido por una preparación de oleína refinada de palma aceitera + 1,5% v/v de un emulsificante.

Es posible sustituir el rodillo por una bomba de espalda para asperjar el tronco de la palma, con lo cual se aumenta la eficiencia grandemente. No obstante se deben tomar precauciones para evitar la deriva, para no asperjar las inflorescencias y racimos.

Performance of ASD's oil palm parent material in South Sumatra The search for elite planting material for Indonesia

C.J. Breure¹

Abstract

A selection program involving oil palm material obtained from ASD (in Costa Rica) is currently being carried out in PT Selapan Jaya's seed garden (in South Sumatra). The program aims to select *dura* female and *pisifera* male parents for generating high-grade *tenera* planting material. Phenotypic values of selection traits are obtained from a set of 90 lines out of a group of 225 *dura* lines (Experiment 1) and from a set of 20 families out of a group of 50 *tenera* x *pisifera* (TxP) families (Experiment 2).

Experiment 3 consists of 425 test cross families, involving all 225 *dura* and all 50 *pisifera* parent palms. Data from the latter experiment provide estimates of the General Combining Ability (GCA) values of the parents of the *dura* lines (Experiment 1) and of the *pisifera* parents of the TxP-families (Experiment 2). The 225 *dura* palms, all of the Deli type, were derived from the main breeding stations in Southeast Asia. The origins of the 50 *pisifera* palms are referred to as AVROS (two generations), Yangambi, La Mé, Dami composite, Ekona, Ghana and Nigeria. Besides data for the conventional target traits, namely bunch yield and oil content, records include auxiliary traits which are associated with light interception (leaf area and crown disease incidence) or with the proportion of photosynthetic vegetative parts of the palms (leaf area/leaf weight ratio, frond dry matter production and palm height). For measuring the height of young palms, a novel technique has been developed that is described in this report.

The phenotypic values of the *dura* lines (Experiment 1) as well as the GCA-values of the parents (Experiment 3) varied considerably. Provided that the heritability is high, such variation offers ample scope for the selection of *dura* lines as a source of seed palms. Substantial variations were also found among the TxP-families (Experiment 2) and, in particular, among the GCA-values of *pisifera* palms from the six main origins (Experiment 3). Little selection progress was obtained with the second-generation AVROS *pisifera*. The *pisifera* palms of Nigeria origin were superior in terms of oil yield. Interestingly, the two best (elites) from this origin have short stem height, along with other auxiliary traits associated with high harvest index. The report concludes with a detailed account of a new method followed in the selection of *pisifera* parents in particular.

Key words. Elite palms, GCA-values, oil palm, origins, phenotypic values, selection traits, single palm selection

¹ Present address; ASD Costa Rica, cj_breure@yahoo.com

Introduction

In oil palm, selection of *dura* seed parents and *pisifera* pollen parents should first aim for the main target traits as expressed in their *tenera* offspring, namely bunch yield and oil content in the fruit. Moreover, it makes sense to consider characters that are indirectly associated with (high) oil yield per ha. These are termed auxiliary traits which can be classified into two categories:

(i) traits related to gross CO₂ assimilation and thus to dry matter production

(ii) traits related to the proportion of dry matter incorporated in the economic product (harvest index).

The amount of gross CO₂ assimilation by a palm depends on the size of the light-intercepting leaf surface, i.e. the product of the number of green leaves on the palm and the average area of these leaves. As gross CO₂ assimilation attains its maximum when the canopy is closed, rapid canopy closure is a primary breeding objective. The rate of canopy expansion as well as the final size of the leaf surface can be derived from the logistic growth curve fitted through the area of the youngest leaf as a function of palm age after planting (Breure, 1985). When studying young palms, only the mean of the available leaf area values (as a measure of the extent of light interception) can be considered.

Evidently, optimal light interception requires a low incidence or even absence of crown disease. This common disorder appears as a bending of the newly opened leaves. Its incidence becomes manifest during the period until canopy closure. In this period, the rate of gross CO₂ assimilation strongly depends on the expansion of the light-intercepting crown leaves (Breure, 2003). As a consequence, crown disease is detrimental for dry matter production and, hence, early yield (Breure and Soebagyo, 1991). Various papers reported that the sole method for improvement is to breed for resistance to the disorder (Blaak, 1970; De Berchoux and Gascon, 1963; Breure and Soebagyo, 1991; Sterling and Alvarado, 1996).

Conventionally, a higher harvest index, i.e. the proportion of total dry matter used for the economic product (here oil yield), has been achieved by improving the performance for the target traits (here bunch yield and oil content). Currently, some selection programs also focus on diminishing the production of vegetative dry matter (VDM). In passing it is noted that, since reducing VDM production per se may negatively affect the leaf area and thus photosynthesizing capacity, the reduction of VDM production must be restricted to non-photosynthetic vegetative parts. In terms of standard growth measurements (Corley and Breure, 1982), selection should aim at a high leaf area/leaf weight ratio along with a low leaf dry matter production (LDM) as well as a slow height increment (Breure, 2003). Additional advantages of slow (vertical) stem growth are reduction of harvesting costs and extension of the economic live span of a planting.

When the palms in the selection program are young, unconventional recording methods are required to evaluate the following traits:

(i) palm height; (ii) VDM production.

With regard to palm height, the conventional reference point on the stem, i.e. the height of the base of a specified leaf in the spiral of the youngest fully-opened frond, measures the height of the growing point one to two years before the date of observation. Despite the reference point, this period depends on the rate of leaf production, which varies considerably among palms. This makes height records unreliable, particularly in young palms where vertical stem growth only starts about three years after field planting. Thus, in the present experiments a novel method to estimate the height of the growing point was used (see Materials and methods).

In oil palm the measurement of VDM production is confined to the above-ground vegetative parts, i.e. LDM and trunk dry matter (TDM). In the present report the production of LDM is considered, excluding TDM. The latter requires measuring trunk volume, for which trunk diameter and annual height increment should be observed. These two records were not available for the palms under study. LDM provides a slight, but relatively constant, underestimate of VDM. (N.B. The trunk represents only about 15% of the total above-ground vegetative dry matter).

The three experiments in this report are related to each other. Experiments 1 and 2 provide data of the sources of female and male parents, respectively. Experiment 3 provides data on the offspring from the parents of these parental sources. Experiment 1 consists of a set of 90 *dura* lines, which was the first sub-group planted from a total group of 225 lines. They originate from several, locally occurring families, all of the Deli type (for details, see Materials and methods). Experiment 2 consists of the first set of 20 *tenera* × *pisifera* families (say: T×P-families), from a group of 50 families, from distinct origins. Experiment 3 consists of 425 *dura* × *pisifera* families (D×P-families), resulting from crosses between the 225 *dura* and 50 *pisifera* palms from above.

Per experiment, data on the target traits and the auxiliary traits were obtained. Auxiliary traits are known to have moderate heritability, particularly those associated with the architecture of the palm, such as leaf area/leaf weight ratio. Among the target traits, bunch yield is especially known to have low heritability (Breure and Corley, 1983). Reasonably, line and family evaluation may be expected to benefit from extra information about their parents, as obtained from Experiment 3. Indeed, the data generated by these D×P-families offer the opportunity to estimate the general combining ability (GCA) values of the parents of the *dura* lines used in Experiment 1 and of the *pisifera* parents of the T×P-families used in Experiment 2. The statistical analysis of Experiment 3 also yields interaction effects of *dura* and *pisifera* parents. In a quantitative genetic context such effects are termed specific combining ability (SCA).

The main aim of the study is to report on the variation found in the selection traits among the phenotypic values of the *dura* lines (Experiment 1) and the T×P-families (Experiment 2), which are the sources of, respectively, the female and male parents of the palm material to be produced. Also of importance is the variation in the GCA-values of their parents. Based on both phenotypic values and GCA-values of the selection traits, the final objective is to identify the best (elite) sources of parent palms for seed production. The report concludes with an analysis of the most promising origin of *pisifera* male parents.

Materials and methods

The genetic material, derived from 225 *dura* and 50 *pisifera* palms, was introduced from ASD in Costa Rica. The 225 *dura* parent palms were selfed; the 50 *pisifera* palms were cloned and used in T × P crosses. Due to poor germination of seed resulting from some crosses, 200 *dura* lines (out of 225 lines) and 36 T×P-families (out of 50 families) were planted. From test crosses involving all 225 *dura* and all 50 *pisifera* parents, 425 D×P-families were generated. Between 1996 and 1998, a total of 661 entries (200 + 36 + 425) were planted in South Sumatra, at a density of 135 palms/ha (for details, see Breure, 1998).

The 225 parents of the *dura* lines (i.e. selfings of ASD's *dura* palms) are all of the Deli type. They originate from several, locally occurring families that ASD obtained from the breeding programs of Dami (117 *dura* palms), Chemara (68), Harrisons & Crosfield (18), MARDI (7), Socfin (2), along with families due to crosses between palms in ASD's Harrisons & Crosfield (HC) and Chemara families (13).

The origins of the 50 *pisifera* pollen parents include 15 AVROS *pisifera* palms, namely ASD's first-generation (HC) as well as second-generation (C9212) palms (6 versus 9); and *pisifera* palms from Yangambi (4) and La Mé (1; note that one palm is not representative of the performance of the origin). Finally, other new origins for Indonesia are included, viz. Dami composite (5), Ekona (10) and two other entries, GHA 608 (6) and GHA 648 (9). The GHA entries were developed at the Nigerian Institute for Oil Palm Research (NIFOR) and introduced to Costa Rica from the Kade Oil Palm Research Centre in Ghana. GHA 648, being a selfing containing the female parent of GHA 608, is of Calabar origin, while the male parent of GHA 608 is derived from Ufuma and Aba origins. These three origins have a long history of selection, starting from grove palms in Eastern Nigeria (Sparnaaij et al., 1963; Van der Vossen, 1974). In the present report, the *pisifera* palms of these two African entries are referred to as Ghana (GHA 648) and Nigeria (GHA 608) origins.

The ancestry of the Dami composite involves, on the female side, Banting (BM) families BM 29 and BM 31. Both these families originate from pollinating Dumpy Deli E206 2/4 by Serdang fertile *pisifera* SP29/36 (BM 29) and by IRHO *pisifera* 38/32 (BM 31). On the male side, BM 119 (AVROS) *tenera* and UR 435/1 (Ulu Remis) *dura* are involved in the ancestry. The origin of the AVROS, Ekona, Yangambi and La Mé *pisifera* are described in detail by Corley and Tinker (2003).

Experiment 1

In January 1996, the first set of 90 *dura* lines were planted in South Sumatra with four replicates and 16 palms per plot. These 90 lines trace back to palms from the breeding programs at Dami (45 lines), Chemara (24), Harrisons & Crosfield (8), MARDI (5), Socfin (1), and to lines and families due to selfings and crosses between palms selected at ASD in the Chemara and Harrisons & Crosfield origins (7).

Experiment 2

In April 1996, the set of 20 full-sib T×P-families were planted with four replicates and 16 palms per plot. These families (from an entire group of 36) were obtained by pollinating 20 elite *tenera* palms with one *pisifera* palm belonging to the same family (sib-mating). The origins of the 20 *pisifera* male parents were AVROS (3), Dami composite (5), Ekona (5), Nigeria (3) and Ghana (4). They were derived from a total of 12 T×T- families at ASD (from some families more than one *pisifera* was obtained).

Experiment 3

In January 1997, the set of 425 D×P-families were planted with three replicates and 16 palms per plot. Each of the three replicates was comprised of small blocks of nine progenies that were grouped on the same two main soil series (cf. Breure and Foster, 2003). The crossing scheme used to generate the families was according to an alpha design (Patterson et al., 1978) with incomplete blocks. Each *dura* palm (to be considered as a treatment) was pollinated by two different *pisifera* palms. Each *pisifera* palm (replacing the incomplete blocks) pollinated nine different *dura* palms. Reference is made to Breure and Verdooren (1995) for the rationale of this design, described by the following parameters: $v=225$, $b=50$, $r=2$ and $k=9$.

Data were used to estimate the general combining abilities (GCA) or breeding values of the parents (cf. Breure and Bos, 1992) as well as the actual performance of the D×P-families adjusted for block effect. In the present paper the general mean is added to the main parent effects; the sums obtained are referred to as GCA-values.

Ablation, the standard practice in the experimental area of removing the first inflorescences of each palm, was carried out in 10 monthly rounds (Experiments 1 and 2) and in 18 monthly rounds (Experiment 3) from the start of flowering.

Observations, data recording and measurements

Bunch yield was recorded in Experiment 1 from July 1998 to June 2003 (5 years), in Experiment 2 from July 1998 to January 2004 (5.5 years) and in Experiment 3 from July 1999 to January 2004 (4.5 years). In Experiment 3, the number and sex of the ablated inflorescences were recorded.

In all experiments, a sample of bunches was analyzed for the components of oil and kernel content, following the modified method of Blaak et al. (1963). The modification was mainly that percentage oil/mesocarp was determined by the cold extraction method (Blaak, 1970). Another novelty is that instead of sampling a fixed weight or a fixed number of fruits, as described by Rao et al. (1983), a fixed-volume method was used. In the latter method the total number of fertile fruits from the spikelet sample of one bunch is divided into eight lots, while a fixed volume is taken (randomly drawn) from one lot. The mean fruit weight obtained from the fixed-volume method approximates the actual mean fruit weight in a more reliable way than the conventional sampling methods.

Standard leaf measurements (Corley et al., 1971; Hardon et al., 1969) were taken in Experiments 1 and 2 on marked leaves opening in June 1998, 1999, 2000, 2001 and 2002, and in Experiment 3 on leaves opening in February 1998, 1999, 2000, 2001, 2002 and 2003. The annual number of leaves produced per palm was recorded between the above-mentioned dates of leaf opening (4 years).

Novel for this study is the indirect determination of palm height, using equipment described by Breure and Verdooren (1995). Palm height is determined to the point of insertion of the first leaflets on leaves that opened in June 2003 (Experiment 1) or in February 2001 (Experiment 2). This measurement includes the length of the petiole. To correct for it properly, measurements were taken about two months after leaf opening when the petiole had reached its final size. Height values were then obtained by subtracting the petiole length, which was estimated as 0.3 times the rachis length; the latter was measured within the framework of standard leaf records later on. The estimated plot values of the petiole length were highly correlated with the actual values ($r = 0.82$), as found from measurements of rachis and petiole length on a sample of fronds. In Experiment 3, the actual height of the base of the leaf that opened in February 2002 was measured in December 2004 (when the base was exposed due to routine leaf pruning).

Incidence of crown disease was recorded as the percentage of affected palms, while the severity was scored on the set of the eight youngest opened leaves (the youngest leaf in each of the eight spirals) at four-month intervals, using score 0 (absence of symptoms) to 3 (severe symptoms). Recording continued until crown disease was no longer observed.

General combining ability (GCA) values were calculated according to the method described by Breure and Verdooren (1995).

Selection traits

The above records were used to obtain the following selection traits (cf. Breure and Verdooren, 1995):

- *Bunch yield* (kg/palm/year).
- *Percentages: mesocarp/fruit, oil/mesocarp, and oil/bunch.*
- *Oil yield* (kg/palm/year) - the product of bunch yield and percentage Oil/bunch.
- *Bunch Index* - here calculated as the ratio of bunch dry matter production to the sum of bunch and leaf dry matter production. Leaf dry matter (kg/palm/year) is calculated as the product of the annual number of leaves produced and the mean weight of the two leaves, opening at the start and end of the year of recording. This trait ignores trunk dry matter.
- *Mean leaf area* (m²).
- *Mean leaf area/leaf weight ratio.*
- *Height* (cm) - at the level of the growing point.
- *Incidence of crown disease.* Only the incidence is reported in the present paper; severity is a criterion for individual palm selection.

For each trait, variation was quantified as standard deviation (s.d.) as well as the (scale-independent) coefficient of variation (CV), i.e. the standard deviation as a percentage of the mean.

Results and discussion

Dura female parents

Table 1 presents, in the upper panel, the overall results obtained from the 90 *dura* lines in Experiment 1, along with data for each of the four main origins. As indicated by the minima, the maxima and the coefficients of variation, there is clearly wide variation in performance among the 90 *dura* lines, and among the *dura* lines within each of the main origins (see the standard deviations within the four origins). The variation is manifest in the phenotypic values of the target traits of bunch yield and oil content as well as in the values of the auxiliary traits: bunch index, height, leaf area, leaf area/leaf weight ratio and crown disease incidence.

Conventionally, *dura* selection in Southeast Asian breeding programs was mainly directed at bunch yield and oil content. This policy can be traced back in the data patterns. For example, all four origins have nearly similar values of bunch yield and percentage mesocarp/fruit. The origins differ, however, with regard to the oil/mesocarp percentage. The latter was relatively low for the Dami origin (46.0%) against 51.0% for Chemara, 47.7% for H&C and 52.2% for MARDI. This discrepancy between Dami and the other origins is in line with other investigations on *dura* material at ASD (A. Alvarado, pers. comm.). It reflects the emphasis on oil content in the Chemara and MARDI selection programs, in contrast with those of Dami and H&C at that time. Also in contrast to the selection goal of the three other origins is that the Dami selection was focused on auxiliary traits, such as (high) bunch index and (slow) height increment (cf. Breure et al., 1987). Relatively favorable values were obtained for these two traits in the Dami origin, with a mean bunch index of 0.399 and a mean height of 256 cm compared with averages of 0.380 (bunch index) and 284 cm (height) across the other three origins. The undeniable conclusion is that some progress has been achieved in the Dami origin.

As shown by the coefficients of variation (CV), the phenotypic values from the *dura* lines in Experiment 1 are more variable for each trait than the GCA-values from their *dura* parents, as found in Experiment 3 (cf. Table 1 versus 2). Higher variation among the *dura* lines is not surprising, since selfing tends to expose genetic variation. Selfing is indeed an effective tool when one wants to select (or to eliminate) extreme genotypes.

Another factor is related to the crossing design used to obtain the material planted in Experiment 3. In this design, each *pisifera* parent pollinated nine *dura* palms. In contrast, each *dura* parent was pollinated by only two *pisifera* palms. The low number of crosses per *dura* palm renders parental selection based on GCA-values less reliable for the *dura* than for the *pisifera* parents. Reasonably, the GCA-values of the *dura* palms, as estimated in the present study, may to a great extent bear upon the *pisifera* parents and include *dura* × *pisifera* interaction, termed specific combining ability (SCA). Both factors favour the emphasis of selection on phenotypic values of the *dura* lines.

Table 1. Overall means, minima, maxima, and coefficients of variation of the phenotypic values with respect to the selection traits. The upper panel provides results from the 90 *dura* lines (Expt. 1), along with the means and standard deviations per main origin. The lower panel provides the results of the 20 *tenera* × *pisifera* families (Expt. 2), along with the means and ranges per origin. The lowest line presents data from Family 13 of the Nigeria origin

Parental sources	Bunch yield (kg/palm per year)	% Mesocarp/ fruit	% Oil/ mesocarp	% Oil / bunch	Bunch index	Height (cm)	Leaf area (m ²)	Leaf area /leaf weight ratio	% Crown disease
Dura lines (Expt.1)									
Mean (n=90)	96	63.0	48.0	20.3	0.389	269	6.55	2.69	30.1
Minimum	73	56.9	41.4	16.1	0.261	195	5.28	2.12	0
Maximum	125	68.7	55.0	24.0	0.470	354	7.67	3.07	98.4
CV (%)*	10.2	3.6	6.7	8.3	10.0	13.0	7.6	7.9	85.1
Dami (n=45)	97	62.7	46	19.5	0.399	256	6.41	2.71	40.7
s.d.**	9.0	2.5	2.0	1.4	0.035	9.0	0.46	0.36	27
Chemara (n=24)	97	63.3	51	21.5	0.379	286	6.75	2.66	13.2
s.d.	10.0	1.7	1.9	1.3	0.046	13.0	0.5	0.3	17.5
H&C (n=8)	95	64.6	47.7	20.4	0.373	289	6.84	2.57	33.6
s.d.	13.0	1.2	3.0	1.4	0.037	7.0	0.5	0.4	18.6
Mardi (n=5)	92	63.3	52.2	22.9	0.387	277	6.40	2.76	25.9
s.d.	5.0	2.9	1.7	1.0	0.022	6.0	0.3	0.3	7.9
TxP families (Expt. 2)									
Mean (n=20)	86	83.9	53.6	26.8	0.419	160	6.48	2.97	19.3
Minimum	63	77.4	47.1	21.4	0.330	116	4.44	2.14	0
Maximum	98	88.7	57.6	32.3	0.469	223	7.98	3.43	62.5
CV (%)	11.0	3.0	3.1	3.0	13.2	28.0	12.4	10.4	83.5
AVROS (n=3)	67	86.3	47.5	22.5	0.367	184	6.8	3.04	42.2
Range	63-69	82.7-88.7	47.1-48.2	21.4-24.6	0.330-0.401	176-193	6.45-7.03	2.95-3.08	12.5-62.5
Dami comp (n=5)	90	83.2	53.2	27.4	0.418	141	5.67	2.71	19.5
Range	85-93	81.0-84.5	51.8-54.0	24.8-29.5	0.401-0.437	133-164	4.44-6.21	2.14-2.95	10.9-33.3
Ekona (n=5)	91	81.2	55.9	25.6	0.424	147	7.34	3.08	7.8
Range	86-94	77.4-86.9	53.8-57.3	24.5-26.5	0.404-0.469	137-169	6.41-7.98	2.82-3.40	0.0-14.1
Ghana (n=4)	86	85.4	55.1	31.2	0.428	204	6.08	2.76	11.3
Range	79-93	83.1-87.3	53.8-57.3	30.5-32.3	0.415-0.445	193-223	5.65-6.46	2.71-2.84	4.7-17.2
Nigeria (n=3)	89	85.1	54.5	26.2	0.453	130	6.59	3.42	26.0
Range	78-98	83.3-86.4	52.2-57.6	25.1-27.5	0.434-0.469	116-142	6.40-6.74	3.41-3.43	10.9-35.9
Family 13	98	85.5	57.6	27.5	0.469	116	6.74	3.43	10.9

* CV (%) = coefficient of variation (s.d./mean x 100); ** s.d. = standard deviation

Selection of *dura* seed palms

After identification of attractive sources of female parents (Experiment 1), the search within these sources focuses on individual palms in order to generate desirable *dura* × *pisifera* planting material. The procedure to select individual *dura* palms within favorite *dura* lines is as follows.

First of all, low-yielding palms as well as palms with severe incidence of crown disease, and/or excessive height, and/or undesirable visual characteristics (sterile fruit, boron deficiency, etc.) are excluded. For the remaining palms, individual records of fruit components are listed. Palms with high mesocarp/fruit percentage and high oil/mesocarp percentage are subjected to additional bunch analysis. Eventually, the aim is to select palms on the basis of bunch yield and on the basis of an analysis of at least six bunches per palm. Selection also requires favorable values for auxiliary traits, in particular a high leaf area/leaf weight ratio and a small stem height.

Pisifera pollen parents

The lower panel of Table 1 presents the mean phenotypic values for the 20 T×P-families of Experiment 2, along with the data patterns for their five origins. With respect to the target traits, the coefficient of variation (CV) for bunch yield (kg/palm/year) is 11% in Experiment 2, against 10.2 % for the *dura* lines of Experiment 1. Both values are nearly similar, whereas the CV values of the three components of extraction rate are all lower for the T×P-families (percentage mesocarp to fruit: 3.6 % versus 3.0 %; percentage oil to mesocarp: 6.7 % versus 3.1 %; percentage oil to bunch: 8.3 % versus 3.0 %, as found in Experiments 1 and 2, respectively). By contrast, the CV values of the auxiliary traits are clearly higher in the T×P-families (bunch index: 10.0% versus 13.2 %; height (cm): 13 % versus 28 %; leaf area (m²): 7.6 % versus 12.4 %; leaf area/leaf weight ratio: 7.9 % versus 10.4 %, as found in Experiments 1 and 2, respectively). As stated before, selfing generates diversity among the *dura* lines of Experiment 1. For the pronounced variation in vegetative growth of the T×P-families, the diversity among the (five) distinct origins of Experiment 2 may be responsible. Further, the four new origins introduced to Indonesia (Dami composite, Ekona, Ghana and Nigeria) are superior to the widely-used AVROS origin, both with regard to the target traits and auxiliary traits. Clearly, the palms of the AVROS origin are relatively tall (184 cm), with the highest incidence of crown disease (42.2 %), along with the lowest values for bunch index, bunch yield and oil content, as target traits.

The superiority of the newly-introduced origins over the AVROS *pisifera* palms is confirmed by the GCA-values obtained from Experiment 3, which are presented in the lower panel of Table 2. For two reasons, the results of Experiment 3 are more suitable for evaluating the origins of the *pisifera* palms than those of Experiment 2:

- (i) Experiment 3 consists of a higher number of tested *pisifera* palms than Experiment 2 (50 versus 20 palms).
- (ii) The GCA-values from Experiment 3 more validly assess the relative performances of the origins than the phenotypic values of the T×P- families from Experiment 2. In the latter the contribution of the *tenera* parent to performance cannot be excluded.

Table 2. Overall means, minima, maxima, and coefficients of variation of GCA-values per trait of all 225 *dura* and 50 *pisifera* parents of Experiment 3, along with the mean values per origin of the parents of the *dura* lines from Experiment 1 and all 50 *pisifera* palms. Per *pisifera* origin, the trait values of the palm with the highest value for oil yield (or elite palm) are presented

Parental sources	Bunch yield (kg/palm per year)	% Mesocarp/ fruit	% Oil/ mesocarp	% Oil / bunch	Oil yield (kg/palm per year)	Bunch index	Height (cm)	Leaf area (m ²)	Leaf area /weight	Rachis lenght (cm)
<i>Dura parents</i>										
Mean, <i>n</i> =225	120	79.4	50.7	26.6	31.9	0.534	141	5.04	2.70	377
Minimum	100	73.6	43.6	21.0	24.3	0.473	111	4.32	2.30	339
Maximum	130	85.1	55.0	29.5	38.2	0.592	179	5.88	2.89	421
CV (%)	6.0	2.5	3.4	5.2	8.0	3.6	8.9	5.4	3.6	3.6
<i>Parents of Expt. 1</i>										
CV (%)	6.7	2.3	2.5	4.9	8.2	4.3	9.2	5.2	3.5	3.7
Dami <i>n</i> =45	122	79.9	50.3	26.7	28.1	0.538	139	5.01	2.68	373
Chemara <i>n</i> =24	117	79.4	51.3	26.8	27.7	0.519	148	5.19	2.70	392
H & C (<i>n</i> =8)	122	78.9	51.1	26.9	28.3	0.524	150	5.23	2.64	386
Mardi (<i>n</i> =5)	120	81.5	53.4	28.0	29.4	0.541	133	5.00	2.72	375
<i>Pisifera parents</i>										
Mean (<i>n</i> =50)	120	79.4	50.7	26.6	31.9	0.534	141	5.04	2.70	377
Minimum	109	71.1	47.7	24.8	27.6	0.488	108	4.19	2.49	344
Maximum	135	83.8	54.0	28.0	35.6	0.570	173	5.69	2.95	423
CV (%)	4.5	3.1	3.2	3.1	5.4	3.6	10.5	6.3	3.9	3.4
AVROS	117	81.5	49.1	26.4	30.9	0.518	152	5.19	2.68	381
Elite	123	83.4	49.6	26.2	32.2	0.511	165	5.53	2.66	387
-HC (<i>n</i> =6)	116	81.0	49.3	26.3	30.7	0.529	153	4.98	2.69	373
-C9212 <i>n</i> =4	118	81.8	49.0	26.4	31.1	0.512	151	5.34	2.67	385
Yangambi (<i>n</i> =4)	121	75.8	53.3	27.3	32.9	0.528	145	4.94	2.68	380
Elite	120	74.0	53.8	27.8	33.3	0.523	139	4.67	2.75	377
La Mé (<i>n</i> =1)	116	76.4	50.5	25.5	29.6	0.554	131	4.79	2.79	390
Dami comp <i>n</i> =5	118	79.7	49.6	26.2	31.1	0.541	124	4.57	2.58	358
Elite	123	79.4	49.4	26.9	33.1	0.534	125	4.88	2.54	364

Ekona <i>n</i> =10	121	77.9	51.6	26.1	31.8	0.541	130	5.05	2.74	382
Elite	128	76.2	52.4	26.9	34.4	0.547	134	5.33	2.74	383
Ghana <i>n</i> =9	119	78.8	51.0	27.2	32.4	0.535	147	4.89	2.64	375
Elite	128	81.6	50.2	27.6	35.1	0.544	173	5.22	2.74	383
Nigeria <i>n</i> =6	127	80.0	51.6	26.9	34.2	0.553	136	5.32	2.87	379
Elite-1	128	79.7	53.6	27.8	35.6	0.570	114	5.03	2.89	368
Elite-2	135	81.7	50.5	26.3	35.6	0.551	122	5.69	2.88	389

When looking at the GCA-values of oil yield per origin, one must conclude that the Nigeria origin, a new introduction originating from Kade Oil Palm Research Centre in Ghana, is superior. Its oil yield amounts to 34.2 kg/palm/year, whereas the average of the other five main origins amounts to 31.8 kg/palm/year. When comparing the two entries from Kade (the Nigeria and Ghana origins), it is interesting to note that the Nigeria origin combines high oil yield with attractive levels for auxiliary traits, namely, low height (being 136 and 147 cm for *pisifera* palms of the Nigeria and Ghana origin, respectively) and high leaf area/leaf weight ratio (2.87 and 2.64). For the Ghana origin, on the other hand, the GCA-values of leaf area and rachis length (4.89 m² and 375 cm, respectively) are lower, implying that a slightly higher planting density can be adopted for Ghana-derived planting material. Hence, the oil yield per ha of Ghana material is expected to be even higher than what could be estimated on an individual palm basis, as presented in Table 2.

Within the AVROS origin a comparison can be made between the six first-generation AVROS *pisifera* (HC) and the nine second-generation AVROS *pisifera* (C9212). The GCA-values of target traits as bunch yield and percentage oil/ mesocarp for HC and C9212, as presented in Table 2, are nearly similar (116 versus 118 kg/palm/year and 49.3% versus 49.0 %, respectively). One may therefore infer that virtually no selection progress was attained by ASD. However, the superiority of the C9212 palms over the HC palms regarding leaf area (5.34 m² versus 4.98 m²) and rachis length (385 cm versus 373 cm) should be noted. This indicates that planting material derived from the C9212 *pisifera* is more vigorous and, therefore, more competitive for light.

Comparison of the mean cumulative yields of the Nigeria progenies and the AVROS progenies (see Table 3; 77.3 versus 71.2 t/ha) emphasizes the progress in performance made with ASD's novel (Nigeria) material compared with the widely-used AVROS material. This was also observed by Ang et al. (2005). The superior yield of the Nigeria material was evident from the second year of production (13.6 t/ha).

The progenies derived from the Ekona and Nigeria origins are the most precocious, as can be concluded from the relatively high number of female inflorescences removed (ablation) during months 6 to 18 and months 19 to 24 after planting (Table 3). When a more restricted period of ablation is applied, as is normal in favourable environments, the yield performance may be even higher during the first year of production than observed in Experiment 3.

Table 3. Mean annual and cumulative yield (FFB) of *dura* x *pisifera* progenies derived from six *pisifera* origins for the first 4.5 years of production, along with the number of female inflorescences removed per palm during the periods 6 - 18 and 19 - 24 months after planting. Experiment 3

<i>Pisifera</i> origins	Number of progenies	Mean yield (tons FFB/ha) ¹ (years of production)					Mean number of female inflorescences ¹ removed/palm (months after planting)		
		1	2	3	3-4.5	Total	6-18	19-24	Total
AVROS	131	6.0	12.1	16.5	36.7	71.2	0.22	2.85	3.07
YANGAMBI	25	7.0	13.4	19.1	33.9	73.4	0.24	3.44	3.68
DAMI Comp.	45	6.6	12.5	18.9	33.8	71.9	0.28	3.49	3.77
EKONA	90	6.8	12.9	19.2	34.8	73.8	0.34	3.87	4.21
GHANA	72	6.9	12.4	19.2	34.0	72.6	0.26	3.47	3.73
NIGERIA	55	6.5	13.6	20.9	36.3	77.3	0.33	3.70	4.03

¹ Adjusted for block effect

The low overall yield level achieved in Experiment 3 compared with that reported by Ang et al. (2005) with the same families is, despite the less favourable climatic conditions in South Sumatra, probably due to the low rate of fertilizer applied in the trial areas (cf. Breure and Foster, 2003).

Elite *pisifera*

The potential of an origin can be shown best by the elite *pisifera* palm in the origin. Since the main interest is oil production, the highest GCA- value for oil yield within an origin is used as a criterion. To obtain a general profile for each elite *pisifera* palm, the GCA or breeding values of all other traits are also considered (see the lower panel of [Table 2](#)).

Clearly, Elite-1 *pisifera* of the Nigeria origin combines the highest values of oil yield (35.6 kg/palm/year), bunch index (0.570) and leaf area/leaf weight ratio (2.89) with the lowest value for stem height (114 cm). All these traits are associated with a high harvest index. Note also the palm's low value for leaf area (5.03 m²) in comparison with the average for the whole Nigeria group (5.32 m²) and also its relatively low value of rachis length (368 cm versus 379 cm for the average of the group).

Interestingly, this elite *pisifera* palm is the male parent of family 13. Family 13 (see the bottom line of [Table 1](#)) is characterized by the highest bunch yield, above average oil extraction rate, and the lowest palm height among all 20 families in Experiment 2. Due to both GCA-values of the *pisifera* male parent and the phenotypic values of its T×P full-sib family offspring (Experiment 2), family 13 of the Nigeria origin is considered to be the most promising source of *pisifera* male parents to be used for seed production. Elite-2 *pisifera* from this origin shows by

far the highest bunch yield (135 kg/palm/year) across all *pisifera* tested with low height values. Its leaf area (5.69 m²) and rachis length (389 cm) are, however, substantially higher than for Elite-1 *pisifera*.

Selection of *pisifera* pollen parents

Dura × *pisifera* planting material derived from *pisifera* palms in family 13 is expected to show considerable improvement in the most important traits: oil yield, harvest index and height. The candidate pollen parents in this family must still be tested, as done in Experiment 3. From the difference in GCA-values between the mean of the six Nigeria palms and the two elite palms within the origin (see [Table 2](#)), one may infer that there is ample scope for response to selection in family 13.

The only proven pollen parents are the clones of the *pisifera* palms tested in Experiment 3. Unfortunately, these clones cannot yet be used for generating planting material. The reason is that the correct identity of the *pisifera* ramets planted in South Sumatra must still be checked by DNA fingerprinting of the *pisifera* ortets at ASD in Costa Rica.

Acknowledgements

The author acknowledges the permission of PT Selapan Jaya to present data from the seed garden. The assistance of the project staff, in particular Ir. Jati Cahyono (coordinator of the project), Mrs. Y. Puspitaningrum (statistician), and technicians is highly appreciated. Thanks are due to Dr. P.J.G. Keuss for his editorial assistance, to Dr. I. Bos for his valuable comments during the preparation of the paper, and to Dr. L.R. Verdooren for statistical analysis.

ASD acknowledges the permission from ISOPB to publish the paper presented at the International Seminar on the Progress of Oil Palm Breeding and Selection from 6-9 October, 2003 in Medan.

References

Ang B.B., Sri Purwanti, Juliarto Barus (2005). *Early performances of PT. Asian Agri DxP Test-cross progeny trials on peat and alluvial soils*. Paper presented at 2003 International Seminar on the Progress of Oil Palm Breeding and Selection. International Society for Oil Palm Breeders and Indonesian Oil Palm Research Institute, Medan, Indonesia, 6 to 9 October.

Blaak, G. (1970). L'extraction de l'huile à froid dans l'analyse des regimes de palmier à huile. *Oléagineux*, 25, 165 - 168.

Blaak, G., Sparnaaij L.D., and Menendez T. (1963). Breeding and inheritance in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) part 2 : Methods of bunch quality analysis. *J.W. Afr. Inst. Oil Palm Res.* 4, 146 - 155.

Breure, C.J. (1985). Relevant factors associated with crown expansion in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Euphytica* 34, 161- 175.

Breure, C.J. (1998). Origin of ASD's Oil Palm Genetic Material Introduced in Indonesia and Method of Parent Selection. *Proceedings 1998 International Oil Palm Conference, Bali, Indonesia*, 174-188.

Breure, C.J. (2003). The search for yield in Oil Palm - Basic Principles. In: *The Oil Palm. Management for Large and Sustainable Yields*. (Eds. T. Fairhurst and R. Härdter). Potash & Phosphate Institute/Potash Institute of Canada and International Potash Institute. 59-99.

Breure, C.J. and Bos, I. (1992). Development of elite families in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Euphytica* 64, 99 - 112.

Breure, C.J. and Corley, R.H.V. (1983). Selection of oil palm for high density planting. *Euphytica* 32, 177-186.

Breure, C.J. and Foster H.L. (2003). Responses of yield, growth and leaf nutrient levels to N, P, K and Mg fertilizers on two soil series in South Sumatra. In: *International Oil Palm Conference and Exhibition*. IOPRI, Bali, Indonesia, pp. 318-331.

Breure, C.J. and Soebagyo, F.X. (1991). Factors associated with occurrence of crown disease in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) and its effect on growth and yield. *Euphytica* 54, 55-64.

Breure, C.J. and Verdooren, L.R. (1995). Guidelines for testing and selecting parent palms in oil palm. Practical aspects and statistical methods. *ASD Oil Palm Papers* 9, 1-68.

Breure, C.J., Rosenquist, E.A.R., Konimor, J. and Powell, M.S. (1987). Oil Palm Introductions to Papua New Guinea and formulation of selection methods at the Dami Oil Palm Research Station. *Proceedings of the international workshop on oil palm germplasm and utilisation*. PORIM, Malaysia, 189-197

Corley, R.H.V. and Breure, C.J. (1982). Measurements in Oil Palm Experiments. *Internal report*. Unilever Plantation Group, London. 35 pp.

Corley R.H.V. and Tinker P.B.H. (2003). *The Oil Palm*. 4th edition, Blackwell Science Ltd.

Corley, R.H.V., Hardon, J.J. and Tan, G.Y. (1971). Analysis of growth of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) I. Estimation of growth parameters and application in breeding. *Euphytica* 20, 307-315.

De Berchoux, C and Gascon, J.P. (1963). L'arcure défoliée du palmier à huile - éléments pour l'obtention de lignées résistantes. *Oléagineux*, 18, 713-715

Hardon, J.J., Williams, C.N. and Watson, I. (1969). Leaf area and yield in the oil palm in Malaysia. *Experimental Agriculture* 5, 25-32.

Patterson, H.D., Williams, E.H. and Hunter, E.A. (1978). Block designs for variety trials. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 90, 395-400.

Rao, V., Soh, A.C., Corley, R.H.V., Lee, C.H., Rajanaidu, N., Tan, Y.P., Chin, C.W., Lim, K.C., Tan, S.T., Lee, T.P., and Ngui, M. (1983). A critical re-examination of the method of bunch quality analysis in oil palm breeding. *PORIM Occasional paper*, No. 9.

Sparnaaij, L.D., Menendez, T. and Blaak, G. (1963) Breeding and inheritance in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.), part 1: The design of a breeding program. *J.W. Afr. Inst. Oil Palm Res.* 4, 126-145.

Sterling, F. and Alvarado, A (1996). Crown disease/common spearrot in oil palms: Genetic differences and effect on initial production. *ASD Oil Palm Papers*, 12, 18-32.

Van der Vossen, H.A.M. (1974). Towards more efficient selection for oil palm. (*Elaeis guineensis* Jacq.). Ph.D thesis, University of Wageningen, the Netherlands, 108 pp.