

Comportamiento de la palma de aceite bajo estrés hídrico.

Antecedentes del problema, resultados iniciales y criterios de investigación

Oil palm performance under water stress.

Background to the problem, first results and research approaches

B. Cornaire¹

C. Danie²,

y Zully-Fodil³, E. Lamade²

RESUMEN

Los rendimientos de la palma de aceite están estrechamente ligados con el abastecimiento de agua, el cual puede, si no son deficitarios, amenazar la sobrevivencia de las palmas. Los medios para prevenir o reducir los efectos de la sequía -conducida en cultivos sobre suelo desnudo o con riego, alivio de las coronas- rápidamente encuentran sus límites tanto en el plantécnico como en el económico. La detección de diferencias en el comportamiento de las palmas en el campo, según su origen genético y el tipo de cruzamiento, parcialmente independiente de sus potenciales de producción, significa que la vía genética es un buen procedimiento para la identificación de cruzamientos y progenitores con buen comportamiento, determinando las características fenológicas y fisiológicas ligadas al comportamiento, con el fin de orientar los programas de mejoramiento, tanto para el programa general de mejoramiento genético de la palma de aceite como para la producción de semilla y/o de plántulas clonales. Los primeros estudios rápidamente confirmaron que el carácter buscado de "buen comportamiento frente a la sequía" tenía que ser debido a la combinación de varias características fenológicas o fisiológicas. Esto requiere un conocimiento lo más ampliamente posible de los fenómenos ligados al sufrimiento y con la resistencia de la planta a la sequía. Hasta la fecha, el estudio de las características hídricas y su regulación no ha dado resultados definitivos, excepto por la tendencia en los cruzamientos resistentes a mantener niveles de conductiva estomatal más bajos durante la estación seca.

SUMMARY

Oil palm yields are closely linked to water supply, which can, if too deficient, threaten tree survival. The ways of preventing or reducing the effects of drought - bare soil or irrigated oil palm plantations, crown lightening - rapidly reach their limits on both a technical and economic level. The detection of differences in tree performance in the field according to genetic origin and cross type, partly independent of their production potential, means that the genetic approach is a good prospect for successively identifying crosses and parents that perform well, determining the phenological and physiological characteristics linked to performance and steering breeding programmes accordingly, both for the general oil palm genetic improvement programme and for seed and/or ramet production. The first studies rapidly confirmed that the sought-after character of "good performance with respect to drought" had to be due to a combination of several phenological or physiological characteristics. This requires as extensive a knowledge as possible of the phenomena linked to plant suffering and drought resistance. To date, the study of water characteristics and the regulation has not given any definite results, except for a tendency in resistant crosses to maintain lower stomatal conductance levels during the dry season. According to certain observations, it would seem that resistant crosses have more extensive carbohydrate reserves that they can mobilize more

¹Estación de Investigación de Pobé Benm

²CIRAD-CP - BP 5035 - 34032 Montpellier, Cedex, Francia

³Laboratorio de Ecología General y Aplicada, Universidad de Paris VII Francia

Tomado de: Oleagineux (Francia) v. 49 no.1, p. 1-12

Traducido por: FEDEPALMA

Según ciertas observaciones, parecería que los cruzamientos resistentes disponen de reservas de los hidrocarburos más importantes que podrían movilizar más fácilmente en períodos de estrés. Estas observaciones no son independientes de aquellas que conciernen al potencial fotosintético, a menudo más alto en material tolerante. El potencial fotosintético y el modo de repartición de los asimilados podrían explicar por qué hay cruzamientos que no se acomodan a la relación inversa observada entre el desarrollo del sistema radicular y los niveles de producción; además, generalmente, se admite que la tolerancia a la sequía es una función del desarrollo del sistema radicular. En el estado actual de la investigación, parecería que las características de las membranas, de las células y de los organismos celulares juegan un papel predominante en los fenómenos de resistencia a la sequía. Esta vía pasa por el estudio de la composición de las membranas, especialmente para los ácidos grasos. Los primeros resultados en palma de aceite parecen confirmar aquellos obtenidos en cocotero. Una síntesis de las investigaciones de los últimos años revela algunas características que son esenciales en palmas de un cruzamiento dado si ellas tienen que tener una buena posibilidad de comportarse bien bajo condiciones de sequía. Este trabajo tendrá que afinarse con un intento para identificar cruzamientos e individuos en el estado de plántula, con el fin de disponer de pruebas, llamadas "precoces", de caracterización del material vegetal.

easily in times of stress. These observations are not unrelated to those concerning photosynthetic potential, which is often higher in tolerant material. Photosynthetic potential and carbon allocation patterns could explain why there are crosses that do not fit in with the inverse relationship observed between root system development and productions levels; furthermore, it is generally acknowledged that drought tolerance is a function of root system development. As research stands at present, it would seem that the membrane characteristics of cells and cellular organites play a predominant resistance drought resistance phenomena. This approach involves studying membrane composition, particularly fatty acids. The first results on oil palm seem to confirm those obtained on coconut. A look at the work carried out in recent years reveals a few characteristics that are essential in trees from a given cross if they are to have a good chance of performing well under drought conditions. This work will have to be fine-tuned still further with a view to identifying individuals at the seedling stage and developing so called "early" tests for characterizing planting material.

Palabras claves: Resistencia celular, Palma de Aceite, Estrés hídrico, Actividad fotosintética, Material de siembra.

INTRODUCCION

Es evidente que el suministro de agua es el principal factor limitante del rendimiento de la palma de aceite. Desde este punto de vista, en el mundo hay muchas áreas en cultivo de palma de aceite que carecen de las condiciones óptimas, y la consecuencia directa de ello es la reducción del rendimiento en términos de producción de racimos de fruta fresca y de aceite. Fuera de estas situaciones, después de todo típicas, existen zonas, especialmente en Africa (Nigeria, Benin, Togo, Ghana, Costa de Marfil) que se caracterizan por déficit hídricos excesivos. Benin se puede considerar como un caso extremo, como lo demuestra los valores de deficit hídrico registrados en la Estación de Pobé (Tabla 1).

Al ser sometidas a tales sequías, las palmas no sólo reducen considerablemente su producción, la cual puede llegar a ser inferior a 5 t RFF/ha, sino que también pueden sufrir daños vegetativos, los cuales en ocasiones son irreparables y pueden ocasionar la muerte.

En todo caso, bien sea que el problema sea la reducción del rendimiento o el daño vegetativo, el mejor

conocimiento del comportamiento y funcionamiento de las palmas esta limitado a mejorar la efectividad del trabajo de mejoramiento a largo plazo.

Maillard et al. (1974) fueron los primeros en identificar los efectos de las sequías severas sobre la palma de aceite. Además de describir los síntomas (numerosas flechas cerradas, hojas verdes partidas, numerosas hojas secas, flechas dobladas y muerte), los autores también detectaron:

- no solamente el efecto agravante del número de racimos sobre la susceptibilidad a la sequía.
- sino la existencia de diferentes comportamientos, dependiendo de los cruzamientos, algunos de los cuales "resisten mejor" que otros, a pesar de un mayor número de racimos en la corona.

Lo anterior pone en evidencia el primer indicio de que la alta productividad y el buen comportamiento con respecto a la sequía pueden "coexistir" dentro del mismo material vegetal.

Tabla 1. Estación de Pobé, Benin. Evolución de la deficiencia hídrica anual

Decenio	Deficiencia anual (mm)	
	Promedios (mm)	Valores máximos (mm)
1922-1931	520	841
1932-1941	503	771
1942-1951	616	941
1952-1961	445	623
1962-1971	532	878
1972-1981	612	977
1982-1991	550	860

MANERAS PARA PREVENIR LA SEQUIA O ATENUAR SUS EFECTOS

Prevención de la sequía mediante el incremento de la disponibilidad de agua

En cultivos perennes, la sequía se puede evitar compensando la escasez de lluvia mediante riego o aumentando la reserva hídrica del suelo.

A nivel mundial se han realizado numerosos ensayos de riego y ahora se tiene un amplio conocimiento de sus efectos, dependiendo de las condiciones naturales y de las técnicas empleadas.

De Taffin y Daniel (1976), entre otros autores, demostraron las ventajas del método de riego por goteo en un ensayo de una hectárea, bajo las condiciones de la Estación de Pobé, con la obtención de un rendimiento de 31 t de racimos/ha, tres años después de iniciado el riego, contra las 12 t/ha en lotes sin riego. Estos autores también pusieron en evidencia la dependencia parcial de los estomas de la humedad relativa.

En el sur de Benin se estableció un sistema de riego con aplicaciones localizadas en 830 ha de palma de aceite. Los resultados descritos por Chaillard et al. (1983) confirman que la eficiencia del riego disminuye en épocas en las que la humedad relativa es inferior al 50%. Por consiguiente, en las plantaciones comerciales, bajo condiciones naturales con una marcada estación seca, es difícil superar rendimientos de 22-24 de racimos /ha/año, incluso con riego.

El IRHO- SOVIMAC (1985) demostraron que esta operación no era factible bajo las condiciones del mercado internacional del aceite de palma, y que era apenas rentable en las condiciones del mercado interno.

Las reservas de agua disponibles en el suelo se pueden aumentar mediante la reducción de la escorrentía, la siembra y construcción de terrazas a lo largo de las curvas de nivel, la formación de terrazas individuales y el aumento de la capacidad de retención de agua del suelo (subsolando). Caliman et al. (1987) y Caliman (1992) describieron el trabajo emprendido en Costa de Marfil y obtuvieron resultados prometedores subsolando y sembrando a lo largo de las curvas de nivel.

Atenuación de los Efectos de la Sequía

En condiciones de precipitación natural, teóricamente es posible aumentar la disponibilidad de agua de cada palma reduciendo la competencia por agua.

- bien entre palmas, sembrando a densidades más bajas
- o bien con las malezas o con los cultivos de cobertura con leguminosas en las interlíneas sembrando en suelo desnudo.

Otra forma de contribuir a que las palmas resistan mejor los períodos de sequía es aminorando temporalmente la carga de racimos (castración temprana o periódica).

Bernardy Daniel (1971) y Daniel y de Taffin (1974) registraron aumentos del 90% en los rendimientos acumulados de palmas de seis años, sembradas en suelo desnudo, comparado con el de las que se sembraron con leguminosas. Así mismo, la castración a temprana edad generó un desarrollo más rápido de las raíces y mejor resistencia a la sequía.

Los ensayos de castración temporal han demostrado que existe la posibilidad de posponer en forma efectiva los picos de producción hasta después del verano (los resultados aún no han sido publicados).

Houssou et al. (1992) describieron los efectos de la reducción de la densidad de siembra sobre el comportamiento ante la sequía (Fig.1). Fuera de la reducción en mortalidad, que es inversamente proporcional a la densidad de las palmas, los cruzamientos se comportan en forma muy diferente, en términos tanto de la mortalidad promedio como de la interacción **densidad-cruzamiento** (comparar, por ejemplo, L1 = L7T x L268D con L4 = P511D x P1085P).

Vale la pena señalar que dada la alta mortalidad a altas densidades, los rendimientos por hectárea, en un período de diez años son comparables cualquiera que sea la densidad de siembra.

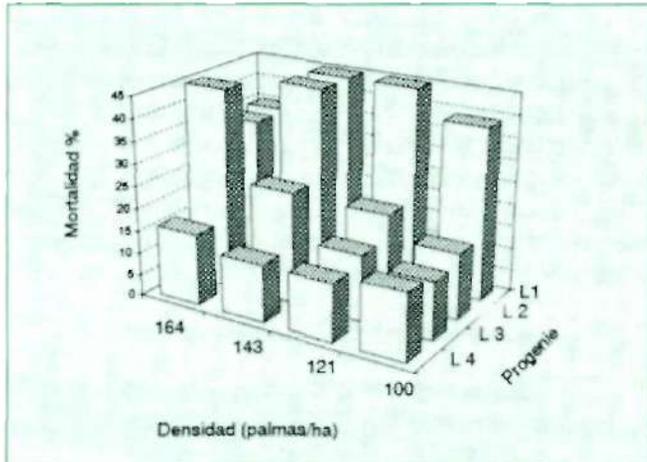


Figura 1. Estación de Pobé, Benin - Densidad de siembra y tasa de mortalidad

Conclusión

Aunque estas diferentes técnicas de cultivo pueden ser útiles bajo circunstancias específicas, ellas no son soluciones universales y también tienen desventajas o son difíciles de poner en práctica.

-El cultivo en suelo desnudo puede conducir al empobrecimiento más rápido que el cultivo convencional con una cobertura: la lixiviación profunda arriesga la erosión superficial.

-La castración, aunque teóricamente valiosa, no es fácil ponerla en práctica en superficies muy extensas.

-El riego tiene sus limitaciones, tanto técnicas, como la dificultad de ponerlo en práctica en áreas muy extensas (recursos hídricos, etc.), como económicas, puesto que no es fácil garantizar su efectividad en términos de costos.

-La reducción de la densidad de siembra es la única opción realmente factible en zonas marginales para el cultivo de la palma de aceite y donde la asociación con cultivos intercalados puede ser posible en áreas pequeñas.

MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL VEGETAL: SOLUCION PARA EL FUTURO

Repaso de la identificación de diferencias decomportamiento entre cruzamientos

Las primeras observaciones de Maillard et al. (1974), confirmadas por resultados experimentales como los

que aparecen en la Figura 1, fueron retomadas y estudiadas en detalle por Houssou (1985). Una de sus conclusiones se refiere a la posibilidad de clasificar los 25 cruzamientos estudiados en el campo en diferentes categorías, teniendo en cuenta los niveles de producción y el comportamiento con respecto a la sequía (Tabla 2).

Estas cifras demuestran no sólo:

- la relación entre los niveles de producción y el comportamiento del cultivo con respecto a la sequía, es decir seis (6) cruzamientos con alta mortalidad y alto rendimiento, y, correlativamente, nueve (9) cruzamientos con baja producción y pocas palmas muertas.
- sino también la existencia de cruzamientos que se comportan «inesperadamente», esto es: cuatro (4) cruzamientos con baja mortalidad, a pesar de tener los rendimientos más altos, y un (1) cruzamiento con alta mortalidad, a pesar de su bajo rendimiento.
- Este último caso es evidente que sólo tiene valor teórico, en lo que se refiere a sustentar la hipótesis de que el comportamiento de los cruzamientos no está solamente controlado por los niveles de producción, lo que significa que existe la esperanza de aislar material con "alto rendimiento" y "resistente".

Resultados vinculados al trabajo de mejoramiento

Hasta hace poco, el trabajo de mejoramiento se basaba en los criterios de producción de aceite y precocidad, como lo recuerda Houssou (1985).

El comportamiento de los cruzamientos creados parece estar directamente ligado a su herencia genética:

- El origen Deli x Yangambi presenta más cruzamientos de baja mortalidad que el Deli x La Mé: es cierto que los primeros también son de menor producción, puesto que el 71 % produce menos de 45 kg/palma/año, mientras los últimos, todos producen más de 45 kg (64% incluso producen más de 60 kg) (Tabla 2).
- Dentro del origen Deli x La Mé. ciertos progenitores parecen estar ligados con el comportamiento de sus progenies, tanto en términos de rendimiento como de comportamiento con respecto a la sequía (Fig 2).

¹ Expresados como porcentaje de palmas muertas después de dos años excepcionalmente secos

Conclusión

A la luz de estas diferentes observaciones se considera que era razonable intentar asociar el comportamiento de la palma en el campo con sus características de funcionamiento fisiológico, tanto en edad adulta como en el estado de plántula. Para lograrlo, pronto se vió la necesidad de aumentar el conocimiento de los mecanismos de funcionamiento de la palma de aceite bajo estrés hídrico.

Tabla 2. Número de cruzamientos según el nivel de producción - 6-9 años - y tasas de mortalidad después de dos años muy secos en la Estación de Pobé, Benin

Producción Kg/palma/ año Mortalidad	Producción Kg/palma/ año			Total
	>60	45-60	<45	
Baja < 10%	3 (3-1)	4 (1-3)	9 (0-9)	17 (4-13)
Alta > 10%	6 (6-0)	1 (1-0)	1 (0-1)	8 (7-1)
Total	10 (9-1)	5 (2-3)	10 (0-10)	25 (11-14)

() = 1a Figura = origen Deli x La Mé
 = 2a Figura = origen Deli x Yangambi

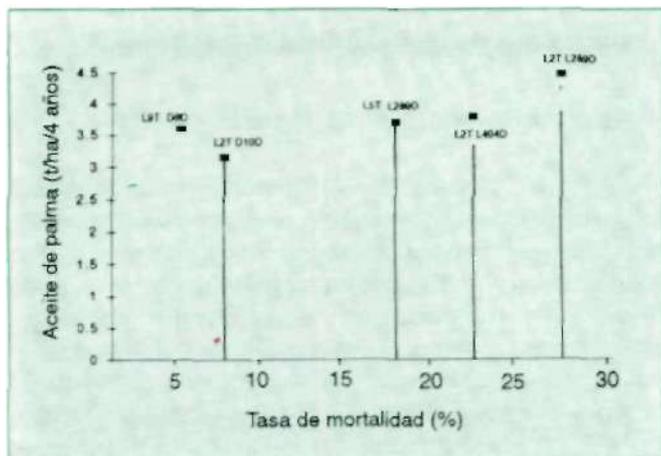


Figura 2. Diferencias de comportamiento según las progenies - promedio aceite de palma entre los 6 y los 9 años.

FUNCIONAMIENTO DE LA PALMA DE ACEITE BAJO ESTRES HIDRICO

Introducción

Las diferencias observadas en el comportamiento entre los cruzamientos y los progenitores podrían, a priori, estar ligadas con numerosos aspectos del funcionamiento de la palma de aceite, como los siguientes:

- manejo del agua dentro de la palma, regulación estomática, potencial hídrico y pérdidas a nivel del folíolo,

- metabolismo de la planta, actividad y potencial fotosintético, manejo de asimilados y reservas de carbohidratos,

- resistencia de la membrana al secamiento.

Algunos de estos aspectos fueron analizados por Adjahossou (1983), en especial el manejo del agua dentro de la palma, las reservas de carbohidratos y la resistencia protoplásmica. El tema fue retomado por Reis de Carvalho (1991).

El estudio de estos parámetros demuestra los diferentes mecanismos de resistencia a la sequía puestos en juego por las plantas para evitar y tolerar la deshidratación.

Aquí se presenta un breve resumen de los principales resultados junto con los obtenidos recientemente que parecen ser especialmente alentadores.

Manejo del agua a nivel del suelo y de la palma

Desarrollo radicular

Houssou et al. (1992) demostraron que existen vínculos interesantes entre el desarrollo radicular, la tasa de mortalidad y los niveles de producción en un determinado número de cruzamientos (Fig. 3 y 4).

La mayoría de los cruzamientos observados muestran una relación inversa entre el desarrollo radicular y sus rendimientos. El comportamiento de estas palmas frente a la sequía es función de los siguientes factores:

- el buen desarrollo radicular reduce la disponibilidad de asimilados y se vuelve antagonista con respecto al rendimiento. No obstante, debe fomentar la disponibilidad de agua y por consiguiente la resistencia a la sequía,

- la buena producción, ligada al mal desarrollo radicular, es un doble factor de susceptibilidad a la sequía.

El antagonismo entre rendimientos, desarrollo radicular y susceptibilidad a la sequía le da especial interés al hecho de que aparezcan dos cruzamientos marcados en la Figura 3 (1), cuyos rendimientos se

L10T X D8D Y L13 T X D8D

comparan con los de los cruzamientos susceptibles y al mismo tiempo muestran buen desarrollo radicular y por lo tanto baja mortalidad (v.g. L1OT X D8D, el punto marcado con un cuadro en las Figuras 3 y 4). Vale la pena anotar que estos dos interesantes cruzamientos comparten el progenitor D8D.

Las primeras observaciones de Cornaire (1992) sobre la evolución del perfil hídrico, según el cruzamiento sembrado, muestran que los cruzamientos tolerantes utilizan una mayor cantidad del agua que se encuentra en el horizonte superficial, 0-1 m, al comienzo de la estación seca.

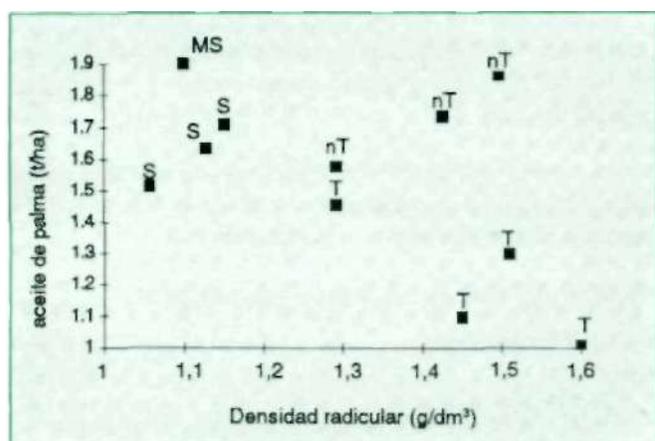


Figura 3. Relación entre la densidad radicular y el rendimiento

MT - MS= moderadamente tolerante o susceptible
T= tolerancia
S= Susceptible

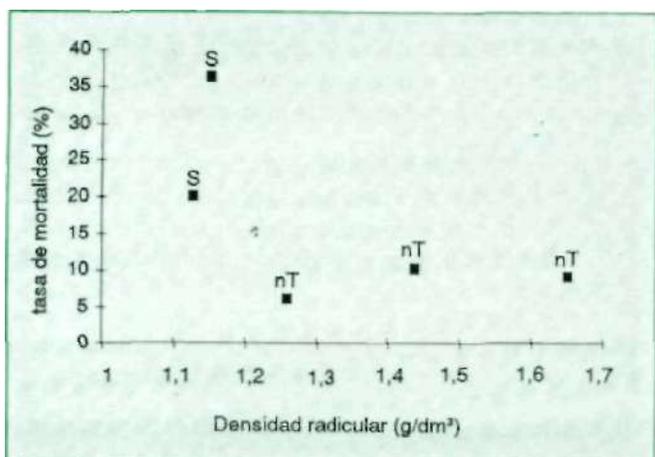


Figura 4. Relación entre la densidad radicular y la tasa de mortalidad

MT - MS= moderadamente tolerante o susceptible
T= tolerancia
S= Susceptible

Regulación estomática

En el campo, las palmas de cruzamientos susceptibles parecen mantener los estomas abiertos más tiempo durante las épocas sequía.

Estos resultados obtenidos por Cornaire (1992) en una colección de cruzamientos, también fueron observados por Reis de Carvalho (1991) en otra serie de cruzamientos, tanto susceptibles como resistentes. Estos últimos mostraron una reducción más rápida de la conducción en los cruzamientos susceptibles a medida que aumento el déficit de saturación de vapor en el aire, y todos los otros factores permanecieron iguales.

No obstante, este parámetro, por si mismo, no puede dar una idea de cómo se comportará un cruzamiento: en efecto, para un determinado nivel de cierre estomático, la reacción de la palma realmente dependerá de:

- el nivel de sus reservas y su capacidad para movilizarlas (ésto desencadena la actividad fotosintética y la orientación de los asimilados, entre otras cosas),
- la adaptación de las estructuras celulares a condiciones de menor disponibilidad de agua.

Estado del agua dentro de la planta

Reis de Carvalho (1991) demostró que los tejidos foliares pueden resistir bajas importantes en el potencial hídrico sin repercusiones proporcionales en el contenido relativo de agua. Este autor no pudo detectar ninguna diferencia marcada en la evolución de estas características, según la susceptibilidad del cruzamiento a la sequía, lo cual explicó en términos de eficiencia de la regulación osmótica. Más recientemente, Cornaire (1992), al trabajar con otros cruzamientos, cuyo comportamiento en el campo había sido caracterizado más claramente, pudo detectar una reducción más significativa en el contenido relativo de agua de ciertos cruzamientos susceptibles durante la época seca.

Actividad fotosintética

Al determinar las principales características de la palma de aceite, en lo que se refiere a la fotosíntesis bajo condiciones de precipitación más favorables, en el sur de Costa de Marfil, Dufréne (1989) demostró la importancia de conocer a profundidad los vínculos entre

la conducción estomatal y la fotosíntesis, para poder explicar las reducciones observadas en relación con el potencial.

A título de ejemplo, la Figura 5 presenta la relación obtenida por Lamade (1993) (sin publicar) en una reproducción clonal sembrada en Pobé. Los cambios en la asimilación neta (fijada a una concentración de CO₂ de 350 vpm en la cámara de medición) se determinaron con un nivel PAR superior a 1.100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Este resultado, nuevo con respecto a esta gama de valores de conducción, será de gran utilidad para interpretar los estudios comparativos de fotosíntesis en el material en estudio para establecer su comportamiento frente a la sequía.

Las comparaciones iniciales hechas con discos foliares, realizadas por Adjahossou (1983), mostraron diferencias en la actividad fotosintética entre ciertos cruzamientos estudiados al mismo tiempo.

Los estudios que se están llevando en la actualidad aún no han arrojado conclusiones definitivas en cuanto a la existencia de una relación entre el potencial fotosintético y el comportamiento del cruzamiento en el campo.

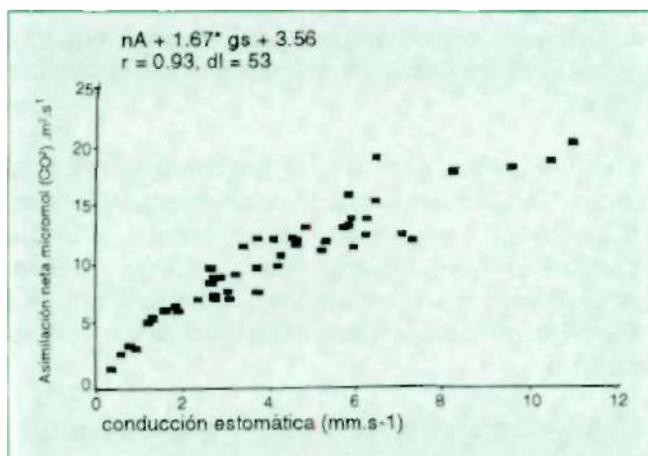


Figura 5. Relación entre la asimilación neta de CO₂ y la conducción estomática en un clon obtenido de un cruzamiento L10T X D17D - nA con PAR > 1100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

Las reservas y su movilización

En términos generales, la cantidad de reservas de carbohidratos de una planta y su capacidad de movilización desempeñan un papel importante en lo que se refiere a mantener el funcionamiento de la planta durante las épocas de estrés hídrico.

- en primer lugar compensan la reducción o incluso la suspensión de la fotosíntesis
- y contribuyen al ajuste de la presión osmótica, manteniendo así los niveles de humedad de las células, como lo demuestra por ejemplo de Vieira da Silva (1968) y Turner y Jones (1980).

En lo que se refiere a la palma de aceite, Cornaire (1990), dentro de los lineamientos de otros autores, especialmente Adjahossou (1983), demostró que existe una hidrólisis del almidón foliar durante las épocas de sequía y que se presenta un aumento en la concentración de azúcar soluble (Fig 6). Inicialmente, los niveles de azúcar soluble en el estipe disminuyen, puesto que los azúcares son utilizados para el metabolismo de la palma, y estos vuelven a aumentar en la segunda fase, probablemente debido de la hidrólisis del almidón.

Los cambios comparativos en el contenido de almidón y azúcar soluble del estipe para los diferentes cruzamientos (Fig. 6) no dan ninguna idea en cuanto a los efectos de la movilización de almidón y de azúcar soluble sobre el comportamiento con respecto a la sequía. Sin duda, será necesario tomar otras medidas, pero al mismo tiempo también es importante tener en cuenta otros aspectos del funcionamiento de la palma, como el número de racimos de la corona. Este último factor podría explicar el menor contenido de azúcar y almidón del cruzamiento L2T X D10D, del cual se sabe que produce consistentemente, con coronas muy cargadas, aún durante la estación seca.

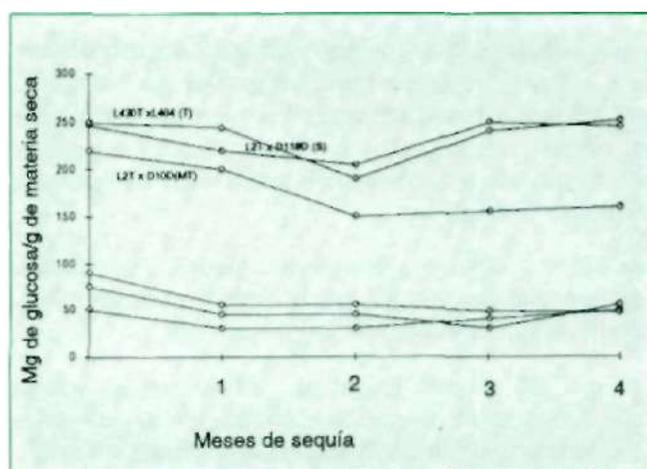


Figura 6. Almidón del estipe y azúcares solubles durante la época de sequía

T = tolerante
S = Susceptible; MT = moderadamente tolerante

Sobre la base de las observaciones realizadas en las hojas de las plántulas sometidas a estrés hídrico mediante la suspensión del riego, Houssou et al. (1992) concluyeron que existía el mismo fenómeno de hidrólisis del almidón y enriquecimiento de azúcares solubles, pero con variaciones mucho más amplias que en los estipes. Esta metabolización se puede desencadenar más rápidamente en cruzamientos tolerantes que en los susceptibles (Fig. 7); es necesario confirmar este comentario tomando más medidas.

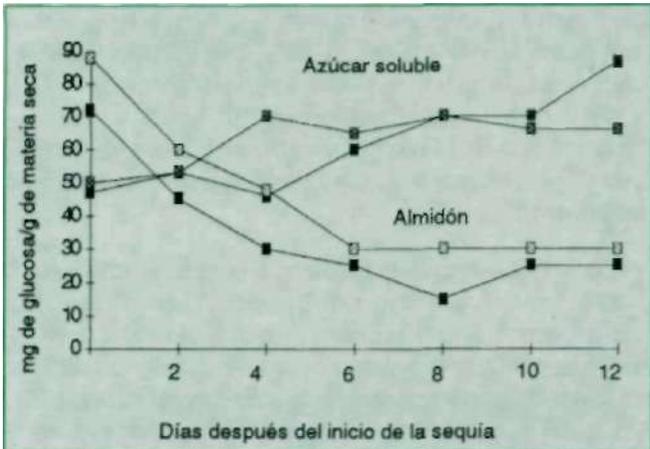


Figura 7. Almidón y azúcar soluble en las hojas de las plántulas sometidas a tratamiento de sequía

Azúcar soluble

Almidón

S = susceptible; MT = moderadamente tolerante

Resistencia celular

Una vez que la palma agota todas las posibilidades para evitar la sequía o reducir sus efectos mediante mecanismos que podrían describirse como «periféricos», las células deben estar en capacidad de resistir la deshidratación más o menos intensa, en caso de que la sequía se prolongue.

Las células vegetales tienen numerosos sistemas de membranas, cuyas propiedades físicas y químicas varían dependiendo de las condiciones externas.

En 1985, Pham Thi et al. demostraron que la deficiencia hídrica producía una reducción de los lípidos polares en algodónero, mientras que al mismo tiempo Ferrari-Iliou et al. (1984) detectaron una alteración significativa de los coloroplastos. Este trabajo se continúa en plantas leguminosas tropicales, especialmente por Monteiro de Paula et al. (1990 y 1993) y A. Pham Thi et al. (1990), y se ha establecido una clara relación entre el alcance de estas modificaciones y la sensibilidad de

la célula a la falta de agua. Por lo tanto, las plantas tolerantes tienen un contenido más bajo de lípidos totales y una más baja proporción de ácidos grasos insaturados que las plantas susceptibles.

Este tipo de trabajo no se ha emprendido aún en cultivos perennes. Por consiguiente, en la Estación de Pobé se evaluó la relación potencial entre la tasa de destrucción de la membrana (prueba de flujo de electrolitos, ver Vásquez-Tello et al. 1990) y los ácidos grasos y lípidos de la membrana, en palmas de aceite. Los resultados iniciales sugieren que en las hojas de las palmas adultas

- existe una correlación entre la sensibilidad de la membrana y el contenido total de lípidos (Fig. 8),
- existe una correlación más estrecha entre la sensibilidad de la membrana y la proporción de ácidos grasos polinsaturados en los lípidos totales, C 18:2 + C 18:3 (Fig. 9) (cada punto es resultado del análisis de cuatro muestras).

Cornaire (1992) demostró que a los 11 días después de suspender el riego de las plántulas, la membrana sufría daños dos veces más graves (flujo de electrolitos) en algunos cruzamientos que habían sido clasificados en el campo como susceptibles. No obstante, fue imposible establecer las diferencias entre palmas a nivel de campo (¹).

Roy-Macauley et al. (1992) determinaron el efecto del estrés hídrico sobre las actividades endoproteolíticas celulares, con un aumento en la actividad proteolítica en los diferentes compartimentos celulares (soluble, cloroplástica y de la membrana). Este fenómeno es más marcado en las plantas más susceptibles al estrés hídrico.

Los primeros experimentos con palma de aceite, realizados por Cornaire (1992), de hecho muestran un aumento en las proteínas foliares (método analítico de Bradford) durante la época de sequía, con un aumento más marcado en los cruzamientos susceptibles a la sequía, como el L2T X D118D (el progenitor D118D aparentemente transmite la característica de susceptibilidad). No obstante, en un cruzamiento

¹. Es importante recordar que los cruzamientos susceptibles presentaban pérdidas de palmas y que las "Sobrevivientes" se pueden comportar en forma diferente, es decir que pueden ser más tolerantes que el cruzamiento (antes de la pérdida de palmas por causa de la sequía).

moderadamente tolerante como el L2T X D10D, el contenido de proteína no cambió durante la época de sequía, lo cual podría significar que existe una buena tolerancia de la membrana al secamiento (DR aproximado del 25%, Fig. 8 y 9). Actualmente, se están procesando estos resultados a profundidad.

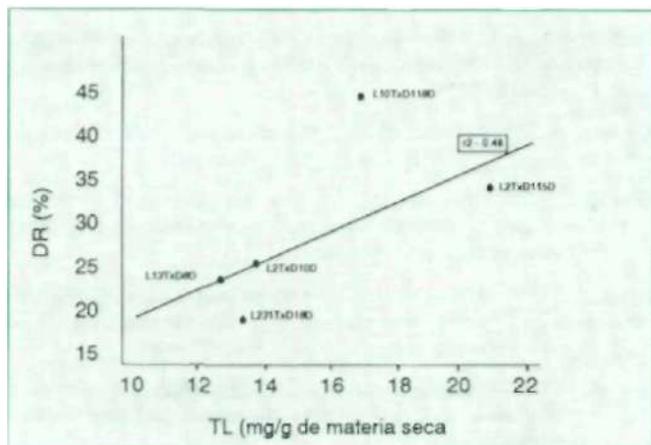


Figura 8. Relación entre la resistencia de la membrana y el contenido total de lípidos

TL = Contenido total de lípidos

RD = Daño Relativo de la membrana

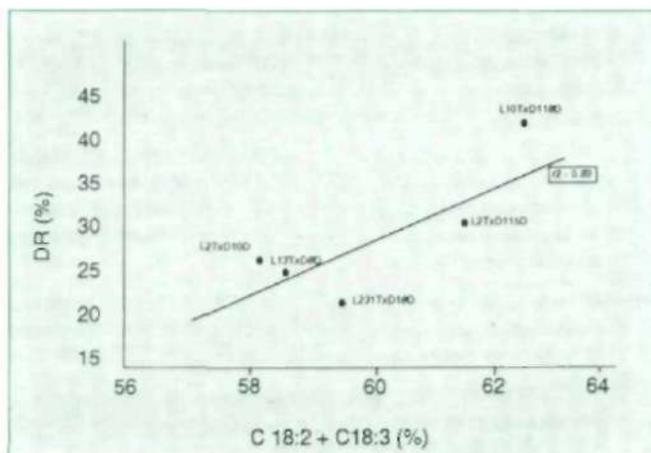


Figura 9. Relación entre la resistencia de la membrana y los lípidos polinsaturados

RD = Daño Relativo de la membrana

DISCUSION - CONCLUSION

El anterior inventario, no exhaustivo, de los resultados obtenidos y del trabajo en curso, constituye un intento para identificar los diferentes criterios de investigación para adaptar las plantaciones de palma de aceite a los distintos niveles de sequía.

Todas las técnicas para:

- obtener mayores reservas de agua a nivel de las plantaciones (riego, medidas de control de la erosión),
- garantizar una distribución más efectiva del agua disponible en la palma de aceite (mediante la reducción de la competencia con malezas, siembra en suelo desnudo o en el cultivo en asociación con otros, reducción de la densidad de siembra),
- reducir el consumo de agua y de reservas por parte de las palmas de aceite durante la sequía (castración total en palmas jóvenes y castración temporal en palmas adultas)

se podrían justificar, pero tendrían limitaciones de carácter técnico o económico.

Por lo anterior, los nuevos criterios de investigación se concentran principalmente en el conocimiento del funcionamiento de la palma adulta y de las plántulas de palma bajo condiciones de estrés hídrico. Estos estudios deben permitir la "caracterización fisiológica" de los cruzamientos, los progenitores y los clones, con el fin de diseñar nuevas herramientas para establecer programas de mejoramiento genético

ASTORGA
Astorga Ltda. vinculada
al desarrollo de la zona de Tumaco.

Informes:
Tels. 422612 - 424193 - Fax 422395 - Télex 55403 VLHSA
CO. - Cali

Se considera que un cruzamiento o un clon se comporta bien:

- si su producción baja menos que la de otros en condiciones de estrés hídrico moderado.
- y/o si presenta una menor tasa de mortalidad bajo condiciones de estrés hídrico severo.

Estos dos aspectos de la clasificación de «resistencia a la sequía», podrían exigir diferentes enfoques.

En todo caso, la resistencia debe integrar factores tan diversos como: potencial fotosintético, distribución de asimilados entre los órganos vegetativos (raíces, reservas del estipe) y órganos reproductivos (racimos), regulación estomática y, en definitiva, la resistencia o rigidez de la estructura de las membranas celulares (lípidos, proteínas). Sin duda, este último factor desempeña un papel esencial, puesto que el mantenimiento de la actividad fotosintética se regula mediante la integridad de los cloroplastos, para lo cual es de vital importancia la resistencia de la membrana.

Esta investigación debe cubrir simultáneamente la etapa de campo y de vivero, utilizando el mismo tipo de material vegetal, con el fin de determinar los factores de clasificación que puedan ser válidos desde el principio, con miras a desarrollar pruebas tempranas de comportamiento.

En pocas palabras, el trabajo en curso, aunque permite conocer mejor el funcionamiento de la palma de aceite bajo condiciones limitadas de abastecimiento de agua, debería contribuir a nuevas estrategias para desarrollar material vegetal que se adapte mejor a las condiciones climáticas de las diferentes zonas de cultivo.

BIBLIOGRAFIA

ADJAHOSSOU, D.F. 1983 - Contribution à l' étude de la résistance à la sécheresse chez le palmier à huile (*Elaeis guineensis* J.) University of Paris VII, 26th October 1983. (Thesis).

BERNARD, G.; DANIEL C. 1971. - Economie de l'eau en jeunes palmerales sélectionnées du Dahomey. Castration et sol nu. Oléagineux, (Francia) v. 26, No. 4.

CALIMAN, J.P.; de KOCHKO J.P. 1987. -A few crop techniques and special improvements on oil palm plantations to limit erosion and water runoff. Oléagineux, (Francia) v. 42, No. 3.

—————; OLIVIN, J.; DUFOUR, O. 1987. -Degradation of sandy ferrallitic soils in oil palm cultivation through acidification and compactio: Correction and methods. 1987 International Oil Palm/Palm Oil Conferences, Progress and Prospects, June 1987, Kuala Lumpur (Malaysia).

CALIMAN, J.P.; 1992. -Oil palm and water deficit, production, adapted cropping techniques. Oléagineux, (Francia) v. 47, No. 5.

CHAILLARD, H.; DANIEL, C; HOUETO, V.; OCHS, R. 1983. -Oil Palm and coconutirrigation; a900 ha "experiment" in the Benin People's Republic. Oléagineux, (Francia) v. 38, No. 10.

CORNAIRE B.1990.-Rapport périodique d" avancementdes travaux n° 2 (not published). CEC Contract TS2A-0238-M (CD).

—————; 1992. -Rapport périodique d" avancement des travaux n° 5 (not published). CEC Contract TS2A-0238-M (CD).

DANIEL, C; de TAFFIN, G. 1974. -Conduite des jeunes plantations de palmier à huile en zones sèches au Dahomey. Oléagineux, (Francia) v. 28, No. 5.

De TAFFIN, G.; DANIEL, C. 1976. -First results from a trial of slow irrigation in Oil Palm. Oléagineux, (Francia) v. 31, No. 10.

DUFRENE E. (1989). -Photosynthèse, consommation en eau et modélisation de la production chez le palmier à huile, University of Paris-Sud, Orsay. (Thesis).

HOUSSOU, M. 1985. -Amélioration du palmer à huile (*Elaeis guineensis* J.) en zone pu humide. Résultats récents obtenus au Bénin. University of Parisd-Sud, Orsay. (Thesis).

—————; CORNAIRE, B.; OMORE, A.; ADJE 1.1992. -Sélection pour la résistance à la sécheresse du palmier à huile. ISOPB, Montpellier, France.

IRHO, SOVIMAC, 1985. -Plantation irriguée de Ouidah (Bénin) sur palmier à huile et cocotier. Rapport de synthèse. Aspects économiques. IRHO Doc. 1985.

MAILLARD, G.; DANIEL, C; OCHS, R. 1974. -Analyse des effets de la sécheresse sur le palmier à huile. Oléagineux, (Francia) v. 29, No. 8-9.

MONTEIRO de PAULA, F.; PHAM THI, A.T.; VIEIRA da SILVA, J.; JUSTIN.A.M.; DEMANDRE, C; MAZLIAK, P. 1990.-Effects of water stress on the species composition of polar lipids from *Vigna unguiculata* L leaves. *Plant Sciences*, v. 66, p. 185-193.

—————; ZUILY-FODIL, Y.; FERARI ILIOU, J.; VIEIRA da SILVA, J; MAZLIAK P. 1993. Effect of water stress on the biosynthesis and degradation of polyunsaturated lipid molecular species in leaves of *Vigna unguiculata* L. *Plant Physiology and Biochemistry*. v 31.

PHAM THI A.T.; VIEIRA daSILVA, J; MAZLIAK P. 1990. The role of membrane lipids in plant résistance to water stress. Bulletin de laSocieté de Botanique Francaise. (Francia) v. 137. p. 99-114.

REÍS de CARVALHO, C. 1991. - Mécanismes de résistance à la sécheresse chez des plantes jeunes et palmier à huile. University of Paris-Sur, Orsay . (Thesis).

ROY-MACAULEY, H.; ZUILY-FODIL, Y.; KIDRIC, M.; PHAM THI, A.T.; VIEIRA da SILVA, J. 1992. - Effect of water stress on proteolytic activities of cell compartments of *Phaseolus* and *Vigna* leaves from sensitive and resistant plants. *Physiologia Plantarum*. (Dinamarca) v. 85, p. 90-96.

TURNER, N.C.; JONES, M.M. 1980. -Turgor maintenance by osmoticadjustment. In: n.c. Turner; P.J. Kramer(Eds.). A review and evaluation in adaptation of plants to waterand high temperature stress. Wiley an Sons, p. 87-103.

VASQUEZ-TELLO, A; ZUILY FODIL, Y; PHAM THI A T; VIEIRA da SILVA, J. 1990 - Electrolite and morganic phosphate leakages and soluble sugar content as physiological tests for screening résistance to water stress in Phaseolus and Vigna species. *Journal of Experimental Botany* (Inglaterra) v. 41, p 827-832.