



## FISIOLOGIA DA MANDIOCA

Alfredo Augusto Cunha Alves 1

### 1. INTRODUÇÃO

A mandioca (Manihot esculenta Crantz) que pertence à família Euphorbiaceae é um arbusto de crescimento perene amplamente cultivado nos trópicos onde representa o alimento básico como fonte de energia para grande parte da população. Seu cultivo é realizado quase que exclusivamente devido suas raízes tuberosas constituídas principalmente de amido. Tanto as raízes de reserva como a folhagem também são utilizadas na alimentação animal. Estima-se que, aproximadamente, 65% da produção total da mandioca é utilizada diretamente para o consumo humano, 19% para alimentação animal e cerca de 5% é empregado em uso industrial.

Embora a concentração da mandioca esteja entre as latitudes 15º N e 15º S (regiões quentes e úmidas) ela é cultivada entre as latitudes de 30º N e 30º S, adaptando-se a diversas condições climáticas. A mandioca pode se desenvolver em regiões a nível do mar

---

1 Eng. Agr., M.Sc., Pesquisador da EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, Caixa Postal 007 - 44.380 - Cruz das Almas - Bahia - Brasil.

até 2300 m de altitude, bem como em regiões úmidas com precipitação acima de 2000 mm e em condições semi-áridas com 500 a 750 mm de chuva por ano.

Portanto, a mandioca é cultivada em regiões que apresentam uma grande diversidade ecológica, estando sujeita a uma ampla variação em termos de clima, principalmente quanto aos fatores temperatura, fotoperíodo, intensidade luminosa e precipitação pluviométrica.

## 2. ASPECTOS CLIMÁTICOS

### 2.1. Temperatura

O controle exercido pela temperatura sobre o crescimento vegetal manifesta-se de várias formas, incluindo o crescimento geral da planta, alterações no hábito de crescimento, quebra de dormência de gemas e florescimento. Dentre os processos metabólicos influenciados pela temperatura pode-se citar a fotossíntese e respiração e os processos resultantes desses mecanismos, como os relacionados com o crescimento e desenvolvimento da planta.

As referências existentes sobre o comportamento da mandioca em relação às variações de temperatura que ocorrem nas áreas onde é cultivada, indicam que o seu crescimento é "normal" quando a temperatura média anual situa-se entre 20 e 27°C (MOTA, 1974), podendo a planta crescer bem entre valores de temperatura oscilando entre 16 e 38°C. COCK & ROSAS (1975) avaliaram o crescimento de 12 cultivares de mandioca em temperaturas médias de 16 a 26°C e verificaram que as temperaturas baixas (16°C) retardam a germinação,

diminuem a taxa de formação de folhas, o peso seco total e o peso seco de raízes de mandioca. A mandioca não cresce em temperaturas abaixo de 15°C. Alguns autores sugerem que o principal efeito da temperatura é sobre a produção biológica da cultura, visto que a distribuição da matéria seca nas plantas não apresenta grande variação quando estas são cultivadas sob diferentes condições térmicas (COCK & ROSAS, 1975).

Ao diminuir a temperatura a área foliar é menor devido a menor produção de folhas por ápice e a diminuição do seu tamanho, apesar da longevidade foliar aumentar (IRIKURA et al., 1979) (Figura 1).

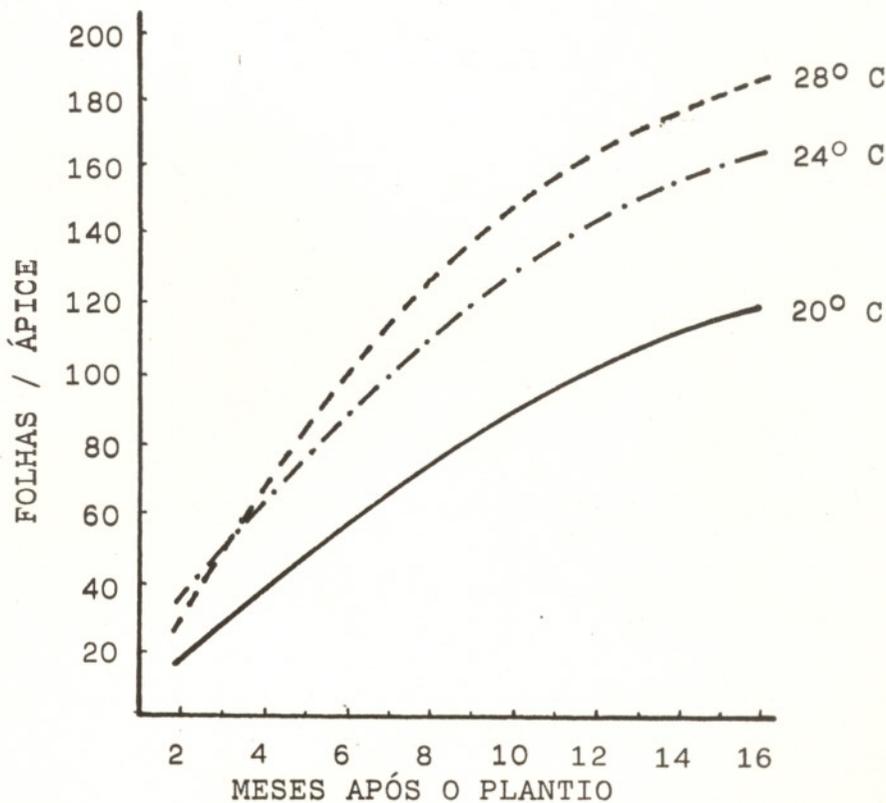


Figura 1 - Número cumulativo de folhas formadas por ápice em três diferentes temperaturas. Média de 4 variedades (Irikura et al. 1979).

Existe uma grande interação entre genótipo e a temperatura. IRIKURA et al. (1979) avaliando 4 variedades em diferentes temperaturas, verificaram que os maiores rendimentos foram obtidos em temperaturas diferentes conforme a variedade, indicando que o efeito da seleção natural é altamente significativo para a adaptação varietal (Tabela 1).

Tabela 1 - Rendimento de raízes (t/ha) de 4 variedades de mandioca cultivadas sob três regimes de temperatura, colhidas 12 meses após o plantio. (Irikura et al., 1979).

VARIEDADE	Temperatura		
	20 C	24 C	28 C
MCol 22	9,3	27,7	39,4
MMex 59	22,8	38,8	30,4
MCol 113	24,2	26,1	23,9
Popayán	28,9	15,7	9,4

## 2.2. Fotoperíodo

Fotoperíodo é a duração astronômica do dia e varia de acordo com a latitude e com a época do ano a uma mesma latitude. Este fator influencia diversos processos fisiológicos das plantas. Para a

mandioca, apesar de os estudos sobre fotoperíodo ainda serem escassos, foi verificado que este fator afeta o florescimento, o processo de tuberização e a distribuição de fotoassimilados.

As diferenças no comprimento natural do dia na região tropical são muito reduzidas sendo em geral de 10 a 12 horas durante o ano. Portanto, o fotoperíodo pode não limitar a produção de raiz nessa região. Por outro lado, as restrições quanto a distribuição da mandioca fora dessa faixa pode ser devido aos efeitos da variação do fotoperíodo sobre a fisiologia da mandioca.

Experimentos onde o fotoperíodo foi artificialmente alterado mostraram que o período de luz ótimo para a mandioca está em torno de 12h, com possibilidade de existirem diferenças de fotoperíodos críticos entre cultivares (BOLHUIS, 1966). O fotoperíodo longo promove o crescimento da parte aérea e reduz o desenvolvimento das raízes tuberosas, enquanto que os dias curtos promovem o crescimento das raízes de reserva e reduzem o desenvolvimento dos ramos, sem influenciar o peso seco total da planta (BOLHUIS, 1966; LOWE et al., 1976). Isto sugere uma relação antagônica entre o crescimento dos ramos e das raízes tuberosas em resposta às variações no comprimento do dia (Figura 2).

Com relação ao florescimento, CUNHA & CONCEIÇÃO (1975) submeteram a cultivar Salangorzinha à aplicação de fitohormônios e suplementação de luz, por um período de duas horas e trinta minutos a partir de 18:30 horas, com o objetivo de elevar a taxa de florescimento da cultivar sob condições de Cruz das Almas-Bahia. Foi verificado que a suplementação com luz artificial proporcionou um número bastante grande de inflorescências.

As variações no fotoperíodo estão relacionadas às diferenças

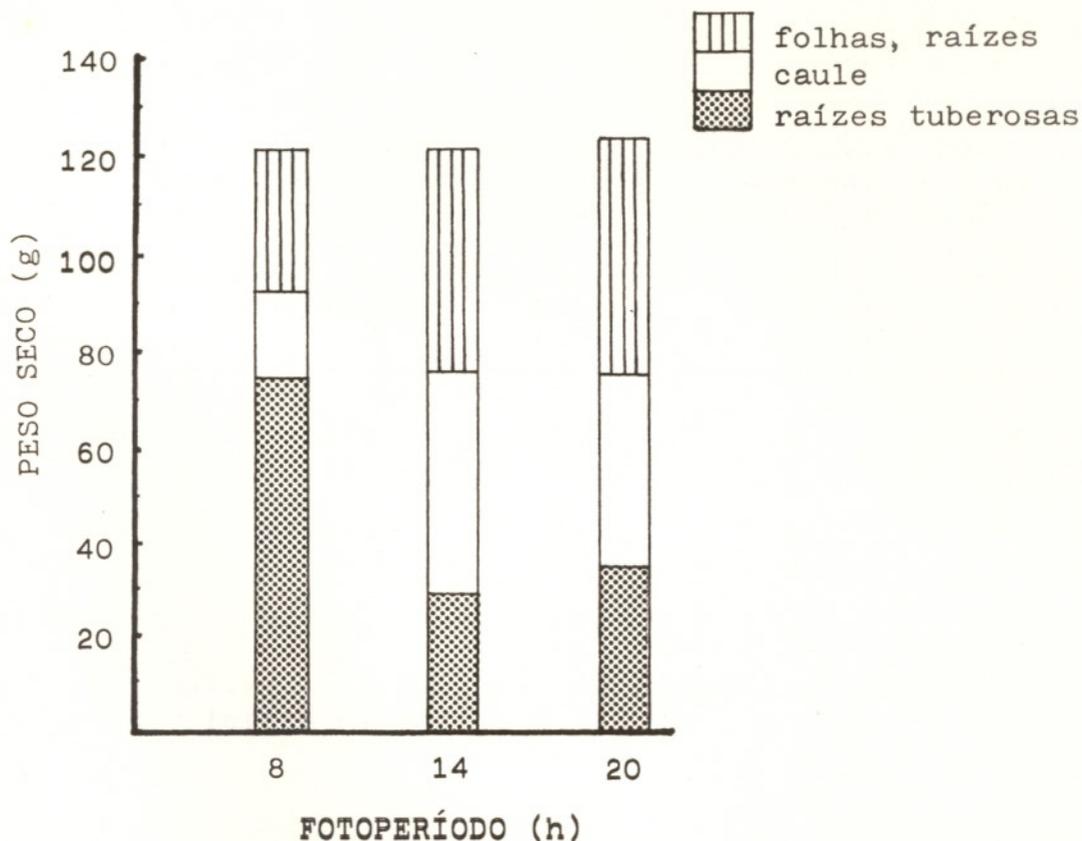


Figura 2 - Efeito do fotoperíodo sobre a distribuição de matéria seca na mandioca, 4 meses após o plantio (Lowe et al. 1976).

na temperatura. Temperaturas altas e fotoperíodos longos diminuem a proporção de matéria seca que chega às raízes. Ainda existem dúvidas se esta diminuição ocorre porque a parte aérea da planta assimila o excesso produzido ou se existe efeitos hormonais sobre o desenvolvimento da raiz. Existe diferenças varietais na sensibilidade a dias longos em termos de produção de raízes (VELTKAMP, 1985) embora todas as variedades apresentem um incremento no número de ápices e uma diminuição no índice de colheita sob tratamento de dia longo (Tabela 2), indicando que as variedades não são totalmente insensíveis, mas que em algumas o decréscimo do índice de colheita é compensado com o aumento do índice de área foliar e um aumento da taxa de crescimento durante todo o período.

Tabela 2 - Produção e distribuição de matéria seca, 272 dias após plantio sob fotoperíodo natural (cerca de 12h) e com 16h de luz (Veltkamp, 1985).

VARIEDADE	FOTOPERÍODO	MStotal (t/ha)*	MSraízes (t/ha)	I.C.
MCol 1684	Natural	16,7	9,1	0,55
	16h	17,3	4,6	0,25
MPtr 26	Natural	14,5	8,1	0,60
	16h	15,9	4,9	0,36
MCol 22	Natural	15,5	9,5	0,65
	16h	19,5	8,3	0,45

\* Inclue peso folhas caídas.

Portanto, para programas de melhoramento parece possível selecionar clones que se comportam bem tanto em regimes de temperatura uniforme com pouca variação no fotoperíodo como em regiões com temperatura e fotoperíodo flutuantes. O clone "mantiqueira", produzido no Instituto Agrônômico de Campinas, São Paulo, Brasil, próximo ao Trópico de Capricórnio tem se comportado bem em todas as áreas tropicais das Américas, enquanto outros clones apresentam uma adaptabilidade muito mais reduzida.

### 2.3. Intensidade Luminosa

A luz solar é um fator imprescindível para a vida vegetal por ser a matéria prima básica para o processo fotossintético e a mandioca é conhecida como planta que exige luz em abundância para realizar mais eficientemente a fotossíntese.

O estudo desse fator é de grande importância para a mandioca, principalmente nas regiões tropicais úmidas e subúmidas onde a

mandioca é cultivada em consorciação com outras culturas como cereais, leguminosas e hortaliças. No consórcio com leguminosas e hortaliças a mandioca é normalmente a última cultura a ser plantada, várias semanas após o plantio dos outros cultivos. Quando associada com cereais, como o milho, a mandioca é plantada ou simultaneamente ou uma a quatro semanas depois do milho. Mesmo quando plantada na mesma época do milho este se estabelece mais rapidamente e desenvolve uma grande parte aérea antes da mandioca. Portanto, em cultivos associados a mandioca está sujeita nos seus primeiros estágios de desenvolvimento, a diferentes graus de sombreamento e de baixa intensidade luminosa, o que pode afetar seu desenvolvimento e rendimento.

RAMANUJAM et al. (1984) comparando o processo de tuberização de 12 cultivares de mandioca sob condições de sombra e céu aberto, observaram que na sombra (75 a 85%) o processo de tuberização foi iniciado cerca de 3 semanas depois da tuberização ocorrida em plantas sob condições de céu aberto, sendo também significativa a redução no número de raízes tuberosas formadas por planta, sob sombra.

Para determinar o efeito do sombreamento sobre o desenvolvimento e rendimento da mandioca, OKOLI & WILSON (1986) avaliaram seis regimes de sombra (0, 20, 40, 50, 60 e 70%) e verificaram que a medida que a percentagem de sombra aumentou, a altura da planta aumentou enquanto que o índice de área foliar decresceu. Com a redução da sombra o peso seco do caule e folhas aumentou. Em todos os níveis de sombreamento houve atraso na tuberização e o rendimento de raízes foi reduzido a medida que o sombreamento aumentava (Tabela 3).

Tabela 3 - Efeito do sombreamento sob o rendimento de raízes de mandioca (peso seco) e número de tubérculos (Okoli & Wilson, 1986).

% SOMBRA *	Redução no rendimento (%)	Tubérculos por planta
0	0	13
20	43	13
40	56	9
50	59	7
60	69	8
70	80	6

\* Sombreamento aplicado desde 1 até 4 MAP.

#### 2.4. Precipitação Pluviométrica

A mandioca é cultivada em regiões com baixa precipitação anual (750 mm) e as plantas podem sobreviver em períodos secos prolongados de 5 a 6 meses. Sua resposta ao estresse hídrico é principalmente a redução da transpiração, conservando o "status" hídrico da planta. A mandioca tem uma utilização de água extremamente eficiente. No começo de um período seco a área foliar é reduzida resultando numa redução da transpiração (CONNOR et al., 1981).

Durante o período seco as plantas perdem folhas e reduzem o crescimento, retomando este processo após o estabelecimento de melhores condições de umidade no solo. Entretanto, a intensidade de queda das folhas e da produtividade sob condições limitadas de água varia de acordo com as cultivares. As cultivares tolerantes a

seca apresentam alta resistência estomática a difusão de vapor d'água para atmosfera (baixa condutância foliar), baixa transpiração, maior teor relativo de água e mantém um número mínimo de folhas para sustentar o crescimento dos tubérculos durante o estresse. CONNOR & PALTA (1981) observaram, em variedade tolerante a seca, baixa condutância foliar à difusão de vapor d'água em relação a variedade suscetível, que apresentou uma redução de 30 a 75% na taxa de crescimento da raiz.

EL-SHARKAWY & COCK (1984) demonstraram que este decréscimo na condutância foliar (Cf) é condicionado pela exposição ao ar seco, indicando que a resposta estomática está diretamente relacionada a umidade atmosférica, independente do potencial de água da folha.

O Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (CNPMP/EMBRAPA) possui um programa de pesquisa voltado para estudar fontes de tolerância à seca e identificação de genótipos de mandioca tolerantes a períodos prolongados de deficiência hídrica. Este trabalho foi dividido em três etapas: a) Determinação do período crítico da cultura; b) Identificação de mecanismos de tolerância à seca e c) Seleção de cultivares tolerantes.

Na primeira etapa foram realizados experimentos onde períodos de limitação de água, com duração de 60 dias, foram impostos à cultura em diferentes fases do ciclo de crescimento. Os resultados mostraram que as maiores reduções no rendimento ocorrem quando a deficiência hídrica é imposta durante os cinco primeiros meses do ciclo. Um período de deficiência de dois meses, ocorrendo após o quinto mes, não provocou reduções significativas no rendimento (Figura 3) (OLIVEIRA et al., 1982).

Um dos mais importantes resultados obtidos na segunda etapa

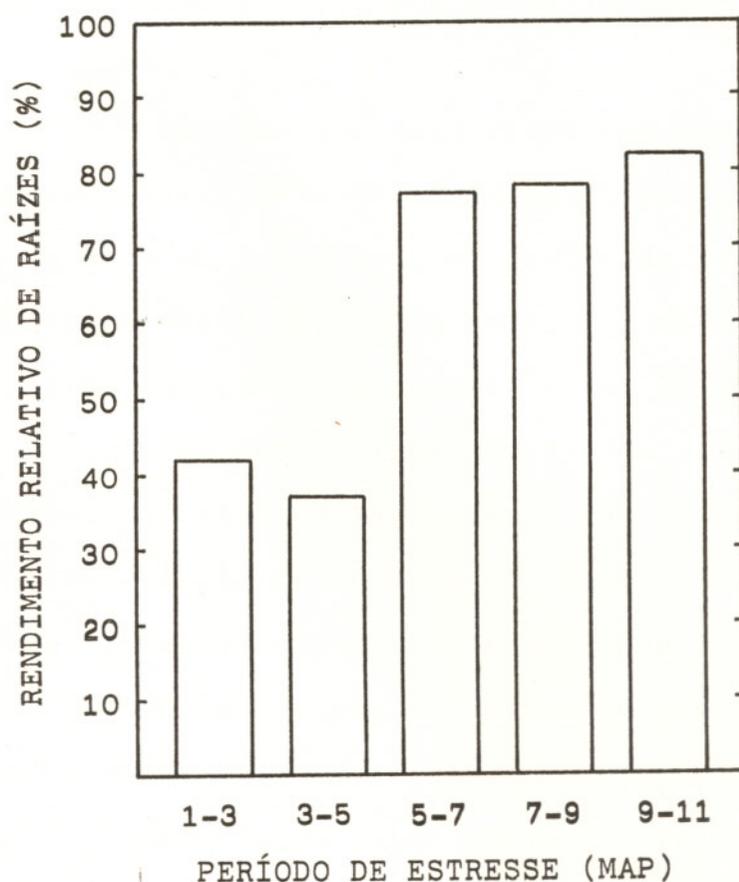


Figura 3 - Efeito do déficit de água em diversos períodos de crescimento sobre a produção relativa de raízes de mandioca (Oliveira et al. 1982).

do programa diz respeito a grande sensibilidade do aparelho estomático da planta de mandioca, quando submetida a variações no conteúdo de água no solo e na atmosfera. Plantas sujeitas a estresse hídrico mostraram uma redução na condutância foliar do vapor d'água para atmosfera (aumento da resistência difusiva), o que limitou as perdas de água (PORTO, 1983). Ainda mais pronunciada foi a resposta às variações nas condições de demanda evaporativa da atmosfera representada pelo Déficit de Pressão de Vapor (DPV) entre a folha e o ambiente. Sob condições de alto DPV (baixa umidade

do ar) a cultura tende a reduzir a transpiração e a fotossíntese (COCK et al., 1985).

Os resultados obtidos nas duas primeiras etapas do programa sugerem a possibilidade de selecionar genótipos capazes de controlar, de uma maneira mais efetiva, as perdas de água por transpiração, sob condições secas. Este é o principal objetivo da terceira etapa do programa que vem sendo conduzido no CNPMF. Os primeiros resultados, obtidos em 1986 e 1987, mostraram que existe uma grande variabilidade no Banco de Germoplasma de mandioca mantido no CNPMF, quanto à variação da condutância foliar. De 156 genótipos avaliados, alguns mantiveram baixos valores de  $C_f$ , ao meio-dia, o que indica uma maior capacidade de economizar água sob condições de seca (Figura 4).

Dessas avaliações foram selecionadas 10 cultivares que apresentaram comportamento contrastante, em termos de  $C_f$ , que foram avaliadas em sacos de polietileno contendo 60 kg de solo, com e sem estabelecimento de um período de estresse, onde foi estudado o crescimento com relação a altura de planta e ao número cumulativo de folhas formadas por planta. Para todas as cultivares houve redução do crescimento em altura e na taxa de formação de folhas, porém com diferenças varietais bastante significativas. Por exemplo, as cultivares Xingú (BGM 019) e Desconhecida 25 (BGM 022) reduziram menos o crescimento em altura (24 a 37%) e a taxa de formação de folhas (15 a 27%) sob condições de estresse, em relação às plantas não estressadas. Por outro lado, as cultivares Riqueza (BGM 043), Maria Pau (BGM 118) e Jacaré I (BGM 064) reduziram cerca de 70% o crescimento em altura e apresentaram elevadas reduções na taxa de formação de folhas (42 a 68%) (Tabela 4).

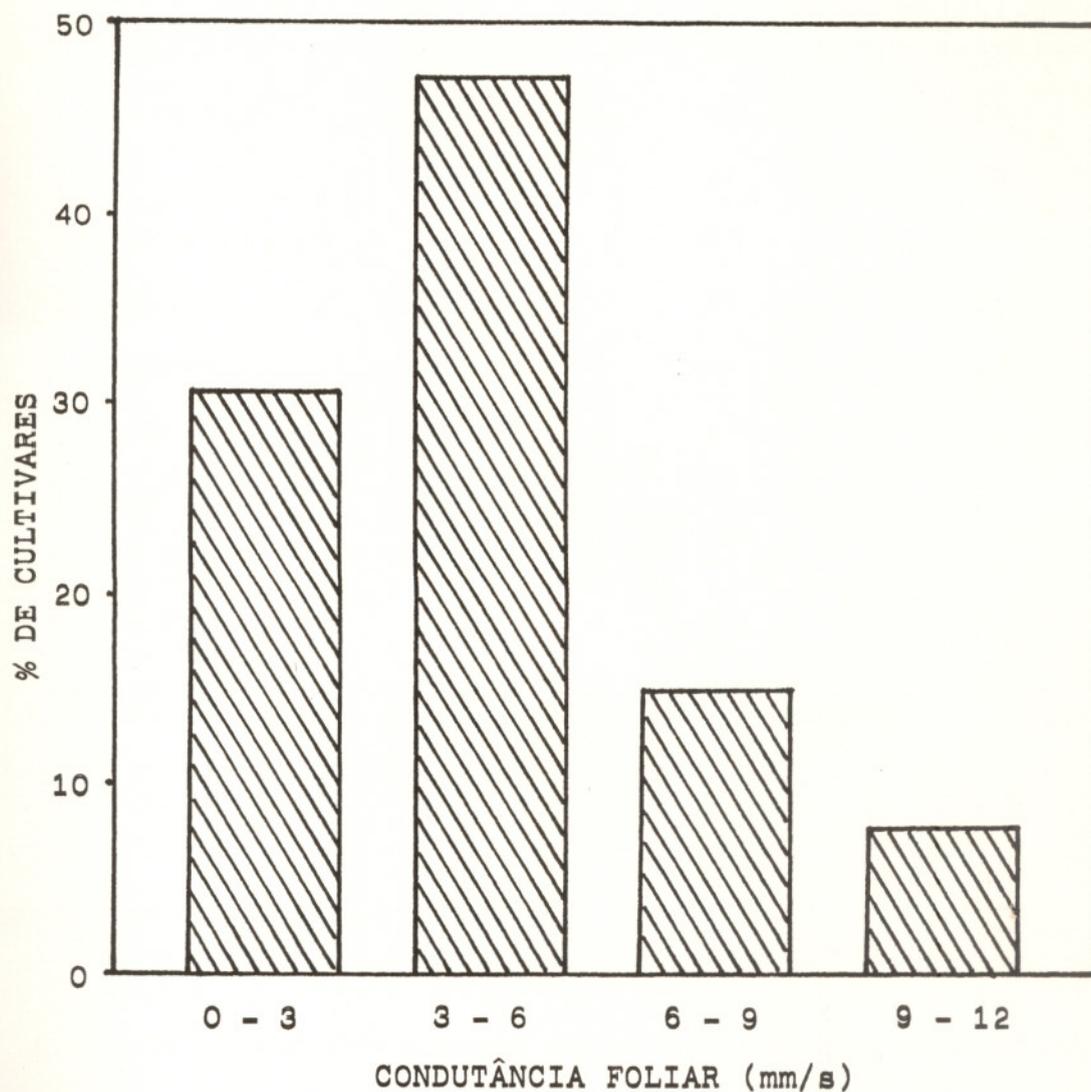


Figura 4 - Distribuição de frequência percentual da condutância foliar de 156 genótipos do BAG de mandioca do CNPMF/EMBRAPA.

Tabela 4 - Percentagem de redução das taxas de crescimento de 10 variedades de mandioca submetidas a 7 semanas de estresse hídrico, comparadas com testemunhas irrigadas (GNPMF/EMBRAPA, 1987).

VARIEDADE	BGM	% de redução da	
		Altura	Folha
Alpim Bravo	001	50	25
Xingú	019	37	15
Desconhecida 25	022	24	27
Riqueza	043	75	68
Guamanara	054	50	44
Jacaré I	064	67	44
Cigana Preta	116	60	36
Maria Pau	118	69	42
Paulo Rosa	120	58	44
Jaburu	187	69	28

### 3. CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO

A planta de mandioca sendo um arbusto perene pode crescer indefinidamente, alternando períodos de crescimento vegetativo, armazenamento de reservas nas raízes e, em alguns casos, até períodos de quase dormência, ocasionados por condições climáticas adversas, tais como, baixa temperatura e prolongada deficiência hídrica.

A mandioca pode se propagar por meio de estacas (ou maniva-semente) e semente sexual. Em todos os cultivos comerciais se usam estacas sendo que a propagação por sementes é importante para pro-

gramas de melhoramento.

Com relação ao desenvolvimento da planta a partir da estaca e de acordo com COURTS (1951) o ciclo da mandioca pode ser dividido em 5 fases fisiológicas. O aparecimento, duração e existência de cada fase está na dependência de inúmeros fatores de ordem ambiental, cultural ou genética.

A fase 1 corresponde ao período de brotação das estacas. Caracteriza-se pelo aparecimento de raízes na região dos nós e nas extremidades das estacas a partir do quinto dia após o plantio. Os primeiros talos surgem logo após, sendo seguidos por pequenas folhas que aparecem entre 10 e 12 dias após o plantio. A fase completa-se após 15 dias da data de plantio.

Na fase 2 as folhas verdadeiras são expandidas a partir de 30 dias do plantio, quando o processo fotossintético se inicia, contribuindo positivamente para o crescimento da planta. Até 30 dias o crescimento dos ramos e das raízes são às custas dos carboidratos de reserva contidos na maniva-semente. Nesta fase prossegue a formação de novas raízes absorventes, com maior capacidade de penetração no solo, chegando de 40 a 50 cm de profundidade. A duração média desta fase é de 70 a 80 dias.

A fase 3 corresponde ao desenvolvimento da parte aérea, ramificação e definição do porte da cultivar. Normalmente, as folhas de mandioca alcançam sua expansão máxima com, aproximadamente, duas semanas depois de iniciar seu crescimento e tem uma duração na planta (longevidade) de 60 a 120 dias. As folhas novas totalmente expandidas vão se tornando maiores até os 4 meses de idade da planta e menores a partir desta idade. Esta tendência é comum em todos os clones de mandioca estudados, mas existem grandes di-

ferenças varietais no tamanho máximo da folha (COCK et al., 1979). Segundo COURTS (1951) esta fase tem a duração de 90 dias.

A fase fisiológica número 4 corresponde ao engrossamento das raízes de reserva. Nesta fase intensifica-se a movimentação de carboidratos das folhas para as raízes, onde se acumulam sob a forma de grãos de amido. Estes se depositam na região cortical da raiz e, principalmente, no cilindro central ou parênquima de reserva. Dois a tres meses depois do plantio, as raízes de reserva começam a representar uma parcela considerável do peso total da planta (Figura 5). No entanto, desde os 28 dias após o plantio o parênquima do xilema das raízes fibrosas já contém inúmeros grãos de amidos e com 2 a 3 meses de idade já é possível diferenciar as raízes que irão constituir os futuros órgãos de reserva da planta (COCK et al., 1979). Conforme COURTS (1951) esta fase tem a duração média de cinco meses e coincide também com o processo de lignificação dos ramos da planta.

A fase 5 é chamada por COURTS (1951) de fase de repouso, na qual a taxa de emissão foliar começa a diminuir e a taxa de queda de folhas por senescência começa a aumentar, reduzindo a área foliar total. Esta fase é mais pronunciada em regiões que apresentam oscilações significativas de temperatura ou pronunciada deficiência hídrica, durante o ano. Com esta fase a planta completaria um ciclo de 9 a 12 meses, o qual seria seguido por um novo período de atividade vegetativa, acumulação de matéria seca nas raízes e um novo repouso.

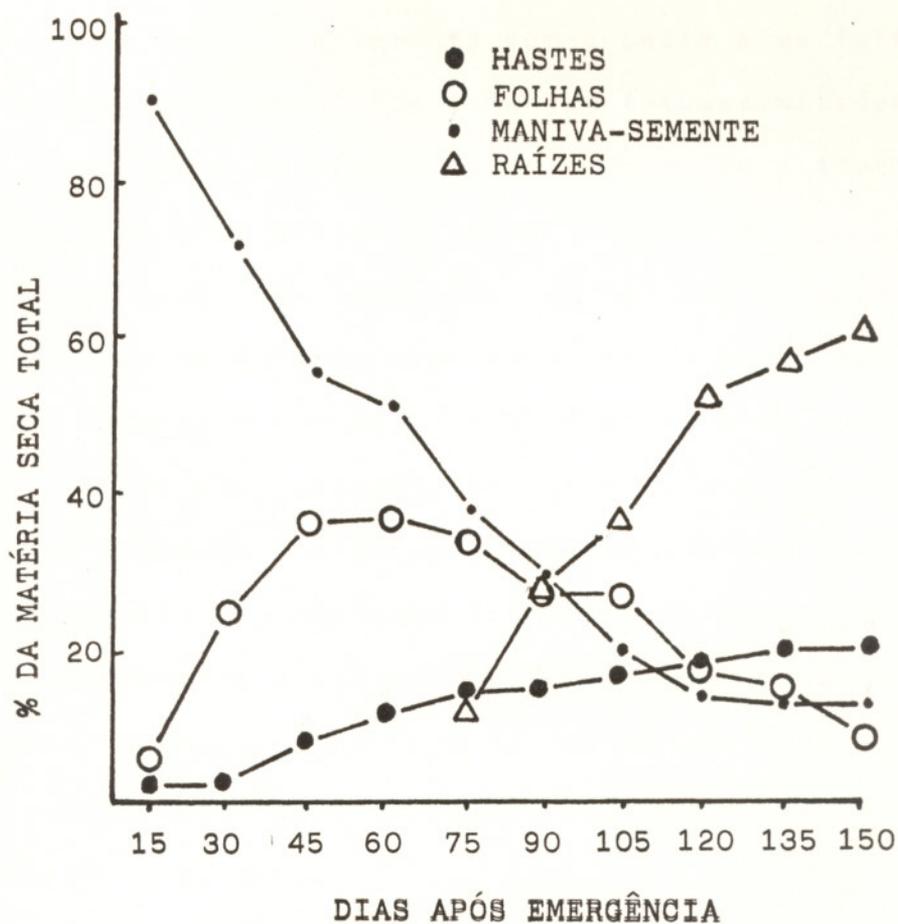


Figura 5 - Desenvolvimento inicial da cultivar Cigana em Cruz das Almas-BA. CNPMF/EMBRAPA.

### 3.1. Partição da Matéria Seca

Tendo em vista que a mandioca é uma espécie formadora de órgãos de reserva, é importante conhecer alguns aspectos do mecanismo de distribuição da matéria seca na planta, em função do tempo. A mandioca deve distribuir os carboidratos oriundos do processo fotossintético de maneira a garantir um bom desenvolvimento da

"fonte" captora de energia solar, além de dirigir parte dos produtos elaborados no processo fotossintético para as suas raízes de reserva, as quais, juntamente com o caule e as folhas em formação, constituem os "drenos" que demandam fotoassimilados.

A matéria seca produzida pela mandioca é translocada, principalmente, para as hastes e raízes tuberosas, e a proporção de matéria seca destinada às folhas diminui com o tempo. Para observar a acumulação de matéria seca (MS) nas folhas, nas hastes e nas raízes, RAMANUJAM & BIRADER (1987) utilizaram os valores médios de 14 cultivares para descrever a curva de crescimento, durante o período de 10 meses e observaram que durante os três primeiros meses do crescimento a acumulação de MS foi maior nas folhas quando comparado com hastes e raízes tuberosas. Após o terceiro mês, a MS foi sendo acumulada mais nas raízes do que para as demais partes da planta e que o peso de folhas caídas e senescentes tornou-se crescente (Figura 6).

Portanto, durante o ciclo de crescimento da mandioca a distribuição da matéria seca para as diversas partes da planta é constante, existindo uma alta correlação linear positiva entre o peso seco total da planta e os pesos secos da parte aérea e da raiz de reserva. BOERBOOM (1978) utilizando 112 plantas colhidas entre 17 e 41 semanas após o plantio, encontrou uma correlação linear entre o peso seco da planta inteira e o peso seco das raízes tuberosas, com um coeficiente de determinação de 0,96 (Figura 7). Para o peso seco da parte aérea também houve uma alta correlação linear com o peso seco total.

Apesar da distribuição da MS ser constante para as diversas partes da planta, a sua acumulação depende da disponibilidade de

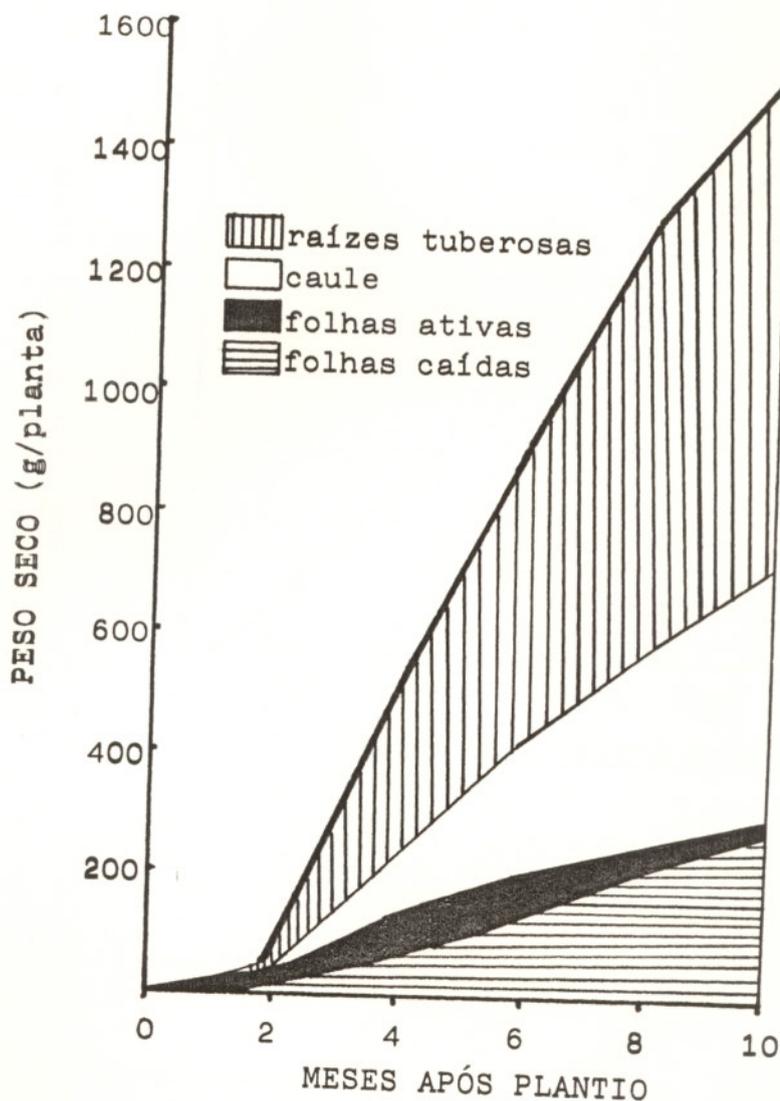


Figura 6 - Partição da matéria seca em mandioca em diferentes estágios de crescimento da planta (Ramanujam & Biederer, 1987).

fotoassimilados e da força ou capacidade de "dreno" dos órgãos da planta. O número de raízes de reserva e o seu peso médio são os componentes de rendimento na mandioca, os quais determinam essencialmente a capacidade de "dreno". A relação direta entre o peso seco total das raízes e a taxa fotossintética máxima (WILLIAMS,

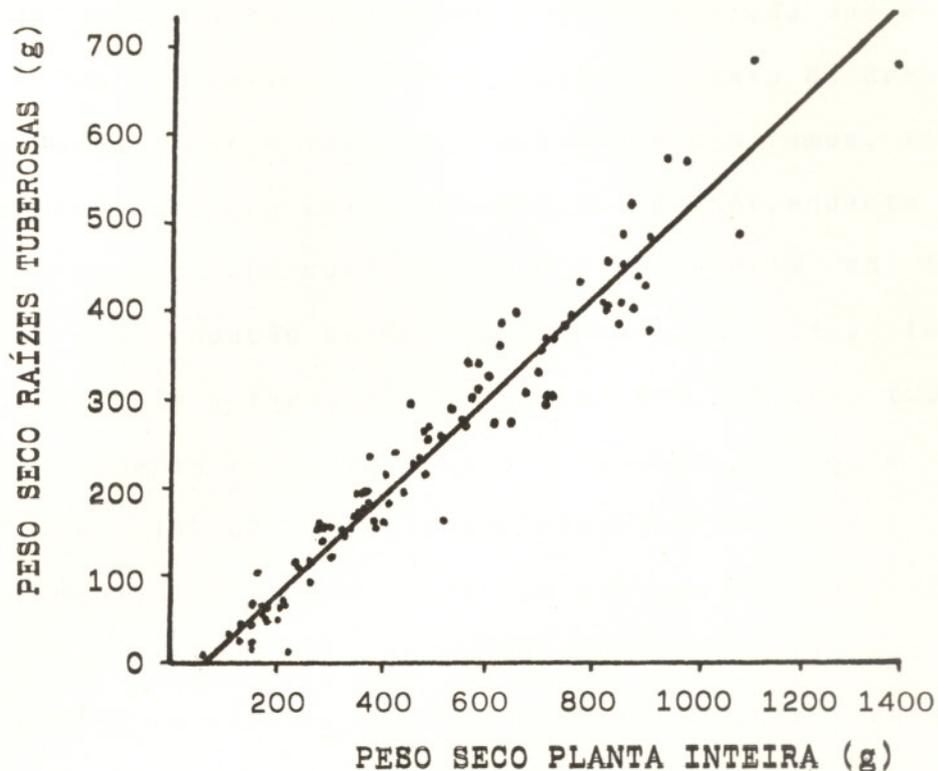


Figura 7 - Relação entre peso seco da planta inteira e o peso seco das raízes de reserva:  $y = 0,56x - 34$ ;  $r = 0,96$  (Boerboom, 1978).

1972) indica que a demanda de fotoassimilados pelas raízes aumenta a atividade fotossintética. Foi também observado que o enchimento das raízes é grandemente influenciado pelo índice de área foliar (IAF), sendo que com IAF acima de 3,5 a 4,0 pode ocorrer um decréscimo na taxa de acúmulo nas raízes (COCK et al., 1979).

O balanço ideal entre a atividade "fonte" e "dreno" é essencial para a planta alcançar sua produtividade máxima. A relação fonte-dreno em mandioca tem sido estudada através de alterações nos tamanhos da "fonte" e "dreno" mediante remoção de ápices, de raízes de reserva no início do enchimento, anelamento, enxertia, etc. COCK et al. (1979) verificaram que pequenas reduções no núme-

ro de raízes de reserva (25%) não afetou o peso seco total ou de raízes e o IAF. Entretanto, RAMANUJAM (1987) observou que uma redução de 50 e 75% nas raízes tuberosas afetou a taxa de crescimento de raízes sem alterar a taxa de crescimento dos ramos. Isto sugere que o crescimento dos ramos de mandioca é independente da taxa de crescimento dos tubérculos. Quanto a influência do tamanho da "fonte" sobre a produção de MS, foi demonstrado que a taxa de assimilação líquida e a taxa de crescimento das raízes tuberosas foi significativamente reduzida quando o tamanho da fonte aumentou, variando-se o IAF de 3,0 para 6,0 (RAMANUJAM, 1987).

Em experimentos utilizando  $CO_2$  com carbono marcado (isótopo 14) foi encontrado que no período de rápido crescimento das raízes de reserva, 60% do carbono marcado foi assimilado e translocado para as raízes após 7 dias da aplicação, enquanto que no período de menor enchimento das raízes (período seco) o carbono marcado foi recuperado, principalmente, na parte aérea da planta (HUME, 1975). Portanto, as raízes aparentemente estimulam a translocação de fotoassimilados para ela, indicando que em mandioca a atividade "dreno" das raízes afeta a fotossíntese.

### 3.2. Potencial de Rendimento

Depois que as raízes da mandioca começam a encher-se, a planta continua produzindo folhas, as quais convertem a energia solar em energia química, na forma de carboidratos. Para um desenvolvimento máximo da raiz deve haver um adequado balanço entre a produção de folhas e hastes de um lado e o crescimento das raízes de outro. Portanto, a planta deve ter área foliar suficiente para

produzir carboidratos, mas a produção de folhas e hastes não deve ser tão grande a ponto de não deixar carboidratos disponíveis para encher as raízes (COCK, 1989).

Através do estudo das bases fisiológicas da produção de mandioca, COCK et al. (1979) descreveram as características de um tipo ideal de planta para um rendimento máximo. Esta planta deveria possuir as características contidas na Tabela 5.

Tabela 5 - Características de uma variedade ideal de mandioca sob boas condições de cultivo e numa densidade de 10.000 plantas/ha (Cock et al. 1979).

Característica	Descrição
Ramificação	Tardia, aos 6 a 9 meses depois do plantio. Sem ramas laterais.
Tamanho da folha	Cerca de 500 cm aos 4 meses após o plantio.
Duração da folha	Aproximadamente 100 dias.
Índice de colheita	Maior que 0,5.
Índice de área foliar	Entre 2,5 e 3,5 para maior parte do ciclo de cultivo.
Quantidade de raízes	Nove ou mais raízes por planta.
Número de hastes	Duas hastes por planta.

Um modelo de computador que descreve o crescimento deste tipo ideal de planta, sob boas condições hídricas e nutricionais e com níveis moderados de radiação solar, sugere que o potencial anual de produção de mandioca é de 90 t/ha de raízes frescas ou de 30 t/ha de raízes secas. No CIAT, Colômbia, se obteve um rendimento

de 28 t/ha de raízes secas por ano em pequenas parcelas com um híbrido que tinha características parecidas às do tipo ideal. Igualmente, muitos híbridos tem produzido mais de 20 t/ha de raízes secas por ano (COCK, 1989). Portanto, sob boas condições de crescimento, um potencial de produção de 30 t/ha de raízes secas por ano parece razoável.

## LITERATURA CITADA

- BOERBOOM, B.W.J. A model of dry matter distribution in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Neth. J. Agric. Sci.*, 26:267-77, 1978.
- BOLHUIS, G.G. Influence of length of the illumination period on root formation in cassava (*Manihot utilissima* Pohl). *Neth. J. Agric. Sci.*, 14:251-54, 1966.
- COCK, J.H. La yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, 1989. 240p.
- COCK, J.H.; FRANKLIN, D.; SANDOVAL, G. & JURI, P. The ideal cassava plant for maximum yield. *Crop Sci.*, 19:271-79, 1979.
- COCK, J.H. & ROSAS, S. Ecophysiology of cassava. In: *Symp. on Ecophysiology of Tropical Crops*. Communications Division of CEP-PLAC, km 22, Rodovia Ilhéus-Itabuna, Bahia, Brazil, 1975. p.1-14.
- CONNOR, D.J.; COCK, J.H. & PARRA, G.E. Response of cassava to water shortage. I. Growth and yield. *Field Crops Res.*, 4:181-200, 1981.
- CONNOR, D.J. & PALTA, J. Response of cassava to water shortage. III. Stomatal control of plant water status. *Field Crops Res.*, 4:297-311, 1981.
- COURS, G. Le manioc a Madagascar. *Memoires de L'Institut Scientifique de Madagascar* 3B, 1951. p.203-400.
- CUNHA, M.M.P. da & CONCEIÇÃO, A.J. da. Introdução ao florescimento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) - nota prévia. In: UFBA/BRASCAN NORDESTE. Projeto Mandioca, Série Pesquisa. Cruz das Almas, 2(1):11-14, 1975.
- EL-SHARKAWY, M.A. & COCK, J.H. Water use efficiency of cassava. I. Effects of air humidity and water stress on stomatal conductance and gas exchange. *Crop Sci.*, 24:497-502, 1984.
- EL-SHARKAWY, M.A.; COCK, J.H. & HELD, A.A. Photosynthetic responses of cassava cultivars (*Manihot esculenta* Crantz) from different habitats to temperature. *Photosynthesis Res.* 5:243-50, 1984.
- HUME, D.J. Translocation of <sup>14</sup>C-labelled photosynthetic assimilates in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Ghana J. Agric. Sci.*, 8:69-75, 1975.
- IRIKURA, Y.; COCK, J.H. & KAWANO, K. The physiological basis of genotype temperature interactions in cassava. *Field Crops Res.*, 2:227-39, 1979.

- MAHON, J.D.; LOWE, S.B. & HUNT, L.A. Photosynthesis and assimilate distribution in relation to yield of cassava grown in controlled environments. *Can. J. Bot.*, 54:1322-31, 1976.
- MOTA, F.S. da. *Meteorologia agrícola*. Nobel, São Paulo, 1974. 376p.
- OLIVEIRA, S.L. de; MACEDO, M.M.C. & PORTO, M.C.M. Efeito do déficit de água na produção de raízes de mandioca. *Pesq. Agropec. Bras.*, 17(1):121-24, 1982.
- PORTO, M.C.M. Physiological mechanisms of drought tolerance in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). PhD. Dissertation. University of Arizona, Tucson, U.S.A., 1983. 115p.
- RAMANUJAM, T. Source sink relationship in cassava (*Manihot esculenta*). *Indian J. Plant Physiol.*, 30:297-99, 1987.
- RAMANUJAM, T. & BIRADER, R.S. Growth analysis in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Indian J. Plant Physiol.*, 30:144-53, 1987.
- RAMANUJAM, T. & NAIR, G.M. Certain physiological changes associated with sprouting of cassava stakes. *J. Root Crop*, 12:17-82, 1986.
- RAMANUJAM, T.; NAIR, G.M. & INDIRA, P. Growth and development of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) genotypes under shade in a coconut garden. *Turrialba*, 34:267-74 1984.
- VELTKAMP, H.J. Physiological causes of yield variation in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Agric. Univ. Wageningen Papers* 85-6, 1985. 103p.
- WILLIAMS, G.N. Growth and productivity of taploca (*Manihot utilisima*). III. Crop ratio, spacing and yield. *Expl. Agric.*, 8:15-23, 1972.