

ACÚMULO E DISTRIBUIÇÃO DE MATÉRIA SECA EM MANDIOCA SUBMETIDA A DEFICIÊNCIA HÍDRICA¹

MARCIO CARVALHO MARQUES PORTO², JAMES H. COCK³, GIOVANNA G. DE CADENA,
GERMÁN E. PARRA e ANA DEL PILAR HERNÁNDEZ⁴

RESUMO - Foi avaliado o crescimento da cultivar de mandioca M Col 1684, sob estresse hídrico, por um período de 100 dias, imposto a partir de três e seis meses após o plantio. O experimento foi instalado, em condições de campo, em Santander de Quilichao, Colômbia, em um lisímetro com dimensões de 30 m x 15 m x 2,3 m. A acumulação total de matéria seca, avaliada através de amostragens periódicas de plantas, foi reduzida, em condições de deficiência de água, principalmente em plantas que sofreram essa deficiência após três meses de ciclo. O mesmo comportamento foi observado em relação ao peso de raízes. Reduções no peso seco da parte aérea e da área foliar foram também observadas como resultantes da deficiência hídrica, sendo causadas, nas plantas mais jovens, por menores taxas de expansão das folhas e, nas plantas mais velhas, por aumento significativo do número de folhas caídas.

Termos para indexação: *Manihot esculenta*, análise de crescimento.

ACCUMULATION AND DISTRIBUTION OF DRY MATTER IN CASSAVA INFLUENCED BY WATER STRESS

ABSTRACT - Growth of cassava, cultivar M Col 1684, was evaluated under water stress conditions established over a 100-day period of water exclusion, starting after three and six months from planting. The experiment was carried out in Santander de Quilichao, Colombia, on a lysimeter with 30 m x 15 m x 2,3 m. Accumulation of total dry matter by the plants, measured at regular time intervals, was reduced by water stress, especially in the three month old plants. The same effects were evident on root dry weight. Water stress caused reductions in shoot dry weights and leaf areas of both groups of plants. In those stressed after three months of growth those reductions were due to lower rates of leaf formation and expansion, contrarily to plants stressed after six months, which reduced shoot weight and leaf area by an increase in leaf fall.

Index terms: *Manihot esculenta*, growth analysis.

INTRODUÇÃO

A mandioca é capaz de tolerar condições adafoclimáticas relativamente adversas a outras culturas. Os dados existentes na literatura mostram que, além da sua capacidade de produzir quantidades apreciáveis de matéria seca, quando cultivada em solos de baixa fertilidade (Gomez & Howeler 1980), pode também produzir em condições de deficiência de água no solo (Cock 1985, Connor et al. 1981, Oliveira et al. 1982).

Trabalhos recentes publicados por Connor & Cock (1981), Connor & Palta (1981), Connor et al. (1981), El-Sharkawy & Cock (1984), El-Sharkawy

et al. (1984) e Cock et al. (1985) mostram que a tolerância à seca, em mandioca, é principalmente resultante da elevada sensibilidade do seu aparelho estomático. Esta sensibilidade permite que, em condições de baixa umidade no solo, a planta reduza a abertura dos poros estomáticos, economizando água através do controle da transpiração. Ao mesmo tempo, a planta tende a utilizar mais eficientemente os metabólitos produzidos no processo fotossintético, através de uma redução nas taxas de crescimento (Connor & Cock 1981, Connor et al. 1981, Cock et al. 1985, Lal 1981).

Resultados obtidos por El-Sharkawy & Cock (1984), El-Sharkawy et al. (1984) e Cock et al. (1985) confirmam a capacidade da mandioca em melhor utilizar os recursos disponíveis, sob estresse hídrico. Mostram, também, a extrema capacidade do aparelho estomático em responder a mudanças nos teores de umidade atmosférica ou, mais especificamente, ao déficit de pressão de vapor (DPV) existente entre a folha e o ambiente, segundo o mecanismo conhecido como "feed-forward", proposto por Cowan & Farquhar (1977).

¹ Aceito para publicação em 1º de dezembro de 1988.

² Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (CNPMP), Caixa Postal 007, CEP 44380, Cruz das Almas, BA.

³ Eng. - Agr., Ph.D., Fisiologista e líder do Programa de Mandioca, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 67-13, Cali, Colombia.

⁴ Respectivamente, Química, Eng. - Agr. e Bióloga, Programa de Fisiologia da Mandioca, CIAT, Cali, Colombia.

Como demonstrado por Oliveira et al. (1982), o período crítico da mandioca em relação à deficiência de água no solo estende-se até o quinto mês após o plantio.

Este trabalho visa identificar mecanismos de resistência à seca, em diferentes estádios do ciclo de crescimento da planta de mandioca, através da determinação de alterações no crescimento, produção e distribuição de matéria seca, quando submetida a dois períodos secos distintos durante o seu desenvolvimento vegetativo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 14 de junho a 29 de março de 1983, na Estação Experimental de Santander de Quilichao, do Centro Internacional de Agricultura Tropical, localizada no Departamento de Cauca, Colômbia. As coordenadas geográficas do local e as principais médias climáticas encontram-se na Tabela 1.

O plantio foi feito em um lisímetro de drenagem, com as dimensões de 15 m x 30 m x 2,3 m (respectivamente, comprimento, largura e profundidade), revestido com uma camada de asfalto, colocando-se, acima desta, tubos de drenagem horizontais a espaços de 3,0 m. Os tubos foram cobertos com camadas de areia e brita de 0,10 m cada e, sobre estas, as respectivas camadas de solo retiradas quando da escavação. Toda a área do lisímetro foi protegida contra a infiltração lateral de água, por paredes de tijolos de 1,3 m de altura. Também foi construída uma parede com a mesma altura, revestida de

plástico e separando o lisímetro em duas metades iguais, correspondentes aos tratamentos (com e sem estresse hídrico). Uma faixa de solo de 12,0 m, ao redor do lisímetro e fora deste, foi também plantada, de modo a servir de bordadura. Todo o experimento foi circundado por uma trincheira de 2,5 m de profundidade, de modo a evitar o movimento de água no solo para a área experimental.

Cada lado do lisímetro, incluindo as bordaduras, foi dividido em duas parcelas de igual tamanho. Em uma das parcelas, o plantio foi realizado em 14.6.82; e na outra, em 14.9.82. Utilizou-se a cultivar M Col 1684, plantada no espaçamento de 1,0 m x 0,8 m, em camalhões com aproximadamente 0,2 m de altura. As manivas, com 0,2 m de comprimento, obtidas de plantas maduras, foram plantadas na posição vertical. Toda a área experimental foi adubada, a lançar e antes do plantio, com uma mistura equivalente a 100, 200 e 100 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O, sob as formas de uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente.

No período compreendido entre 14 de junho e 14 de dezembro de 1982, o solo foi mantido em boas condições de umidade, aplicando-se, sempre que preciso, água pelo método de irrigação em sulcos. Em seguida, a área experimental foi coberta com plástico negro, vedando-se os orifícios existentes nos locais das hastes das plantas. As lâminas de plástico foram seladas umas às outras, utilizando-se um ferro elétrico portátil, excluindo qualquer possibilidade de penetração de chuva na área experimental.

Metade das plantas com três e seis meses de idade deixaram de receber água por um período de 100 dias, a contar da data de instalação da cobertura plástica; as demais plantas receberam água de irrigação no período, aplicada sob a cobertura, por infiltração, de maneira que o potencial de água no solo (ψ_s) se mantivesse acima de -2 bares (Fig. 1). Os valores de ψ_s foram obtidos por meio de psicrômetros de solo marca

TABELA 1. Dados climáticos de Santander de Quilichao, no período de 1972-1981 e no período experimental. Latitude: 3° 06' N; Longitude: 76° 31' W; Altitude: 990 m a.n.m.

Meses	Temperatura média (°C)		Precipitação pluvial (mm) ¹		Umidade relativa (%)		Evaporação (mm)	
	1972/81	1982/83	1976/81	1982/83	1972/81	1982/83	1972/81	1982/83
Janeiro	23,6	25,0*	114,0	59,7*	74	70*	142,1	149,8*
Fevereiro	24,0	25,4*	149,9	28,4*	74	67*	134,4	150,0*
Março	23,9	—	155,0	176,0*	76	—	140,1	—
Abril	24,0	—	190,0	—	76	—	128,8	—
Maio	23,7	—	179,9	—	76	—	117,8	—
Junho	23,8	24,8	99,0	82,0	75	70	113,5	129,1
Julho	24,1	24,3	59,3	56,7	71	66	146,6	139,6
Agosto	24,2	25,4	73,3	0,0	68	58	155,4	183,9
Setembro	23,9	24,5	140,1	149,6	70	65	143,3	147,9
Outubro	23,2	23,3	227,7	250,7	74	74	128,1	125,8
Novembro	23,2	23,5	230,9	296,5	76	75	122,2	129,6
Dezembro	23,6	24,0	154,8	202,8	75	74	123,3	126,6
Total/média	23,8	24,5	1.773,9	1.302,4	74,0	68,8	1.595,4	1.282,3

¹ Somente existem dados de precipitação a partir de 1976.

* Dados de 1983.

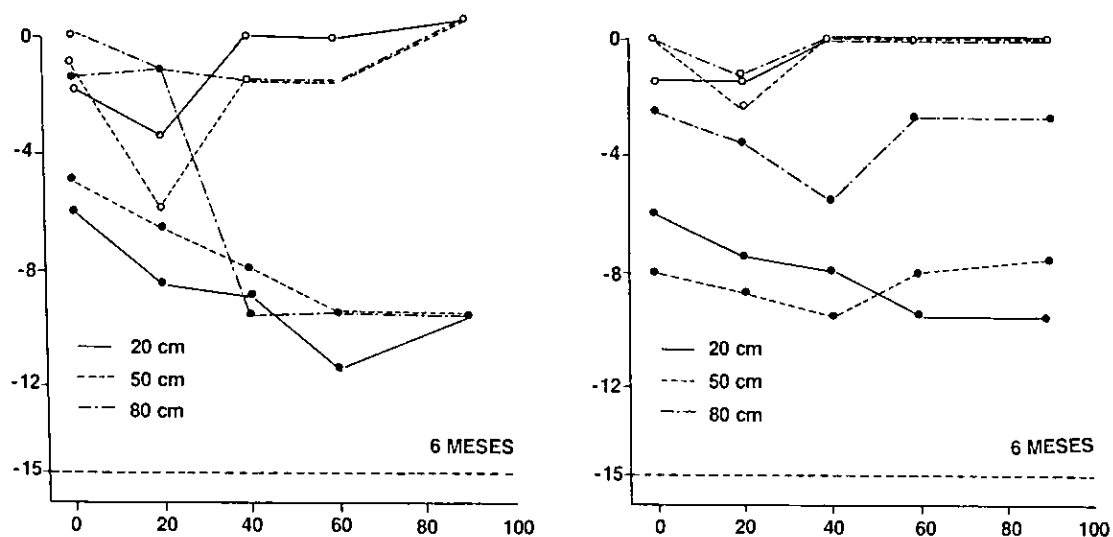


FIG. 1. Variação do potencial de água no solo, em três profundidades, durante o período de limitação de água iniciado aos 3 e 6 meses após o plantio, (●) comparado com parcelas irrigadas (○).

Wescor Inc., colocados a 0,2 cm, 0,5 m e 0,8 m de profundidade, em ambos os lados do lisímetro e conectados a um microvoltímetro marca Wescor, modelo HR-33T. Foram utilizados três conjuntos de psicrômetros em cada subparcela, totalizando doze grupos de psicrômetros situados nas três profundidades citadas.

Durante o período de estresse foram realizadas cinco colheitas, sendo as três primeiras a intervalos de 20 dias, e as duas últimas, a cada 30 dias. Na primeira e última colheitas foram consideradas oito plantas úteis por subparcela (utilizando-se um medidor marca Hayashi Denkor), enquanto nas demais foram colhidas quatro plantas.

Em cada amostragem foram determinados os seguintes dados: número de folhas presentes, ausentes e totais, área foliar de 20 folhas por subparcela, (utilizando-se um medidor marca Hayashi Denkor), comprimento médio do lóbulo central de folhas formadas a intervalos de dez dias, pesos fresco e seco de folhas, hastes, raízes tuberosas e manivas-sementes. O peso seco foi obtido após secagem a 70°C em estufa com circulação de ar forçada, até peso constante. Os valores de IAF foram calculados com base nos dados de área foliar e peso seco das amostras de 20 folhas e do total de folhas de cada subparcela. As folhas caídas foram também coletadas a intervalos de 20 dias, para determinação do peso seco e sua incorporação ao peso total de folhas de cada colheita.

RESULTADOS

O período de deficiência de água, imposta a plantas com três e seis meses de idade, causou mudanças na acumulação e distribuição de matéria seca.

Considerando a produção total de matéria seca das plantas que sofreram limitação de água aos três meses, foram observadas diferenças em favor das plantas irrigadas, após 20 dias do início dos tratamentos. A partir daí e até os 100 dias, tais diferenças se acentuaram. Diferenças significativas em favor das plantas irrigadas após seis meses de idade foram notadas após 70 dias de tratamento, sendo maiores no final do período (Fig. 2).

Nas colheitas finais, realizadas após 190 e 280 dias após o plantio, as plantas irrigadas aos três e seis meses produziram, respectivamente, 16,9 e 21,9 toneladas de matéria seca por hectare, enquanto as não irrigadas, com as mesmas idades, produziram 10,9 e 15,5 t/ha, respectivamente. Portanto, as reduções na produção de fitomassa seca total, ocasionadas pelo estresse hídrico imposto aos três e seis meses de ciclo foram de 35,5 e 24,6%.

Quando se considera a produção de raízes, observa-se que os efeitos do estresse foram mais acentuados nas plantas mais jovens, a partir dos 40 dias de tratamento (Fig. 3). Após esta data, a acumulação de matéria seca nas raízes foi quase nula, alcançando taxas médias de 1,32 g m⁻²dia⁻¹, entre o 40º e o 100º dias de tratamento. Por outro lado, plantas da mesma idade, irrigadas, apresentaram taxas de crescimento de raízes equivalentes a 10 g m⁻²dia⁻¹, no

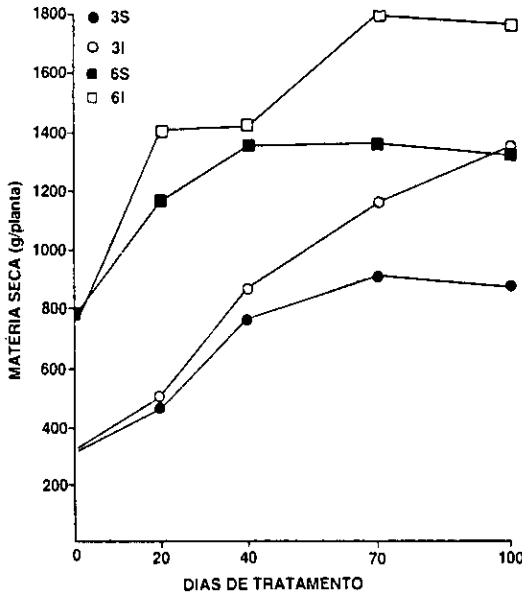


FIG. 2. Produção de matéria seca total de plantas de mandioca sob condições de limitação de água, imposta aos 3 e 6 meses após o plantio (S), comparada com testemunhas irrigadas (I).

mesmo período. As taxas de crescimento de raízes em plantas submetidas ou não ao estresse hídrico após seis meses de idade foram iguais a $0,91 \text{ g m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ e $5 \text{ g m}^{-2}\text{dia}^{-1}$, respectivamente.

A Fig. 3 mostra também as mudanças ocorridas nos pesos secos das outras partes da planta durante o período de limitação hídrica, em função da idade e

do nível de água no solo. Observa-se que a redução causada nas hastes e manivas pela deficiência hídrica ocorreu em plantas de seis meses de idade. Nas plantas mais jovens não foram notadas diferenças em função do fator água.

A matéria seca acumulada pelas folhas foi também influenciada pelo nível de água no solo, bem como pela idade das plantas. Após o início seco, as plantas com três meses de idade continuaram a aumentar o peso seco de folhas até os 70 dias de tratamento, havendo um decréscimo acentuado no peso desses órgãos na colheita final. Em plantas da mesma idade, que não sofreram limitação de água, o peso seco de folhas aumentou até os 20 dias, caindo a partir daí, até alcançar seu valor mínimo, no final dos 100 dias. Observou-se, no entanto, que aos 100 dias os pesos secos de folhas das plantas que sofreram, ou não, estresse hídrico foram diferentes entre si, equivalendo a 61,4 e 109,0 g/planta, respectivamente. Ao se impor o estresse hídrico após seis meses de ciclo, observou-se que nos primeiros 40 dias a produção de folhas foi limitada, em comparação com as plantas irrigadas. A partir daí, enquanto estas tenderam a diminuir gradativamente o peso de folhas até o final do período experimental, as submetidas à deficiência hídrica continuaram apresentando ganhos de peso nessas estruturas até 70 dias de tratamento, caindo, a partir daí, até os 100 dias, quando não houve diferença significativa em relação à testemunha irrigada.

Os maiores efeitos da limitação de água na distri-

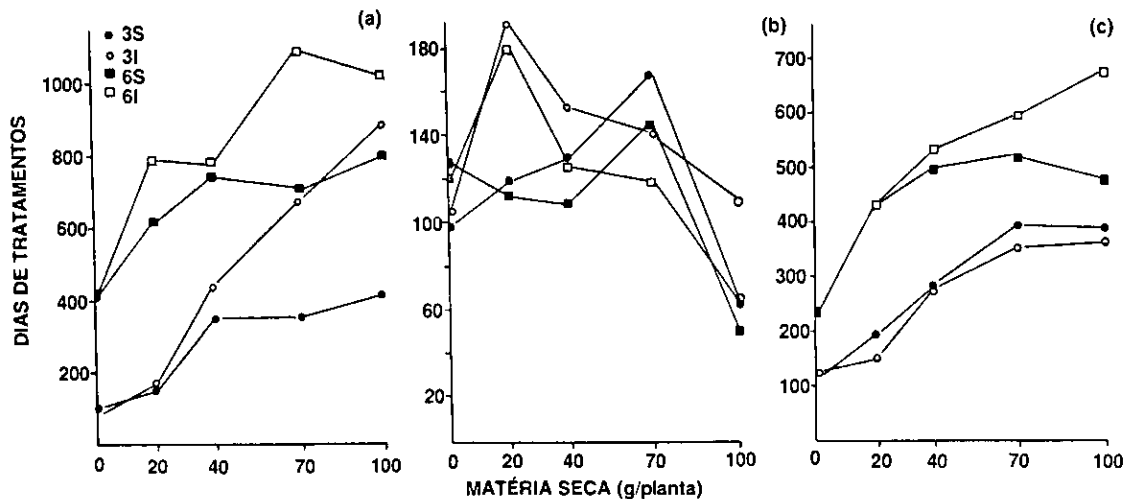


FIG. 3. Produção de matéria seca nas raízes (a), folhas (b) e hastes + manivas (c) de plantas de mandioca durante o período de limitação de água no solo iniciado aos 3 e 6 meses após o plantio (S), comparadas com testemunhas irrigadas (I).

buição da matéria seca entre os diferentes órgãos das plantas foram observados em plantas com três meses de idade. A Fig. 4 mostra que no início do período experimental essas plantas possuíam 31,5% de matéria seca nas raízes, aumentando esta participação para 47,6% no final dos 100 dias de tratamento. Por outro lado, plantas da mesma idade, irrigadas, apresentavam 26,8% da matéria seca nas raízes no início dos tratamentos, e 64,9% ao final de 100 dias. No caso das plantas com seis meses de ciclo, não foram observadas diferenças marcantes nesses percentuais, ao início e final dos tratamentos.

As mudanças nos modelos de distribuição de ma-

téria seca entre as raízes tuberosas e os demais órgãos das plantas podem ser representadas por retas do tipo proposto por Boerboon (1978), onde a produção cumulativa de biomassa das raízes é comparada com a biomassa total, através de regressão linear simples. A Fig. 5 mostra que um período de deficiência de água imposto aos três meses de idade é capaz de alterar a participação das raízes, quando comparada com plantas da mesma idade, irrigadas. Quando o período seco foi imposto aos seis meses, a distribuição de matéria seca não foi alterada em relação à testemunha da mesma idade.

A taxa de crescimento das plantas, em altura, foi

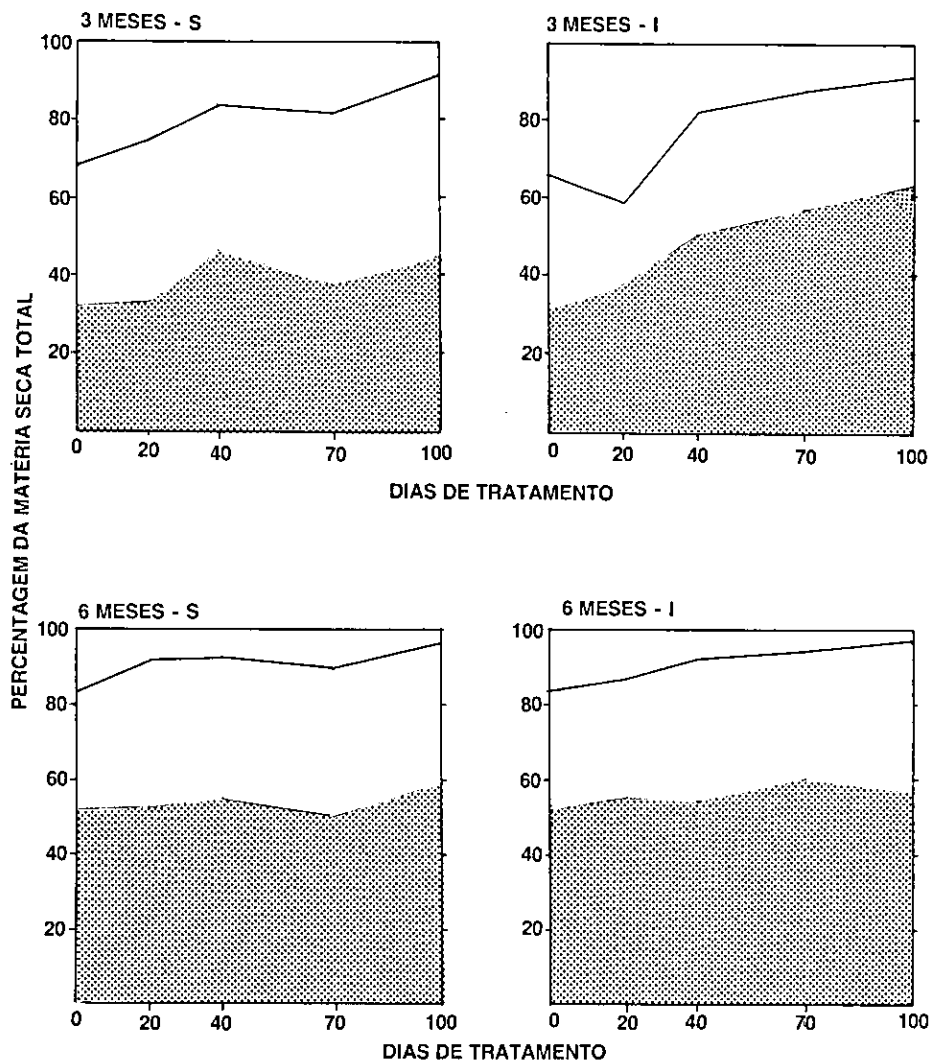


FIG. 4. Distribuição percentual de matéria seca durante o período de limitação de água no solo iniciado aos 3 e 6 meses após o plantio (S), comparada com testemunhas irrigadas (I).

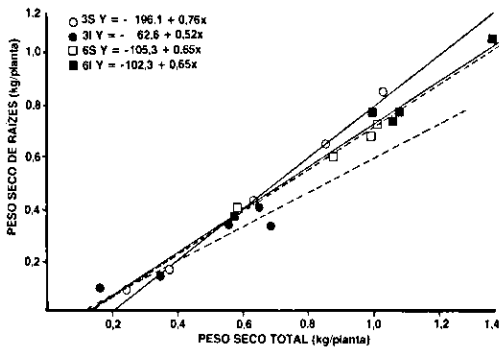


FIG. 5. Relação entre a matéria seca acumulada pelas raízes e planta inteira, sob limitação de água imposta aos 3 e 6 meses após o plantio (S), comparada com

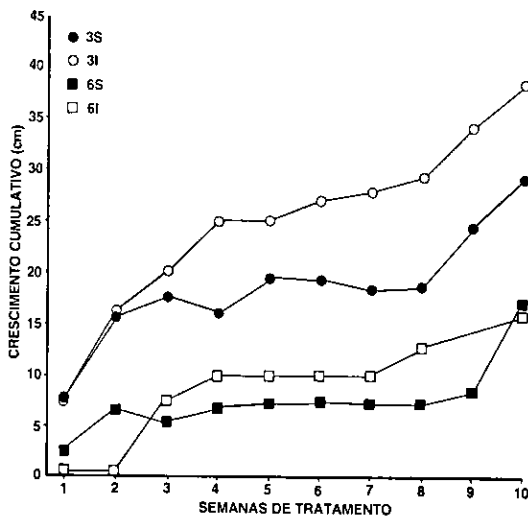


FIG. 6. Crescimento cumulativo de plantas de mandioca, durante o período de limitação de água no solo iniciado aos 3 e 6 meses após o plantio (S), comparada com testemunhas irrigadas (I).

reduzida de forma marcante pela limitação de água imposta aos três meses (Fig. 6), não sendo afetada pelo estresse hídrico iniciado aos seis meses de ciclo.

A expansão foliar, medida através do incremento do tamanho do lóbulo central a intervalos de dez dias a partir da formação das folhas, foi também afetada pela falta de água, como mostra a Fig. 7. Após 30-40 dias de tratamento, o crescimento foliar em plantas não irrigadas foi menor que o observado em plantas da testemunha irrigada, principalmente no caso das plantas mais jovens.

Quando o fornecimento de água foi interrompido aos três meses por mais de 40 dias, observou-se uma redução na taxa de formação de folhas (Fig. 8). O efeito nas plantas mais velhas foi praticamente nulo, observando-se, por outro lado, um aumento de queda de folhas em plantas não irrigadas (Fig. 9).

DISCUSSÃO

Se o crescimento da planta de mandioca for analisado considerando-se os órgãos aéreos e subterrâneos como dois diferentes drenos, observa-se, pelo exame das Fig. 4 e 5, que os efeitos da deficiência hídrica foram mais severos na acumulação de matéria seca nas raízes, no caso das plantas mais jovens. Quando o período seco ocorreu a partir dos seis meses de idade, não foram observadas mudanças na distribuição da matéria seca na planta (Fig. 5). Esta maior sensibilidade de plantas mais jovens em relação a condições limitantes de água no solo foi reportada por Oliveira et al. (1982), os quais definiram o período crítico da cultura em relação à falta de água como indo do plantio até os cinco meses de ciclo.

Os resultados obtidos neste trabalho sugerem que a cultivar M Col 1684, quando submetida a condições de deficiência de água no solo, alterou o seu crescimento de forma a proporcionar maior economia de energia na formação de novas estruturas, como já comentado por Connor et al. (1981) com relação a duas outras cultivares de mandioca. As principais alterações verificadas no processo de crescimento estiveram estreitamente relacionadas com a idade das plantas.

As mudanças observadas na taxa de formação de folhas e no número de folhas caídas (Fig. 8 e 9) indicam que a ocorrência de um período seco é capaz de provocar reduções no IAF da cultivar, como mostra a Tabela 2. Isto é particularmente evidente em plantas que sofreram o estresse a partir dos três meses, embora nas plantas com idade mais avançada tenha havido também uma redução do IAF, neste caso devida a uma maior queda de folhas, como já reportado por Tan & Cock (1979).

A redução do tamanho da folha é um importante indicador da adaptação da planta de mandioca à deficiência de água no solo (Connor & Cock 1981). No presente trabalho, plantas submetidas a estresse hídrico imposto aos três e seis meses de ciclo, reduziram progressivamente suas taxas de expansão foliar, em função do agravamento das condições de seca (Fig. 7). A mesma tendência, contudo, não foi obser-

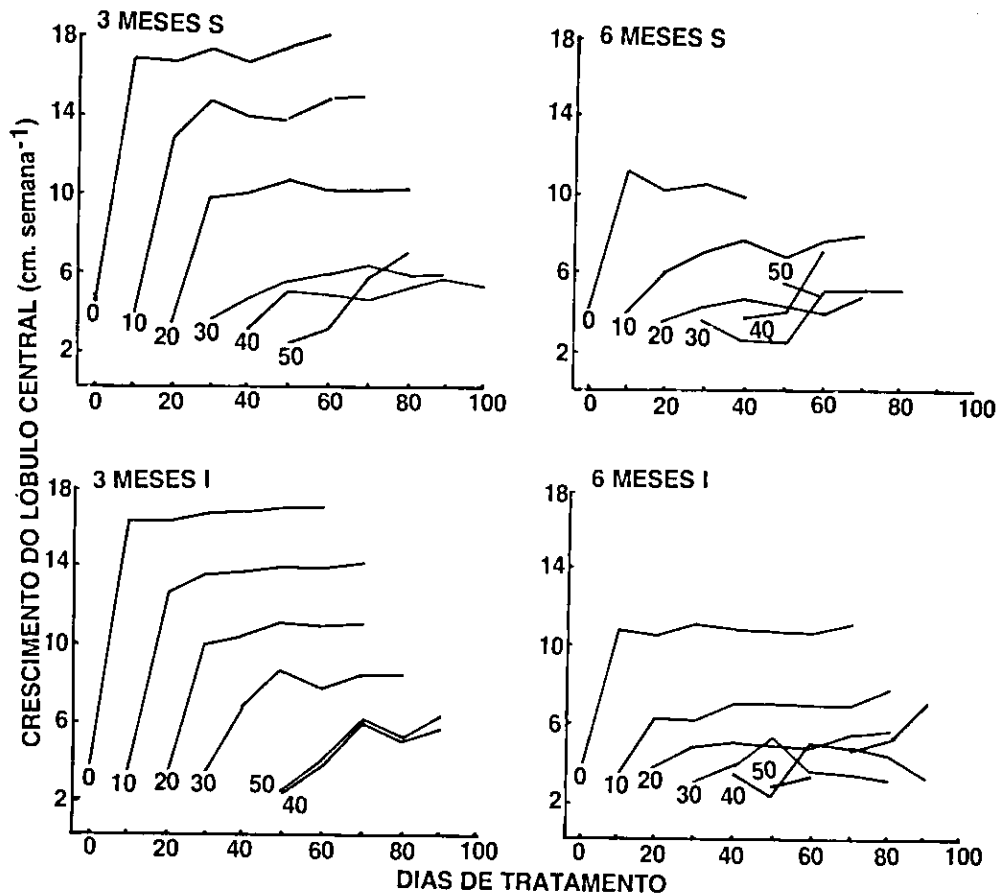


FIG. 7. Expansão das folhas de mandioca formadas durante o período de estudo de limitação de água no solo. Os números dentro das figuras representam os dias em que cada folha foi formada, tendo como base o início dos tratamentos. S e I significam, respectivamente tratamento de "stress" e irrigado.

vada quanto a comprimento final do lóbulo central, o qual se manteve independente do tratamento de água no solo, ao final do período experimental. Reduções no tamanho final do lóbulo foliar foram apenas observadas com o avanço da idade das plantas, conforme verificado também por Tan & Cock (1979).

O comportamento da cultivar, com relação à expansão foliar, sugere a existência de um mecanismo compensatório. Para que o tamanho final das folhas formadas sob limitação de água não diferisse do observado em plantas irrigadas, mesmo crescendo a taxas menores, é necessário que o período de crescimento das folhas se estenda até duas semanas após sua formação (Cock et al. 1979, Connor & Cock 1981). A situação de baixa umidade no solo pode estender o período de expansão, como indicado na Fig. 7.

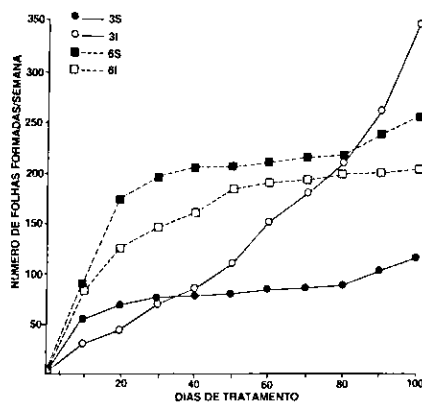


FIG. 8. Número de folhas formadas durante o período de limitação de água no solo iniciado aos 3 e 6 meses após o plantio (S), comparado com testemunhas irrigadas (I).

TABELA 2. Variação no índice de área foliar (IAF) durante o período de limitação de água no solo imposto aos três e seis meses após o plantio (S), comparada com testemunhas irrigadas (I).

Dias de tratamento	Idade das plantas no início dos tratamentos			
	3 meses		6 meses	
0	1,6	2,1	3,2	3,9
20	1,9	2,4	4,8	3,5
40	1,9	2,6	2,0	1,8
70	1,9	1,2	1,6	0,6
100	2,2	1,0	0,9	0,8

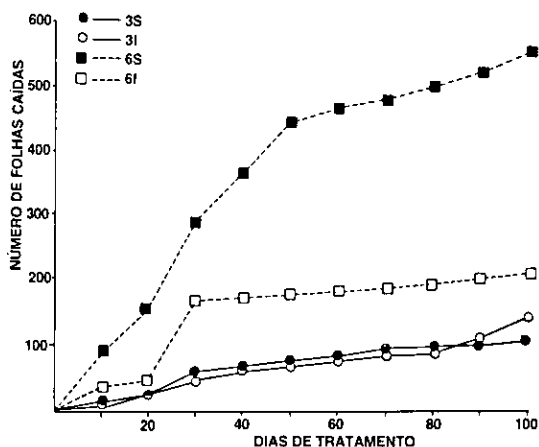


FIG. 9. Número de folhas caídas durante o período de limitação de água no solo, iniciado aos 3 e 6 meses após o plantio (S), comparado com testemunhas irrigadas (I).

Considerando as diferentes alterações apresentadas por plantas de mandioca submetidas a deficiência hídrica por um período de 100 dias a partir de três ou seis meses de ciclo, pode-se admitir que os efeitos menos negativos observados na produção de raízes de plantas com seis meses de idade devam-se ao fato de já terem alcançado seu IAF ótimo, apresentando menor demanda da parte aérea por fotossintatos, em benefício das raízes de reserva. Plantas com três meses apresentaram reduções relativas maiores, por se encontrarem em fase de intenso crescimento vegetativo. Estes dados estão de acordo com os encontrados por Cock et al. (1979) e Tan & Cock

(1979). Em consequência das diferenças de fases de crescimento, por ocasião do início do período de limitação de água, as plantas mais jovens deram prioridade ao crescimento vegetativo, razão pela qual as taxas de acumulação de matéria seca nas raízes foram drasticamente reduzidas. No caso das plantas com idade mais avançada, a acumulação de matéria seca nesses órgãos foi menos prejudicada, por já terem ultrapassado o período de intenso crescimento vegetativo e já estarem direcionando a maior parte dos carboidratos para as raízes de reserva. Isto pode ser melhor visualizado através da Fig. 4, que mostra uma tendência de manutenção da participação da parte aérea na matéria seca total, a partir de 40 dias de tratamento, ao contrário do que foi observado em plantas com três meses de idade no início do período de limitação de água.

CONCLUSÕES

1. O período de deficiência hídrica imposto a plantas de mandioca, cultivar M Col 1684, afetou a produção de matéria seca total, quando aplicado no estágio de crescimento vegetativo, sendo maior em plantas com três meses de idade.
2. A distribuição de matéria seca foi também alterada pela deficiência hídrica provocada aos três meses, reduzindo a acumulação de carboidratos nas raízes de reserva.
3. De modo geral, as plantas tenderam a reduzir o IAF sob estresse. As reduções de área foliar, no entanto, foram causadas por estratégias diferentes, de acordo com a idade das plantas. As mais jovens reduziram, principalmente, a taxa de expansão e a formação de folhas, enquanto as plantas com seis meses de ciclo, além de reduzirem as taxas de expansão, aumentaram o número de folhas caídas em função da deficiência hídrica.

REFERÊNCIAS

- BOERBOON, B.W.J. A model of dry matter distribution in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Neth. J. Agric. Sci.*, 26:267-77, 1978.
- COCK, J.H. *Cassava: new potential for a neglected crop*. Boulder, Colorado, Westview Press Inc., 1985. 191p.
- 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.; PORTO, M.C.M.; EL-SHARKAWY, M.A. Water use efficiency of cassava. III. Influence of air humidity and water stress on gas exchange of field grown cassava. **Crop Sci.**, 25:265-72, 1985.
- CONNOR, D.J. & COCK, J.H. Response of cassava to water shortage. II. Canopy dynamics. **Fld Crops Res.**, 4:285-96, 1981.
- CONNOR, D.J.; COCK, J.H.; PARRA, G.E. Response of cassava to water shortage. I. Growth and yield. **Fld Crops Res.**, 4:181-200, 1981.
- CONNOR, D.J. & PALTA, J. Response of cassava to water shortage. III. Stomatal control of plant water status. **Fld Crops Res.**, 4:297-311, 1981.
- COWAN, I.R. & FARQUHAR, G.D. Stomatal function in relation to leaf metabolism and environment. **Symp. Soc. Exp. Biol.**, 31:471-504, 1977.
- EL-SHARKAWY, M.A. & COCK, J.H. Water use efficiency of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). I. The effects of air humidity and water stress on stomatal resistance and gas exchange. **Crop Sci.**, 24:497-502, 1984.
- EL-SHARKAWY, M.A.; COCK, J.H.; HELD, A. Water use efficiency of cassava. II. Differing sensitivity of stomata to air humidity in cassava and other warmclimate species. **Crop Sci.**, 24:503-7, 1984.
- GOMES, J.C. & HOWELER, R.H. Cassava production in low-fertile soils. In: WEBER, E.J.; TORO, M.J.C.; GRAHAM, M. **Cassava cultural practices**. s.l., EMBRAPA/CIAT/IDRC, 1980. p.92-103. Proceedings of a Workshop held in Salvador, Bahia, Brazil, 18-21 March, 1980.
- LAL, R. Effects of soil moisture and bulk density on growth and development of cassava cultivars. **IITA Annual Report 1980. Cassava Program**. Ibadan, Nigeria, 1981.
- 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.
- TAN, S.L. & COCK, J.H. Cassava plant forms and their associated morphophysiological characters. **MARDI Res. Bull.**, 7:55-69, 1979.