

CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE TRÊS CULTIVARES DE MANDIOCA¹

JOEL IRINEU FAHL², EDUARDO CARUSO MACHADO³, ANTONIO ROBERTO PEREIRA⁴,
HERMANO VAZ ARRUDA⁵ e JOSÉ OSMAR LORENZI⁶

RESUMO - A produção de raízes, o índice de colheita e o índice de área foliar de três cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz): Branca de Santa Catarina, IAC-12-829 e IAC-7-127-Iracema, não foram significativamente afetados pelas densidades de plantio utilizadas (10.000, 16.666 e 25.000 plantas/ha). O índice de colheita tendeu assintoticamente ao valor 0,67. As cultivares com maior peso de caules apresentaram menor peso de raízes. O índice de área foliar máximo foi igual a 4,0 para todas as cultivares. As cultivares IAC-12-829 e Branca de Santa Catarina apresentaram maior produção de raízes, sendo que a Branca de Santa Catarina teve maior peso total. A taxa máxima de crescimento da cultura foi de $11,5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ para a Branca de Santa Catarina; $10,2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ para a IAC-12-829; e $8,8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ para a IAC-7-127-Iracema. A taxa máxima de crescimento das raízes seguiu a mesma seqüência com 6,9, 6,3 e $6,2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, respectivamente. O acúmulo de matéria seca nas raízes se iniciou após as plantas pesarem aproximadamente $270 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$.

Termos para indexação: análise de crescimento, índices fisiológicos, função logística, índice de colheita, densidade de plantio, índice de área foliar.

PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THREE CASSAVA CULTIVARS

ABSTRACT - Root production, harvest index, and leaf area index of three cassava cultivars (*Manihot esculenta* Crantz) Branca de Santa Catarina, IAC-12-829, and IAC-7-127-Iracema were not significantly affected by the planting densities (10,000, 16,666 and 25,000 plants/ha). The harvest index approached asymptotically the value 0.67. Cultivars with the heaviest stem had the lightest root. Maximum leaf area index achieved was 4.0 for all varieties. Cultivars IAC-12-829 and Branca de Santa Catarina had the highest root yield, while Branca de Santa Catarina had the highest plant weight. Maximum crop growth rate were, respectively, $11,5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ for Branca de Santa Catarina; $10,2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ for IAC-12-829; and $8,8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ for IAC-7-127-Iracema. Maximum root growth rate followed the same sequence with 6.9, 6.3, and $6,2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$, respectively. Accumulation of dry matter in the roots began only after the plants had approximately $270 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$.

Index terms: growth analysis, physiological indexes, logistic function, harvest index, planting density, leaf area index.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta tropical, provavelmente originária do Brasil. Suas raízes são ricas em carboidratos. Dada sua pouca exigência em fertilidade do solo, é, frequen-

temente, plantada em solos exauridos e erodidos, ou, ainda, como última cultura em um sistema de rotação. Uma vez estabelecida, a cultura da mandioca tolera períodos de estiagem, visto que não apresenta períodos críticos em seu desenvolvimento e crescimento, fato que permite sua exploração em áreas marginais para outras culturas. A mandioca oferece ainda a vantagem de não apresentar um período específico de colheita, permitindo a escolha de um momento conveniente. Isto é decorrente do fato de suas raízes serem o produto econômico da cultura.

Apesar de sua importância alimentícia nos trópicos e de suas perspectivas econômicas como fonte alternativa renovável de matéria-prima para produção de álcool etílico, a cultura da mandioca tem sido pouco estudada do ponto de vista fisiológico. Dos fatores fisiológicos da produção, o índice de área foliar (IAF) e sua duração parecem ser aqueles

¹ Aceito para publicação em 30 de julho de 1981. Trabalho parcialmente financiado pelo Projeto Bioconversão-Convênio CODETEC/FINEP/CIA.

² Eng.^o Agr.^o, M.Sc., em Energia Nuclear na Agricultura, Bolsista do CNPq, Seção de Fisiologia, Instituto Agrônomo, Caixa Postal 28, CEP 13100 - Campinas, SP.

³ Eng.^o Agr.^o, M.Sc., em Biologia, Bolsista do CNPq, Seção de Fisiologia, Instituto Agrônomo.

⁴ Eng.^o Agr.^o, Ph.D., Seção de Climatologia Agrícola, Instituto Agrônomo.

⁵ Eng.^o Agr.^o, Dr., Seção de Técnica Experimental, Instituto Agrônomo.

⁶ Eng.^o Agr.^o, M.Sc., Bolsista do CNPq, Instituto Agrônomo.

que mais afetam o rendimento da cultura (Enyi 1973, Cock 1980). Em geral, o IAF aumenta rapidamente nos primeiros 4-6 meses após o plantio, diminuindo em seguida (Cours 1951, Enyi 1973, Williams 1972, Cock 1976). O máximo IAF parece estar entre 6,5 e 8,0 (Cours 1951, Enyi 1973, Cock 1976); são no entanto, valores de pico que se mantêm por pequeno intervalo de tempo. Irikura et al. (1979) observaram IAF médio de 5,6 por um período de oito meses com uma cultivar bastante ramificada e de folhas grandes. As folhas da mandioca toleram até 95% de sombreamento (Cock et al. 1979) e caem após dez dias com sombreamento total (Rosas et al. 1976). É evidente que o sombreamento é função da densidade de plantio e da arquitetura da planta.

O presente trabalho teve por objetivo estudar o comportamento de três cultivares de mandioca com arquiteturas diferentes quanto:

1. ao acúmulo de matéria seca pelos órgãos da planta e suas características fisiológicas durante um ciclo vegetativo; e,
2. ao modo pelo qual a densidade de plantio afeta tais características.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi executado no Centro Experimental de Campinas, SP, em solo classificado como Latossolo Roxo. Foram utilizadas as cultivares Branca de Santa Catarina, IAC-12-829 e IAC-7-127-Iracema. A Branca de Santa Catarina e IAC-7-127-Iracema são de porte alto e ramificação alta: a primeira tem folhas largas; a segunda, folhas estreitas; e a IAC-12-829 é de porte médio, ramificação baixa e de folhas largas. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com parcela subdividida. Cada bloco conteve as três cultivares em três densidades de plantio, isto é, 10.000, 16.666 e 25.000 plantas/ha, obtidas, respectivamente, nas geometrias 1 m x 1 m, 1 m x 0,6 m e 1 m x 0,4 m. As manivas apresentavam aproximadamente 0,25 m de comprimento. Não se efetuou adubação. O plantio se deu em 15/9/78, e a emergência, 15 dias após. A cada quatro semanas, três plantas adjacentes foram coletadas de cada subparcela. De duas plantas, determinou-se, separadamente, o peso fresco das raízes, caules, folhas e pecíolos. A terceira planta (subamostra) foi utilizada para determinação da relação peso seco/peso fresco de cada componente da planta e da relação área foliar/peso seco das folhas. A área foliar da subamostra foi medida com integrador eletrônico. Conhecendo-se tais relações para a subamostra, determinou-se o peso seco de cada componente e a área foliar da amostra.

O peso seco da subamostra foi obtido após secagem em estufa com circulação forçada de ar a 70°C.

Após o primeiro ciclo vegetativo, as plantas foram deixadas no campo por mais um ciclo. Ao final do segundo ciclo, foram colhidas as raízes de 20 plantas adjacentes em cada subparcela, obtendo-se os pesos fresco e seco.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade de plantio não afetou significativamente o acúmulo de matéria seca das variedades utilizadas. A ausência de resposta à densidade de plantio também foi observado por Fernando & Jaysundera (1942), enquanto que resultados de Cock et al. (1977) indicam que algumas cultivares apresentam tal tendência e outras mostram preferência por uma determinada densidade de plantio. Como a cultura da mandioca não apresenta uma época específica para colheita, Williams (1972) relata a existência de interação entre época de colheita e densidade de plantio. Sem falar de trabalhos anteriores, cumpre relatar as dificuldades inerentes à amostragem em experimentos com número reduzido de plantas. Nos experimentos de análise de crescimento, por dificuldades técnicas, apenas algumas plantas são amostradas, enquanto que nos ensaios de espaçamento se utiliza todo um talhão, eliminando-se, dessa maneira, possíveis heterogeneidades. Portanto, somente experimentos com a mesma finalidade devem ser comparados.

Admitindo-se que não houve efeito de amostragem, observa-se, pela Fig. 1, que as três cultivares utilizadas apresentaram, em média, padrões semelhantes de crescimento, tanto no acúmulo de matéria seca total como no acúmulo de matéria seca nas raízes. Resultados semelhantes foram obtidos por outros autores (Cours 1951, Enyi 1973, Lorenzi 1978), com outras cultivares. Em média, a cultivar Branca de Santa Catarina, com maior porte, apresentou maior acúmulo de matéria seca total que as demais cultivares. No entanto, a cultivar IAC-12-829 produziu a mesma quantidade de raízes que a cultivar Branca de Santa Catarina, evidenciando um maior índice de colheita, isto é, maior relação peso seco raiz/peso seco total. Nota-se, também, pela Fig. 1, que o acúmulo de matéria seca foi do tipo sigmóide, podendo ser convenientemente descrito por uma função logística, ou seja, $y = A / [1 + \text{Exp}(B + Cx)]$. Os parâ-

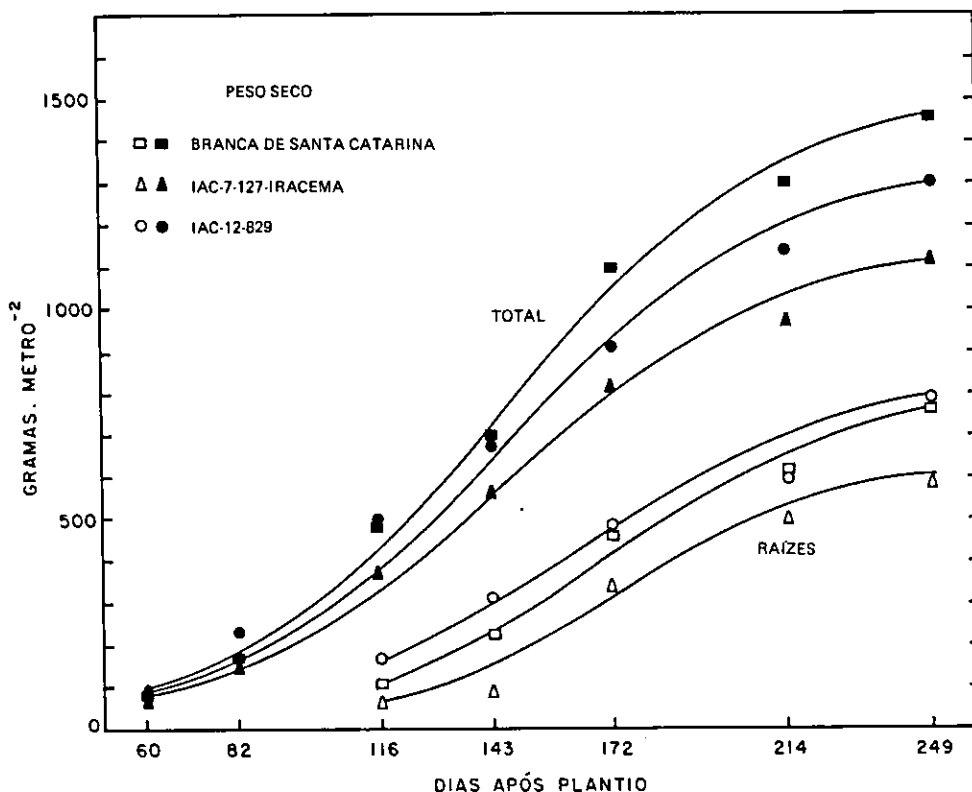


FIG. 1. Acúmulo médio de matéria seca em três cultivares de mandioca.

TABELA 1. Parâmetros da função logística $Y = A / [1 + \text{Exp}(B + CX)]$ apresentada na Fig. 1.

Cultivares	A	B	C
Branca de Santa Catarina			
Peso seco total*	1526	4,42432	-0,030239
Peso seco raiz*	820	5,7482	-0,033658
IAC-7-127-Iracema			
Peso seco total	1168	4,42432	-0,030239
Peso seco raiz	641	6,7174	-0,038815
IAC-12-829			
Peso seco total	1355	4,42432	-0,030239
Peso seco raiz	868	4,8177	-0,029232

*g . m⁻²

metros A, B e C (Tabela 1) foram obtidos através da regressão assintótica proposta por Stevens (1951). Através de tais funções, calcularam-se as taxas de crescimento da cultura (TCC) e das raízes (TCR), ou seja, dy/dx. Os valores máximos obtidos

para TCC foram 11,5, 10,2 e 8,8 g . m⁻² . dia⁻¹, respectivamente, para as cultivares Branca de Santa Catarina, IAC-12-829 e IAC-7-127-Iracema, por volta de 145 dias após o plantio. Tais valores são compatíveis com aqueles relatados por Hunt et al. (1977). A taxa de crescimento das raízes apresentou também a mesma seqüência para os valores máximos, isto é, Branca de Santa Catarina (6,9 g . m⁻² . dia⁻¹), IAC-12-829 (6,3 g . m⁻² . dia⁻¹) e IAC-7-127-Iracema (6,2 g . m⁻² . dia⁻¹), por volta de 165-175 dias após o plantio.

A relação entre a taxa de crescimento da cultura e o índice de área foliar tem sido relatada como parabólica (Enyi 1973), assintótica (Cock 1980), e sem uma tendência definida (Hunt et al. 1977). No presente caso, a Fig. 2 mostra a existência de uma certa linearidade entre a TCC e o IAF. Infelizmente, neste caso, o IAF não ultrapassou o valor 4,0, fato que ocorreu nos estudos citados acima. Note-se, também, que os valores de TCC são "instantâneos", isto é, determinados através das funções

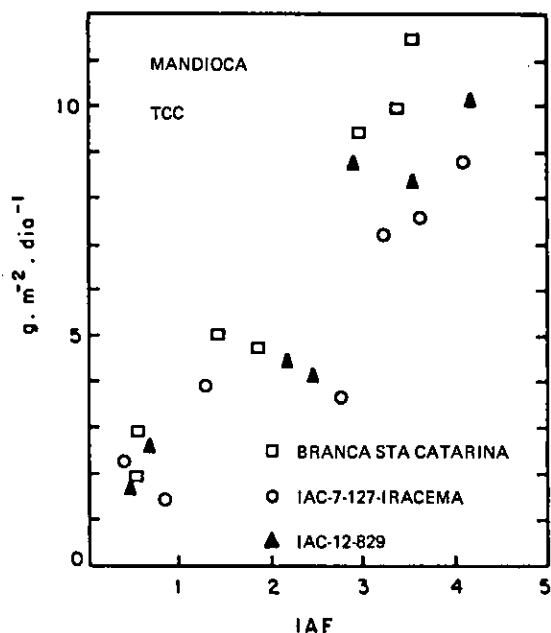


FIG. 2. Relação entre a taxa de crescimento da cultura (TCC) e o índice de área foliar (IAF) para três cultivares de mandioca.

ajustadas aos dados de acúmulo de matéria seca, enquanto que os demais autores utilizaram valores "médios" determinados entre duas coletas sucessivas. Em face da natureza do problema, as coletas sucessivas devem ser realizadas em intervalo de tempo relativamente pequeno, e necessitam de um grande número de plantas coletadas (Stuff et al. 1979) inviabilizando sua realização em condições de campo, principalmente para a cultura da mandioca. O uso de funções ajustadas parece ser, atualmente, o método mais recomendado no sentido de eliminar incertezas de amostras com número reduzido (viável) de plantas (Hunt 1979).

A Fig. 3 mostra que o IAF atingiu um máximo, de pouca duração, ao redor de 140 dias após o plantio. Praticamente não houve diferenças de IAF entre as cultivares nas três densidades de plantio. Evidentemente, a duração da área foliar foi idêntica para as três variedades. O IAF máximo esteve ao redor de 4,0, e foi muito superior aos relatados por Cours (1951) e Enyi (1973). Para Cock (1980), no entanto, o IAF igual a 4,0 parece ser o ideal para a maioria das cultivares de mandioca. Nota-se, também, que após 250 dias o IAF foi praticamente nulo e impossibilitou um aumento de peso seco, visto não haver folhas fotossintetizando.

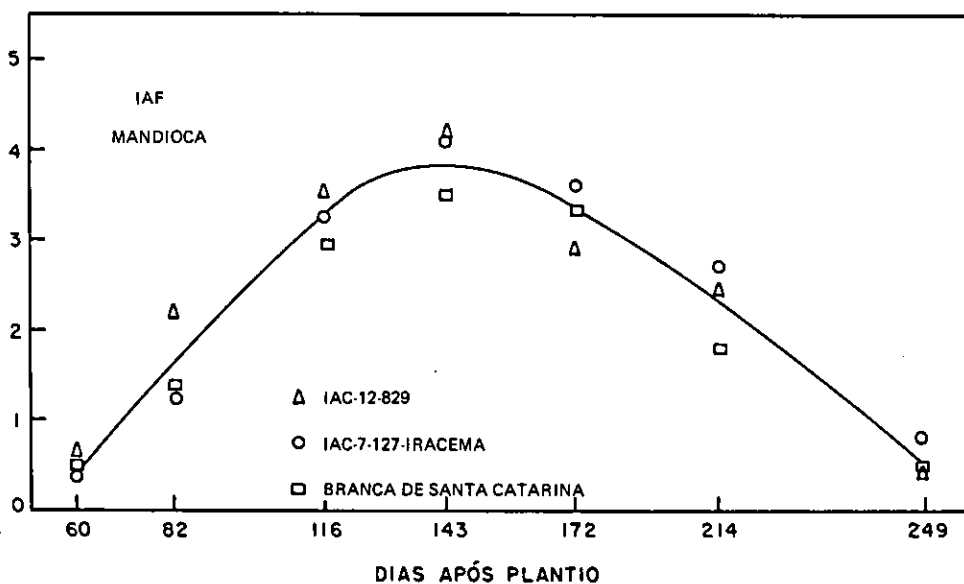


FIG. 3. Variação anual do índice de área foliar (IAF) em três cultivares de mandioca.

Verifica-se, pela Fig. 4, que as três cultivares utilizadas apresentaram, basicamente, a mesma tendência de distribuição da matéria seca total en-

tre os diversos componentes das plantas. Inicialmente, a grande quantidade de matéria seca nas folhas foi elevada, e decaiu continuamente durante o ciclo vegetativo.

Após 180 dias, a proporção de matéria seca nas folhas foi menor que 20%. Tal comportamento evidencia que, após a emergência, grande quantidade de material fotossintetizado foi utilizado na elaboração do próprio aparelho fotossintetizador, visando maior captação da energia solar disponível. Embora a quantidade de folhas continue aumentando, os outros órgãos também cresceram e tornaram menor a contribuição relativa das folhas para o peso total da planta. Os caules, que sustentam as folhas, cresceram inicialmente mais rápido que as raízes. Em geral, a proporção de caules foi constante após 140 dias. As raízes, após 200 dias, contribuíram com 50 a 60% do peso seco total. Pequenas diferenças ocorreram entre as cultivares, sendo que a IAC-12-829 apresentou maior valor para o índice de colheita (peso seco raiz/peso seco total) que as cultivares IAC-7-127-Iracema e Branca de Santa Catarina. Coincidentemente, a cultivar IAC-12-829 foi aquela que apresentou menor proporção de caules ao final do ciclo considerado.

A relação peso seco de raiz/peso seco total parece ser linear para as cultivares estudadas (Fig. 5). Segundo Boerboom (1978), o coeficiente de regressão de tal relação representa a eficiência de produção de raízes, enquanto que a interseção da reta com o eixo-x representa o valor inicial do peso da planta, onde se inicia a produção de raízes. No presente caso, nota-se que a equação $\hat{y} = 0,666x - 179,8$ descreve adequadamente tal relação. Verifica-se que para $x = 270$, $\hat{y} = 0,0$, isto é, 270 g . m⁻² são necessários para que a planta inicie o acúmulo de matéria seca nas raízes. Evidentemente, tal valor exclui o peso inicial da maniva. O coeficiente de regressão 0,666 representa a eficiência de armazenamento das raízes das cultivares consideradas.

Desde que a razão peso seco de raiz/peso seco total representa o índice de colheita, verifica-se, pela equação acima, que o índice de colheita para as cultivares Branca de Santa Catarina, IAC-7-127-Iracema e IAC-12-829 tem o valor 0,666 como limite superior. Na verdade, tal índice variou entre 0,52 e 0,60 para as cultivares Branca de Santa Ca-

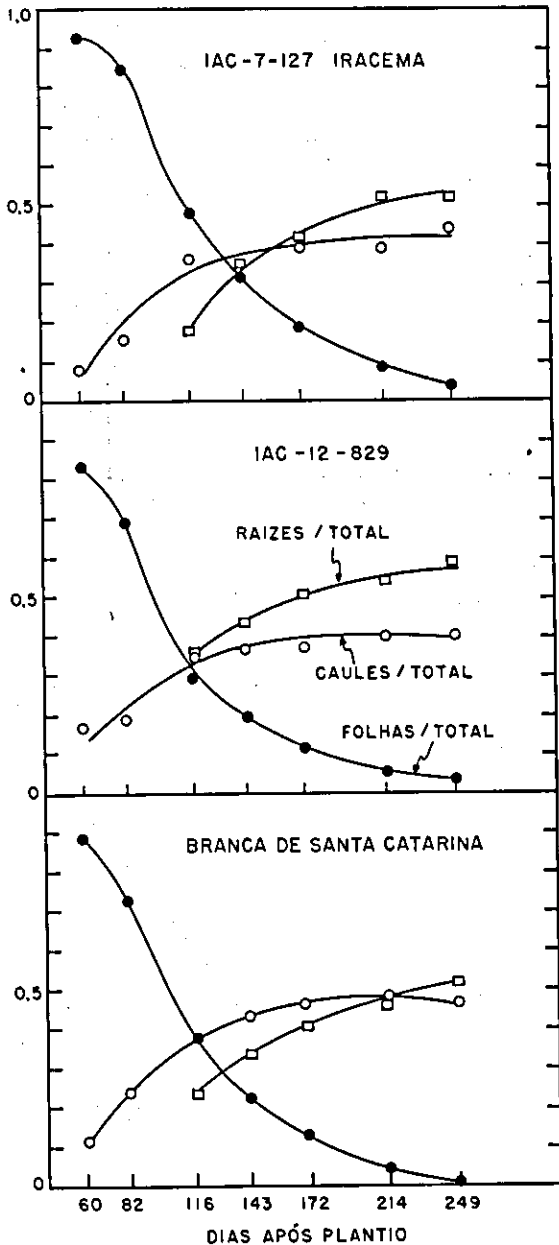


FIG. 4. Distribuição relativa de matéria seca nas cultivares de mandioca IAC-7-127-Iracema, IAC-12-829 e Branca de Santa Catarina. ○ ○ ○ = peso de matéria seca caules/peso de matéria seca total; ● ● ● = peso de matéria seca folhas/peso de matéria seca total; □ □ □ = peso de matéria seca raízes/peso de matéria seca total.

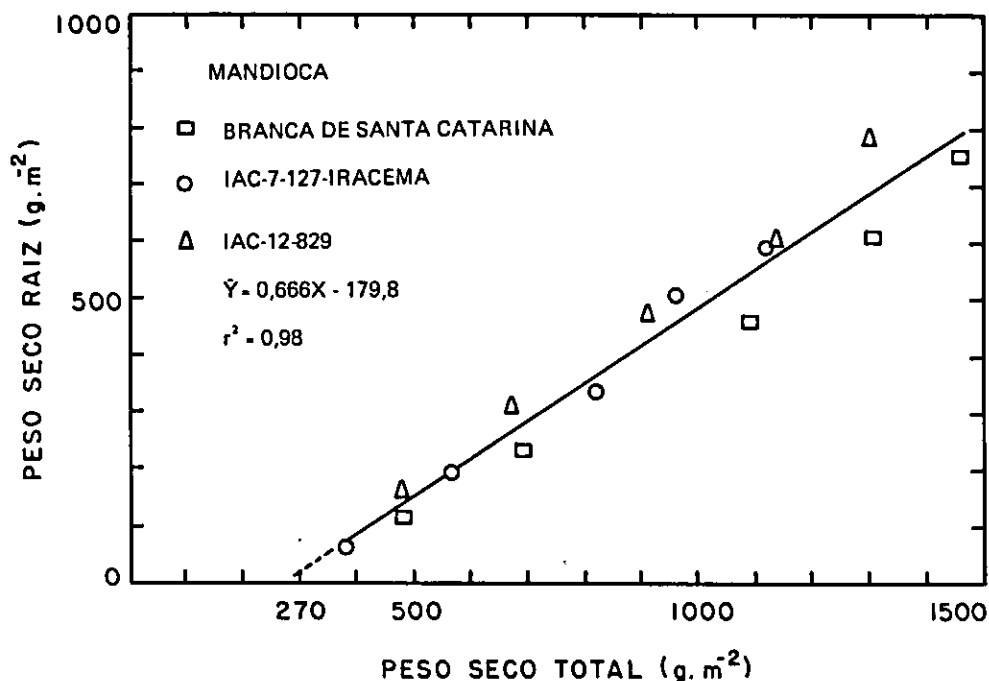


FIG. 5. Relação entre peso seco de raízes e peso seco total em três cultivares de mandioca.

tarina e IAC-12-829, respectivamente. Tais índices são compatíveis com aqueles apresentados por Cock et al. (1977) e Boerboom (1978).

A relação peso de raízes/peso de caules também foi linear para as três cultivares consideradas (Fig. 6). No entanto, tal relação não foi universal, e houve uma certa discriminação das cultivares.

Nota-se que as cultivares com mais peso de caules apresentaram menor peso de raízes e, portanto, um menor índice de colheita.

Após 638 dias, isto é, dois ciclos de crescimento, a produção de raízes foi de 1.200, 1.580 e 1.620 g . m⁻², respectivamente, para as cultivares IAC-7-127-Iracema, Branca de Santa Catarina e IAC-12-829. Não houve, portanto, alteração na ordem de produção de matéria seca em relação ao primeiro ciclo de crescimento nem diferenças entre as produções das cultivares IAC-12-829 e Branca de Santa Catarina. Houve, para todas as cultivares, um aumento de aproximadamente 100% entre os ciclos, o que indica que a produção de raízes por ciclo não se alterou.

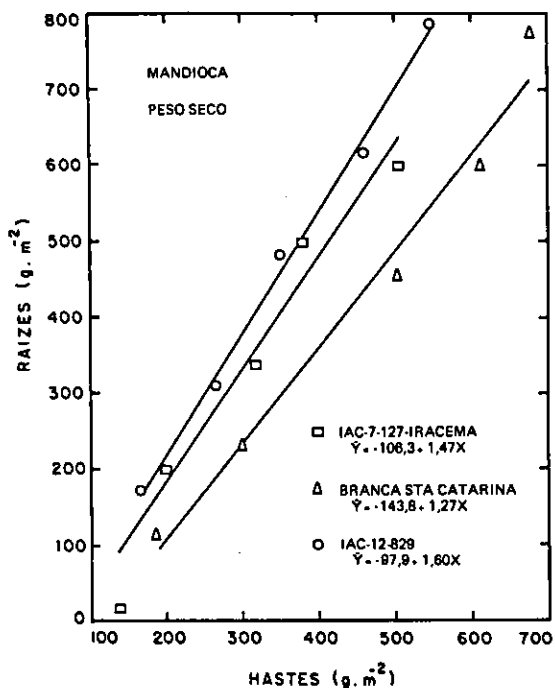


FIG. 6. Relação entre peso seco de raiz e peso seco de caules para três cultivares de mandioca.

CONCLUSÕES

1. A análise quantitativa do crescimento das cultivares de mandioca IAC-12-829, Branca de Santa Catarina e IAC-7-127-Iracema revelou que praticamente não houve diferença no peso seco de raízes nas duas primeiras cultivares. A IAC-7-127-Iracema apresentou produção menor que as demais. As taxas de crescimento das culturas foram máximas por volta de 145 dias após o plantio, com valores de 11,5, 10,2 e 8,8 g . m⁻² . dia⁻¹, respectivamente, para as cultivares Branca de Santa Catarina, IAC-12-829 e IAC-7-127-Iracema. A mesma seqüência foi observada para a taxa de crescimento de raízes, cujos valores máximos ocorreram no período entre 165 e 175 dias, sendo que a cultivar Branca de Santa Catarina apresentou 6,9 g . m⁻² . dia⁻¹, a IAC-12-829, 6,3 g . m⁻² . dia⁻¹ e a IAC-7-127-Iracema, 6,2 g . m⁻² . dia⁻¹. O índice de área foliar não diferiu para as três cultivares; apresentou um valor máximo ao redor de 4,0 por volta de 140 dias após o plantio.

2. A relação taxa de crescimento da cultura/índice de área foliar tendeu à linearidade; diferiu de relações apresentadas anteriormente para outras cultivares.

3. A distribuição relativa de matéria seca entre os diversos componentes das plantas foi semelhante nas três cultivares; houve, inicialmente, uma predominância das folhas; em seguida, predominaram os caules, e, por último, as raízes. Após 200 dias, o índice de colheita permaneceu praticamente constante, com pequena diferença entre as cultivares. A Branca de Santa Catarina apresentou o menor índice de colheita (0,52) enquanto que a IAC-12-829 teve o maior (0,60). Em geral, os presentes resultados indicam o valor 0,67 como limite superior para os índices de colheita das cultivares consideradas. As cultivares com maior peso seco de caule apresentaram menor peso seco de raiz. Em geral, o acúmulo de matéria seca nas raízes inicia após as plantas terem apresentado aproximadamente 270 g . m⁻².

4. Tendo-se deixado as plantas no campo por mais um ciclo vegetativo, não se alterou a ordem de produção de raízes. A produção por ciclo também permaneceu inalterada, isto é, o fato de as

plantas já estarem enraizadas não trouxe nenhum benefício na produção do segundo ciclo.

5. A produção de raízes, o índice de colheita e o IAF das cultivares não foram significativamente afetados pelas densidades de plantio utilizadas.

REFERÊNCIAS

- BOERBOOM, 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. In: SYMPOSIUM ON POTENTIAL PRODUCTIVITY OF FIELD CROPS UNDER DIFFERENT ENVIRONMENTS. Los Baños, Philippines, IRRI, 1980.
- COCK, J.H. Characteristics of high yielding cassava varieties. Expl. Agric., 12:135-43, 1976.
- COCK, J.H.; FRANKLIN, D.; SANDOVAL, G. & JURI, P. The ideal cassava plant for maximum yield. Crop Sci., 19:271-9, 1979.
- COCK, J.H.; WHOLEY, D.W. & CASAS, O.S. de las. Effects of spacing on cassava (*Manihot esculenta*). Expl. Agric., 13:289-99, 1977.
- COURS, G. Le manioc à Madagascar. Mém. Inst. Sci. Madagascar. Ser. B., 3:203-416, 1951.
- ENYI, B.A.C. Growth rates of three cassava varieties (*Manihot esculenta* Crantz) under varying population densities. J. Agric. Sci., Camb. 81:15-28, 1973.
- FERNANDO, M. & JAYSUNDERA, E.S. Cultural experiments with cassava (*Manihot utilisissima* Pohl). Trop. Agric., 98:3-8, 1942.
- HUNT, L.A.; WHOLEY, D.W. & COCK, J.H. Growth physiology of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Field Crops Abstr., 30:77-91, 1977.
- HUNT, R. Plant growth analysis: the rationale behind the use of fitted mathematical function. Ann. Bot., 43:245-9, 1979.
- IRIKURA, Y.; COCK, J.H. & KAWANO, K. The physiological basis of genotype temperature interactions in cassava. Field Crops Res., 2:227-39, 1979.
- LORENZI, J.O. Absorção de macronutrientes e acumulação de matéria seca para duas cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Piracicaba, USP, 1978. Tese Mestrado. 92p.
- ROSAS, C.; COCK, J.H. & SANDOVAL, G. Leaf fall in cassava. Expl. Agric., 12:395-400, 1976.
- STEVENS, W.L. Asymptotic regression. Biometrics, 7: 247-67, 1951.
- STUFF, R.G.; HODGES, H.F.; DALE, R.F.; NYQUIST, W.E.; NELSON, W.L. & SCHEERINGA, K.L. Measurement of short-period corn growth. W. Lafayette, Purdue University Agric. Exp. Sta., 1979. (Res. Bul. 961).
- WILLIAMS, C.N. Growth and productivity of tapioca (*Manihot utilisissima*) - III. Crop. ratio, spacing and yield. Expl. Agric., 8:15-23, 1972.