

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**DESENVOLVIMENTO DE YACÓN (*Polymnia sonchifolia* Poep. & Endl.) A  
PARTIR DE RIZÓFOROS E DE GEMAS AXILARES, EM DIFERENTES  
ESPAÇAMENTOS**

**JULIO ESTUARDO AMAYA ROBLES**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP - Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Doutor  
em Agronomia – Área de concentração em  
Horticultura

**BOTUCATU - SP**  
Dezembro - 2002

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**DESENVOLVIMENTO DE YACÓN (*Polymnia sonchifolia* Poep. & Endl.) A  
PARTIR DE RIZÓFOROS E DE GEMAS AXILARES, EM DIFERENTES  
ESPAÇAMENTOS**

**JULIO ESTUARDO AMAYA ROBLES**

*Orientador:* **Prof. Dr. Francisco Luiz Araújo Câmara**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da Unesp - Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Doutor  
em Agronomia – Área de concentração em  
Horticultura

**BOTUCATU - SP**  
Dezembro – 2002

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E  
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO  
SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - FCA  
UNESP - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Amaya Robles, Julio Estuardo.  
R666d      Desenvolvimento de yacón (*Polymnia sonchifolia* Poep. &  
Endl.) a partir rizóforos e de gemas axilares, em diferen-  
tes espaçamentos / Julio Estuardo Amaya Robles. - Botuca-  
tu: [s.n.], 2002.  
          xix, 89 f. : il. color., gráfs., tabs.

          Tese (doutorado) -- Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agronômicas  
Orientador: Francisco Luiz Araújo Câmara.  
Inclui bibliografia.

          1. Yacón - crescimento (plantas) 2. Produtividade 3.  
Análise econômico - financeira 4. Carboidratos I. Fran-  
cisco Luiz Araújo Câmara. II. Universidade Estadual  
Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu).  
Faculdade de Ciências Agronômicas III. Título

Palavras-chave: *Polymnia sonchifolia*; Yacón; Análise de cresci-  
mento; Carboidratos - análise química; Produti-  
vidade e desenvolvimento



**Yacón**

*Polymnia sonchifolia* (Poep. & Endl.)

“Nós não somos os criadores de nossas  
idéias, mas apenas seus porta-vozes,  
são elas que nos dão forma...  
e cada um de nós carrega a tocha  
que no fim do caminho outro levará” .

*Carl Gustav Jung*

À minha esposa *ANA ESTHER* e  
*JULIO* meu filho, pela presença de infinita  
compreensão nos momentos de minha ausência.

*Dedico*

À minha mãe e o meu pai “ausente”  
e irmãos com reconhecimento  
e gratidão

*Ofereço*

## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (**FAPESP**),  
pela concessão da bolsa de estudos  
e apoio financeiro na realização deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

À Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” FCA/UNESP, Campus de Botucatu, pela oportunidade e ensinamentos concedidos;

Ao Prof. Dr. Francisco Luiz Araújo Câmara, pela constante orientação, pelo respeito à minha pessoa e, principalmente, pela sincera amizade e confiança depositadas em mim ;

Aos professores: Dra. Carmem Silvia Fernandes Boaro, João Domingos Rodrigues, Chukichi Kurosawa, Silvio José Bicudo, Ângelo Cataneo, Marcelo Pavan e Giusepina Pace Pereira Lima que gentilmente me brindaram com apoio e esclarecimentos, nos diferentes momentos deste trabalho;

À comissão Examinadora pelas sugestões, e ser composta por tão ilustres pessoas, as quais, sempre serão referenciadas como meus professores;

À Dra. Stela Vilhena, Fedra Quijano e Ana Paula Dib do grupo “yacón”, pelas motivações e incentivos na pesquisa desta planta;

Ao Dr. Marcelo Álvares de Oliveira pela paciência e prestatividade nas informações sobre análise cromatográfica;

Aos amigos Mauro Sérgio Vianello Pinto e Rita de Cássia Álvares pelas críticas e sugestões;

À seção de Pós-Graduação, em especial a Marilena do Carmo Santos e Marlene Rezende de Freitas e Jakeline de Moraes Gonçalves pela assistência prestada;



Aos funcionários da seção de Horticultura que me socorreram nos momentos em que mais precisei, Francisco Rossi, Fernando, Thomé, Edivaldo e Rosemeire Penhalosa;

Aos funcionários da Biblioteca “Paulo de Carvalho Mattos”, Maria Inês, Maria do Carmo, Solange, Célia, Denise, Neuza, Nilton e Cida, pela amizade e serviços prestados;

Aos colegas e amigos da pós-graduação em Horticultura, especialmente Mauro Brasil, Ari Carneiro e esposa Renata, pela amizade e belo exemplo de suas vidas;

À família peruana em Botucatu, Roberto Velazco Gutierrez, Doris Bedoya Henao, Daniel e Olga, pela sólida e sincera amizade que construímos nestes anos de convivência;

Aos patrícios Carlos Baca e Edwin Camacho e amigos Waldo e Elvira pelos momentos agradáveis que compartilhamos;

À todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE FIGURAS.....	XIII
RESUMO.....	XVI
SUMMARY.....	XVIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Origem e descrição da planta.....	4
2.2. Métodos de propagação do yacón.....	5
2.3. Aspectos climáticos e técnicos de cultivo .....	6
2.4. Espaçamentos.....	8
2.5. Potencial de utilização.....	9
2.6. Aspectos fisiológicos .....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1. Localização e caracterização da área experimental.....	14
3.2. Clima.....	14
3.3 Solo.....	16
3.4 Delineamento experimental e caracterização do experimento.....	16
3.4.1. Parcela Experimental.....	17
3.4.2. Obtenção das gemas axilares.....	19
3.4.3. Rizóforos.....	19
3.4.4. Enraizamento das gemas axilares em casa-de-vegetação.....	20
3.4.5. Instalação e condução do experimento.....	21
3.4.6. Fonte dos fertilizantes e épocas de aplicação.....	21
3.4.7. Épocas das avaliações.....	22
3.5. Características avaliadas .....	33
3.5.1. Altura de planta.....	23
3.5.2. Número de folhas.....	23
3.5.3. Partição de massa seca .....	23
3.5.4. Área foliar (AF).....	24

3.5.5. Índices fisiológicos da análise de crescimento.....	24
3.6. Análise química de raízes tuberosas em HPLC.....	26
3.7. Produção e classificação comercial das raízes tuberosas.....	26
3.8. Análise econômica.....	27
3.8.1. Coleta de dados e custos unitários.....	27
3.8.2. Indicadores de avaliação econômica.....	27
3.9. Análise estatística.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1. Altura da planta.....	29
4.2. Número de folhas.....	32
4.3. Área foliar .....	35
4.4. Massa seca de folhas.....	38
4.5. Massa seca total da planta (MST).....	40
4.6. Área Foliar Específica (AFE).....	44
4.7. Taxa de Crescimento da Comunidade (TCC).....	46
4.8. Índice de Área Foliar (IAF).....	48
4.9. Taxa Assimilatória Líquida (TAL).....	50
4.10. Taxa de Crescimento Relativo (TCR).....	53
4.11. Partição de massa seca.....	55
4.12. Análise de carboidratos em HPLC.....	58
4.13. Produção.....	62
4.13.1. Parte aérea.....	63
4.13.2. Produção de rizóforos.....	64
4.13.3. Raízes tuberosas.....	65
4.13.4. Classificação das raízes tuberosas.....	67
4.14. Análise econômica da produção de raízes tuberosas.....	69
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
6. CONCLUSÕES.....	76
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXO .....	87

## LISTA DE TABELAS

Tabelas	Página	
1	Análise química do solo classificado como Unidade Lageado Nitroso Vermelho da área experimental (Embrapa 1999), na profundidade de 0 a 20cm. Botucatu-SP. 2002.....	16
2	Caracterização dos tratamentos utilizados no experimento. Botucatu-SP. 2002.....	15
3	Análise de variância da altura das plantas (cm) de yacón, oriundas de rizóforos e de gemas axilares em diferentes espaçamentos $L_1=1,0m$ ; $L_2=1,20m$ ; $L_3=1,40m$ e $E_1=1,0m$ e $E_2=1,2m$ . Botucatu-SP. 2002.....	30
4	Regressões exponenciais cúbicas da altura de plantas de yacón a partir de rizóforos e gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	32
5	Análise de variância do número total de folhas ( $\sqrt{x+0,5}$ ) de plantas de yacón, oriundas de rizóforos e gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	33
6	Regressões exponenciais cúbicas, do número de folhas, em relação às origens e espaçamentos entre de plantas de yacón ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002. ....	35
7	Regressões exponenciais cúbicas, para área foliar de plantas de yacón a partir de rizóforos e gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	37
8	Regressões exponenciais cúbicas dos valores de Massa seca de folhas de yacón em relação às origens e espaçamentos entre plantas de yacón ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	40
9	Análise de variância da Massa Seca Total das plantas de yacón oriundas de rizóforos e gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	42
10	Regressões dos valores da Massa Seca Total (MST) em relação às origens das plantas e espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	43

11	Regressões dos valores do Índice de Área Foliar (IAF) em relação às origens das plantas e espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	50
12	Análise de variância para acúmulo de carboidratos em raízes tuberosas oriundas de rizóforos e de gemas axilares, em diferentes espaçamentos, avaliadas aos 157, 182 e 212 DAP. Botucatu-SP. 2002.....	58
13	Análise de variância da produção de yacón, oriundas de rizóforos e gemas axilares em diferentes espaçamentos. Botucatu, SP. 2002.....	63
14	Análise de variância da produção de raízes tuberosas graúdas, médias e refugos do yacón, oriundas de rizóforos e gemas axilares em diferentes espaçamentos. Botucatu, SP. 2002.....	67
15	Análise de variância da produção total de raízes tuberosas de yacón em função de diferentes origens e espaçamentos. Botucatu, SP. 2002.....	70
16	Valores médios da produção total de raízes tuberosas de yacón obtidos em função rizóforos e gemas axilares em diferentes espaçamentos. Botucatu, SP. 2002.....	70
17	Estimativa da produção total de raízes tuberosas, investimentos e lucros correspondentes, obtidos a partir de plantas originárias de rizóforos e gemas axilares em diferentes espaçamentos. Botucatu, SP. 2002.....	72
18	Estimativa dos custos operacionais para um hectare de raízes tuberosas de yacón a partir de rizóforos. Botucatu, 2002.....	88
19	Estimativa dos custos operacionais para um hectare de raízes tuberosas de yacón a partir de gemas axilares. Botucatu, 2002.....	89

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>Página</b>
1 Resultados diários de temperaturas máximas, médias, mínimas (°C) e precipitação pluvial (mm) registrada de junho 2001, até janeiro 2002, período de realização do experimento. Botucatu-SP. 2002.....	15
2 Diagrama da parcela experimental. Botucatu-SP. 2002.....	17
3 Representação da área experimental e distribuição dos tratamentos. Botucatu-SP. 2002.....	18
4 a) Plantas matrizes de yacón conduzidas em estufa para extração de rizóforos e gemas axilares. b) Planta com gemas axilares. Botucatu-SP. 2002.....	19
5 a) Massa de rizóforos de yacón b) Seleção e peso das estruturas. Botucatu-SP. 2002.....	20
6 a) Propagação de gemas axilares em bandejas de isopor em casa de vegetação. b) Tamanho das plântulas de yacón antes do plantio em campo. Botucatu-SP. 2002.....	20
7 a) Preparo dos canteiros de acordo com os espaçamentos entre linhas. b) Marcação do campo para definir os espaçamentos entre plantas. Botucatu-SP. 2002.....	21
8 Plantio de rizóforos e mudas de gemas axilares de acordo com os espaçamentos e sistema de irrigação por gotejamento. Botucatu-SP. 2002.....	22
9 Altura de plantas oriundas de rizóforos em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	31
10 Alturas de plantas oriundas de gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	31
11 Número de folhas de plantas de yacón oriundas de rizóforos em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	34
12 Número de folhas de plantas de yacón oriundas de gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	34
13 Área foliar de plantas de yacón oriundas rizóforos em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	36

14	Área foliar de plantas de yacón oriundas de gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	36
15	Massa seca de folhas (MSF) de yacón originárias de rizóforos em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	39
16	Massa seca de folhas (MSF) de yacón originárias de gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	39
17	Massa seca total (MST) de plantas de yacón originárias de rizóforos em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	42
18	Massa seca total (MST) de plantas do yacón originárias de gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002. ....	43
19	Área Foliar Específica (AFE) em plantas de yacón originárias de rizóforos, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002. ....	45
20	Área Foliar Específica (AFE) de plantas de yacón originárias de gemas axilares, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002. ....	45
21	Taxa de crescimento da comunidade (TCC) de plantas de yacón originarias de rizóforos, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	47
22	Taxa de crescimento da com unidade (TCC) de plantas de yacón originarias de gemas axilares, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu, 2002.....	47
23	Índice de área foliar (IAF) de plantas do yacón originárias de rizóforos, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002. ....	49
24	Índice de área foliar (IAF) de plantas do yacón, originarias de gemas axilares, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ) Botucatu-SP. 2002.....	49

25	Taxa Assimilatória Líquida (TAL) de plantas de yacón originárias de rizóforos, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	52
26	Taxa Assimilatória Líquida (TAL) de plantas de yacón originárias de gemas axilares, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	52
27	Taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de yacón, oriundas de rizóforos, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	54
28	Taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de yacón, oriundas de gemas axilares, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	54
29	Partição de Massa seca de plantas de yacón originárias de rizóforos ( $Y_1$ ), em diferentes espaçamentos $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8m$ , $E_2=1,0m$ : <b>A)</b> $L_1E_1$ , <b>B)</b> $L_1E_2$ , <b>C)</b> $L_2E_1$ , <b>D)</b> $L_2E_2$ , <b>E)</b> $L_3E_1$ e <b>F)</b> $L_3E_2$ . Botucatu-SP. 2002.....	56
30	Partição de Massa seca de plantas de yacón originárias de gemas axilares ( $Y_2$ ), em diferentes espaçamentos $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8m$ , $E_2=1,0m$ : <b>A)</b> $L_1E_1$ , <b>B)</b> $L_1E_2$ , <b>C)</b> $L_2E_1$ , <b>D)</b> $L_2E_2$ , <b>E)</b> $L_3E_1$ e <b>F)</b> $L_3E_2$ . Botucatu-SP. 2002.....	57
31	Concentração de açúcares, em raízes tuberosas de yacón oriundas de rizóforos e de gemas axilares, em diferentes espaçamentos $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8m$ , $E_2=1,0m$ . Botucatu-SP. 2002. ....	59
32	Concentração de FOS em raízes tuberosas de yacón a partir de rizóforos ( $Y_1$ ) e de gemas axilares ( $Y_2$ ), em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8m$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	60
33	Concentração de FOS em raízes tuberosas de yacón a partir de rizóforos, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8m$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002. ....	61
34	Concentração de FOS em raízes tuberosas de yacón a partir gemas axilares, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8m$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	61
35	Produção total de massa fresca da parte aérea entre espaçamentos; e espaçamentos dentro de plantas originárias de rizóforos. Botucatu-SP. 2002.....	64
36	Produção de rizóforos por plantas originárias de rizóforos e gemas axilares, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ , $L_2=1,2m$ , $L_3=1,4m$ ; $E_1=0,8m$ , $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.....	65



- 37 Produção de raízes tuberosas a partir de plantas oriundas de rizóforos e gemas axilares, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8m$ ,  $E_2=1,0m$ ).. Botucatu-SP. 2002..... 66
- 38 Produção de raízes graúdas: Em função dos espaçamentos (A) e espaçamentos entre plantas originárias de rizóforos (B). Botucatu-SP. 2002..... 68
- 39 Produção de raízes tuberosas médias a partir de plantas originárias de rizóforos e gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8m$ ,  $E_2=1,0m$ ).. Botucatu, SP. 2002..... 68
- 40 Produção de raízes tuberosas refugo em função dos espaçamentos:  $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;). A).Entre linhas  $E_1=0,8m$ ,  $E_2=1,0m$  B).Entre origens da planta:  $Y_1$ =rizóforos,  $Y_2$ =gemas axilares. Botucatu, SP. 2002..... 69
- 41 Indicadores econômicos da produção total de raízes tuberosas de yacón, oriundas de rizóforos e gemas axilares em diferentes espaçamentos. Botucatu, SP. 2002..... 73

## RESUMO

Com o objetivo de determinar a produção de yacón a partir de plantas oriundas de rizóforos e de gemas axilares em diferentes espaçamentos, a influência na produção de carboidratos e avaliação econômica da produção, instalou-se um experimento na área do Departamento de Produção Vegetal/Horticultura, da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Campus de Botucatu-SP, com início em 13 de junho 2001 e término em 31 de janeiro de 2002. Os tratamentos resultaram da combinação dos espaçamentos entre linhas (1,0; 1,2; e 1,4m) e entre plantas (0,8 e 1,0m), com duas origens do material de multiplicação (rizóforos e gemas axilares). O delineamento experimental foi de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As avaliações do desenvolvimento e da produção iniciaram-se 97 dias após o plantio (DAP), com intervalos de 20 dias, com determinação das variáveis: altura de planta, número de folhas, área foliar, massa seca das folhas, massa seca total da planta, área foliar específica (AFE), taxa de crescimento da cultura (TCC), índice de área foliar (IAF), taxa assimilatória líquida (TAL) e taxa de crescimento relativo (TCR). Determinou-se também, a concentração de carboidratos e realizou-se a análise econômica da produção total de raízes tuberosas. Os resultados indicaram diferenças entre as duas origens de plantas para todas as variáveis estudadas. As plantas oriundas de rizóforos apresentaram desenvolvimento superior àquelas provenientes de gemas axilares com exceção da produção de açúcares. Os espaçamentos entre linhas e entre plantas influenciaram a produção de parte aérea e de raízes tuberosas, sendo que nos maiores espaçamentos as plantas apresentaram maior rentabilidade econômica. A estimativa de máxima eficiência econômica para produção

de raízes tuberosas foi obtida com os espaçamentos  $L_{3=1,4m} E_{1=0,8m}$ ;  $L_{3=1,4m} E_{1=0,8m}$  e  $L_{2=1,2m} E_{1=9,8m}$  entre plantas oriundas de rizóforos; porém, o espaçamento  $L_{3=1,4m} E_{1=0,8m}$  em plantas oriundas de gemas axilares foi o melhor na relação benefício/custo, com maior produção de raízes tuberosas graúdas. O maior acúmulo de carboidratos ocorreu na 5<sup>a</sup> colheita, aos 182 dias após plantio (DAP), em todos os tratamentos, sendo este o momento adequado para colher às raízes tuberosas para extração destes compostos. Além disso, comparando-se as origens das plantas, os maiores teores de carboidratos ocorreram nas raízes oriundas de gemas axilares.

**Palavras-chave:** Yacón, análise de crescimento, carboidratos, produtividade, análise econômica.

DEVELOPMENT OF YACON (*Polymnia sonchifolia* Poep. & Endl.) RELATED TO RIZOPHORES AND AXILAR BUDS ORIGINS IN DISTINCT SPACEMENTS. Botucatu, 2002. 104p. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Julio Estuardo Amaya Robles

Adviser: Francisco Luiz Araújo Câmara

## SUMMARY

The experiment was carried out at the Department of Plant Production of the Faculty of Agricultural Sciences, São Paulo State University (UNESP), Botucatu, São Paulo State, Brazil, with the objective of determining the yacon yield from the plants originated from rizophores and axilar buds in different spacings, the carbohydrates contents, and finally economic yield, from June-13, 2001 to January-31, 2002. Treatments resulted from the combination of the interrow spacings (1,0; 1,2; and 1,4m) and between plants (0,8 and 1,0m) with propagates material of two origins (rizophores and axilar buds), and in a split plot experimental design with four replicates. The development and yield evaluation begins 97 days after planting in 20 days intervals, in accordance with biometric parameters as follows: plant height, leaf numbers, leaf area, dry weight of the leaves, total dry weight of the plant and the physiological index: Specific Leaf Area (AFE), Crop Growth Rate (TCC), Leaf Area Index (IAF), Net Assimilatory Rates (TAL) and the Relative Growth Rate (TCR). The carbohydrates accumulation was determined too, with the accomplishment of the total yield economic analysis of the tubers production. Results indicated differences between the dual origin of the plants for all characteristics. The plants originated from rizophores showed superior development than that from axilar buds in all physiological parameters. The distance between rows and between plants influenced the production of the aerial parts and the tubers root, with the highest spacings presenting a larger economic profitability. The estimate of the maximum efficiency for the production of the root tubers was obtained with the treatments  $L_1E_1Y_1$  (1,0 x 0,8 x rizophores) and  $L_3E_1Y_1$  (1,4 x 0,8 x rizophores), nevertheless the treatment  $L_3E_1Y_1$  (1,4 x 0,8 x nodal shoot segments), showed the best as

benefits/costs ratio is concerned with the highest tuber root production. The greatest carbohydrates accumulation occurred at the fifth harvest, 182 days after planting in all the treatments, showing this period more adequate for tuber root harvest for the FOS extraction. In addition comparing the plant origins, the greatest values of carbohydrates happened in the roots originated from axilar buds.

**Keywords:** Yacon, growth analysis, carbohydrates, yield, economic analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

As plantas medicinais constituíram, durante séculos, a base da terapêutica tradicional (Schenkel et al., 1985). Com a evolução da química, a partir do século XIX, modificou-se a forma de utilização dessas plantas. Do seu uso direto e de seus preparados, passou-se a utilizar moléculas ativas nelas contidas, chegando-se a reproduzir artificialmente a substância ativa isolada. Em consequência, relegou-se ao segundo plano às plantas que originam os princípios ativos (Neves, 1982). Nas últimas décadas, o interesse pelas plantas medicinais tem aumentado devido aos avanços na área da fitoquímica, que tem identificado os princípios e seus efeitos no tratamento de diversas doenças, sendo preocupação constante da indústria farmacêutica de todo o mundo, a pesquisa de plantas como fonte de novos medicamentos.

O yacón (*Polymnia sonchifolia* Poep & Endl.) é uma planta de origem andina, tropical de altitude, que se desenvolve bem nas condições de clima do Brasil. Nas raízes tuberosas e nos rizóforos desta planta armazenam-se carboidratos na forma de frutooligossacarídeos (FOS) não metabolizáveis pelo trato digestivo humano, tendo-se observado que seu consumo proporciona efeitos medicinais no controle do diabetes, do nível de colesterol e da hipertensão arterial (Grau & Rea, 1997; National Research Council, 1989; Hyrayama & Hidaka, 1993). As raízes tuberosas desta planta têm potencial como alimento dietético, pois são pouco calóricas, armazenando açúcares como carboidratos de reserva. Há relatos de que com o consumo das raízes “in natura” ou da infusão de folhas e caules secos, ocorre uma regressão na taxa de glicose no sangue para os casos do diabetes (Kanno, 1989).

Esta planta pode ser aproveitada como matéria-prima para fabricação de álcool, de ração animal e para obtenção de FOS.

A presença de frutose como principal fonte de reserva, tem contribuído para o crescente interesse na propagação desta planta em escala comercial em diversas partes do mundo, por apresentarem propriedades anticariogênicas, baixas calorias e como fibras dietéticas, estimulando a proliferação das bifidobactérias no colo intestinal (Isejima,1997). No Brasil, esta planta foi introduzida como alimento sendo suas raízes consumidas in “natura” e com prováveis efeitos medicinais. Atualmente, as raízes são processadas e comercializadas desidratadas, enquanto que as folhas são utilizadas para o preparo de chá (Kakihara, et al. 1996; Vilhena & Câmara, 1996).

Propriedades pesticidas anti-fúngicas na parte aérea de yacón foram observadas por Inoue et al. (1995), uma vez que o uso de defensivos durante o seu ciclo foi desnecessário. Os autores relatam que isolaram diversos compostos das folhas, sendo que entre eles encontraram uma substância denominada “sonchifolina”, com alta atividade no controle de algumas espécies de fungos, principalmente para *Pyricularia oryzae*.

O conhecimento sobre requerimentos de luz para espécies medicinais é importante para sua eficiência fotossintética, apresentando também importante influência sobre a morfologia da parte aérea e das raízes. Para Brow Júnior (1988) a produtividade de uma planta pode ser influenciada por fatores genéticos, ecológicos e fisiológicos. Kevet (1971) afirmou que a produção de um vegetal resulta da interação que existe entre o potencial genético e as condições ambientais. Desta forma, a análise de crescimento constitui uma importante ferramenta na avaliação da produtividade agrícola e dos processos fisiológicos dos vegetais.

Tendo em vista a importância do yacón e as escassas informações sobre técnicas adequadas para o seu cultivo, desenvolveu-se este trabalho com os seguintes objetivos:

- ✓ Avaliar o crescimento de plantas de yacón oriundas de rizóforos e de gemas axilares em diferentes espaçamentos, verificando-se a correlação entre as variáveis fisiológicas e a expressão do potencial produtivo, com vistas a subsidiar o manejo racional da espécie;

- ✓ Quantificar os carboidratos nas raízes tuberosas em função da interação entre as origens do material de multiplicação e os espaçamentos para o cultivo das plantas;
- ✓ Realizar a análise econômica dos resultados, para a formular recomendações a partir dos resultados dos dados agronômicos.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Origem e descrição da planta

O yacón (*Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl.) é uma planta cultivada na região andina há muitos séculos, postulando-se que o centro de origem e de domesticação estaria nos Andes peruanos. A maior diversidade genética é encontrada no Departamento de Cajamarca, região do norte peruano e nos vales de Cuzco e Puno, estendendo-se desde a bacia do rio Apurímac, no sul do Peru, até a bacia do rio La Paz, na Bolívia (Bermejo & León, 1994; Grau & Rea, 1997; Rea, 1998; Grau et al., 2001). Esta planta foi encontrada nos túmulos da cultura pré-Inca Paracas, no litoral do Peru, indicando uma ampla dispersão em épocas remotas (National Research Council, 1989).

Segundo Grau e Rea (1997), Rea (1998) e Grau et al. (2001) o yacón é uma planta pertencente à família Asteraceae (Compositae), formada por hastes cilíndricas, ocos na maturidade, de cor verde, apresentando uma densa pilosidade em toda a sua superfície. sendo ocos na maturidade. De cada nó brotam folhas opostas e delgadas, sendo as basais pinapartidas e as superiores triangulares com bordos lobulados ou dentados, apresentando em sua base asa em cada lado do pecíolo, que envolve ligeiramente o nó da haste.

León (1968) descreve o yacón como uma planta herbácea perene, com sistema radicular complexo e cerca de 1,5m de comprimento. A altura da planta pode variar entre 2,0 a 2,5m, segundo Zardini (1991). As flores estão reunidas em inflorescências do tipo

capítulo, que surgem nos ramos terminais; apresentando coloração amarelo-alaranjada e possuindo cinco brácteas verdes triangulares e pontiagudas. As flores localizadas mais externamente na inflorescência são providas de lígulas livres, amarelas ou alaranjadas e possuem de 5 a 15 mm de comprimento por 7mm de largura, enquanto as flores centrais são tubulares e medem 7mm de comprimento por 1 a 2 mm de largura (Leon, 1968; Zardini, 1991; Rea, 1998; Grau et al. 2001).

O sistema radicular do yacón é formado por uma massa irregular muito ramificada de gemas caulinares protegidas por catáfilos e com numerosos primórdios de raízes denominados rizóforos, utilizados geralmente na propagação vegetativa da planta, de onde se originam as hastes, as raízes de fixação, as de absorção e as tuberosas nas quais se acumulam as reservas na forma de frutanos do tipo inulina, além de uma profusão de novas gemas (Machado 1997).

Cerca de 36 mil espécies vegetais apresentam frutanos como carboidratos de reserva, principalmente nas famílias Asteraceae e Poaceae (Hendry & Wallace, 1993). Estes carboidratos são polímeros de frutose que tem um resíduo a mais de glicose geralmente no final da molécula, ligado a frutose através de uma ligação  $\alpha(2-1)$ , como na sacarose.

## **2.2. Métodos de propagação do yacón**

A propagação de plantas pode ser feita sexuada ou assexuadamente. Em plantas medicinais, a reprodução natural das plantas por meio de sementes pode não produzir o resultado esperado. A planta obtida pela reprodução gâmica pode não corresponder às características da planta-mãe, devido à variabilidade genética, podendo ocorrer, por exemplo, aumento no tempo para atingir a colheita. Tais plantas às vezes, não produzem sementes; ou ainda ocorrem cruzamentos desfavoráveis na produção do fármaco; podendo-se, portanto, utilizar para a propagação partes vegetativas como estacas de galhos, rizóforos, bulbos, rebentos, divisões de touceira, tubérculos, estolhos ou até mesmo tecidos meristemáticos dependendo da capacidade de regeneração de cada espécie (Correa Júnior et al., 1991).

Segundo Nieto (1991), yacón é uma planta perene que pode ser multiplicada por sementes ou por rizóforos, mas como não tem aquênio a propagação por sementes não acontece provavelmente não é propagada desta forma, sendo que apenas uma espécie de inseto, *Cytropeltis notatus*, foi observada visitando suas flores (Zardini, 1991).

Segundo Kanno (1989) a multiplicação do yacón pode ser feita por estaquia ou por divisão de touceira. No método de estaquia procede-se utilizando gemas axilares com duas a três folhas, que colocados para enraizar em substrato de areia ou vermiculita sob temperatura de 25°C, apresentam enraizamento de 100% em duas semanas, independentemente do substrato. Após 30 dias do período de formação das mudas, faz-se o transplante para local definitivo.

Esse mesmo autor relata que, no Japão, a propagação desta planta por meio de touceiras ocorre no início da primavera, quando se inicia a formação de gemas; esses brotos crescem e formam radículas, sendo possível separá-los. O número de brotos que a planta formará depende do tamanho dos rizóforos, encontrando-se um número médio de 18 brotos por massa de esta estrutura.

De acordo com a National Research Council (1989), o yacón é propagado utilizando-se rebentos, que brotam na superfície do solo e apresentam algumas raízes. No Brasil, Vilhena (1997) e Amaya (2000) propagaram yacón a partir de rizóforos, seguindo a técnica de Kakihara et al. (1996), que utiliza pedaços de rizóforos para obtenção de mudas. Após colheita das raízes tuberosas, faz-se a separação da massa de rizóforos, fracionando-a em tamanhos menores com peso médio em torno de 60g, que passam pelo processo de “cura” para serem plantados diretamente no local definitivo, os rizóforos são deixados com luz indireta para cicatrizar e evitar contaminação por doenças antes de serem plantados.

### **2.3. Aspectos climáticos e técnicos de cultivo**

Lizárraga et al. (1997) e Rea (1998) relatam que o yacón é plantado em rotação com outras espécies, principalmente milho; e sempre que as áreas apresentem sistemas de irrigação ou umidade constante, pode-se plantar durante o ano inteiro. Nina-

Montiel (1996) recomenda selecionar as plantas das quais vão se dividir as massas de rizóforos com 2 a 4 cm de comprimento e 0,5 a 0,8cm de diâmetro, para serem colocadas em terreno firme e em condições favoráveis de umidade, temperatura, aeração e proteção, recomendando o controle de plantas daninhas.

De acordo com a National Research Council (1989) o yacón não é exigente em condições edafoclimáticas, apresentando bom desenvolvimento em climas temperados, subtropicais, desenvolvendo-se em altitudes que variam desde o nível do mar até cerca de 3500 metros. Tratasse de uma espécie indiferente quanto à necessidade de fotoperíodo para formação de rizóforos e raízes tuberosas. Entretanto, é sensível à geadas e adapta-se bem a condições de seca e frio, tendo preferência por solos ricos em matéria orgânica e bem drenados. Rea (1998) relata que esta planta não é influenciada pelo fotoperíodo e pelas chuvas, mas sim pela fertilidade do solo.

Em relação aos aspectos climáticos Ometto (1981) sinala que fotoperíodo, é um fator não só importante dentro do ponto vistas fisiológico, atuante em processos fotossintéticos e morfológicos de uma planta, como também do aspecto físico, pois propicia a distribuição diferencial da energia para um mesmo meio ao longo do período de uma cultura.

Entre tanto, para Ortolani e Camargo (1987) a energia contida no meio que pode ser expressa pela temperatura do ar, é resultante do balanço energético que aí se estabelece. Tanto a temperatura do ar quanto a do solo afetam os processos de crescimento e desenvolvimento das plantas, argumentando que a análise das temperaturas máximas e mínimas também é de grande importância, por influenciarem significativamente no processos fisiológicos de fotossíntese e respiração nos órgãos de reserva subterrâneos.

Na literatura nacional, tem-se pouca informação sobre a melhor época de plantio de yacón. Em Capão Bonito no município de São Manuel-SP, o plantio é realizado em outubro quando se inicia o período chuvoso (Kakihara et al., 1996).

## 2.4. Espaçamentos

Segundo Lucchesi et al. (1996) e Larcher (1996), dos fatores do meio que podem influir na produtividade final, qualitativa e quantitativamente, a densidade de plantio é dos mais importantes e decisivos.

As pressões exercidas pela população de plantas afetam de modo marcante seu próprio desenvolvimento. Quando estas populações aumentam por unidade de área, um ponto atingido no qual cada planta começa a competir por alguns fatores essenciais de crescimento tais como nutrientes, água, luz; sendo denominado ponto de competição (Mendoza, 1982), exercendo uma influência sobre a arquitetura e outras características, com reflexos na produtividade (Squire, 1990).

Nas culturas, em geral, na fase inicial de crescimento até o estágio de completa interceptação da radiação solar pelas folhas, a taxa de produção de fotossintatos aumenta até um valor máximo em função do IAF. Quanto mais rápido a cultura atingir o IAF máximo e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa, maior será a produtividade (Castro, 1987).

De acordo com Marschner (1990), as curvas de respostas de rendimento são resultantes de processo individual diferenciado, dado pelo incremento na densidade de plantas e fotossíntese líquida por unidade de área foliar (isto é, efeito fonte) ou incremento no órgão de reserva (ou seja, efeito dreno).

Larcher (1996) referindo-se ao rendimento por unidade de área do solo, relata que uma comunidade menos densa de plantas é menos produtiva do que uma de maior densidade. Entretanto, se as plantas estiverem muito próximas umas das outras e a folhagem se sobrepuser em grande extensão, a luz na maioria dos lugares sombreados não será mais suficiente para manter positivo o balanço de CO<sub>2</sub>, conseqüentemente o rendimento da cultura será reduzido.

A densidade ideal de plantas de yacón não está definida (Kakihara et al.; 1996; Vilhena 1997; Amaya, 2000). Estes autores relatam ter plantado yacón em covas distanciadas entre 0,80m e entre fileiras de 1,0m.

Assim, altos rendimentos dependem, em boa parte, da escolha correta da população de plantas por hectare que permita às plantas expressarem seu potencial genético (Choairy e Fernandes, 1983)

## 2.5. Potencial de utilização

O potencial econômico desta planta se deve principalmente às propriedades benéficas à saúde, e ao elevado conteúdo de FOS nas raízes tuberosas. Atualmente, as únicas plantas utilizadas comercialmente na extração de FOS são a chicória (*Cichorium intybus*) e alcachofra de jerusalém (*Helianthus tuberosus*) porém são espécies com baixo índice de colheita, sendo pequena a extração de FOS em relação à sua produção total (Grau & Kortsarz, 2001).

Kanno (1989) ressalta as propriedades medicinais da planta ao afirmar que as raízes tuberosas de yacón armazenam frutanos como carboidratos de reserva, sendo considerado um alimento dietético e pouco calórico. Relata ainda, que o consumo das raízes “in natura” ou da infusão das folhas e de caules secos resulta numa regressão na taxa de glicose no sangue para os casos de diabetes. A National Research Council (1989) considera que os produtos desta planta são alimentos promissores, dietéticos e medicinais por apresentarem nos rizóforos e nas raízes tuberosas 60 a 70 % de frutanos na massa seca, prontamente hidrolisáveis a frutose, com maior vantagem que *Helianthus tuberosus*, *Dahlia* sp. e *Cichorium intybus*, plantas importantes na produção de frutanos.

Segundo Figueiredo-Ribeiro et al. (1992) os frutooligosacarídeos têm importância devido a seu emprego na medicina, na obtenção de xaropes ricos em frutose com elevado poder edulcorante, são empregados como adoçante na alimentação de diabéticos e na produção de álcool por fermentação. Hata et al. (1983), Kosaric et al. (1984) e Hidaka et al. (1987), afirmaram que os frutanos exercem efeitos benéficos na flora intestinal humana, além do seu efeito hipoglicemiante. Proporcionam baixas quantidades de calorias e atravessam o trato digestivo diretamente, pois o organismo humano não possui enzimas para a sua hidrólise.

Para Isejima (1997) os FOS, em comparação com a sacarose, amido e açúcares simples, apresentam propriedades altamente benéficas à saúde, são anticariogênicos

por não serem utilizados pela microflora bucal que leva à formação de ácidos e poliglucanos; e apresentam baixas calorias, o que os torna adequados para serem utilizados em doces, alimentos dietéticos e, especialmente, para o consumo por indivíduos diabéticos. Além disso funcionam como fibras dietéticas, pois passam através do intestino delgado sem serem digeridos, alcançando o intestino grosso, onde são utilizados como substrato para fermentação bacteriana, estimulando a proliferação das bifidobactérias no colo intestinal, aliviando a prisão de ventre.

Vilhena (1997), Fukay et al, (1993) encontraram nas raízes tuberosas de yacón, fruto oligossacarídeos do tipo inulina similares aos encontrados em espécies como *Helianthus tuberosus* e *Chicorium intibus*; sinalando que a pesar de ser ainda pouco estudado esta planta, apresenta um enorme potencial de produção pelas propriedades benéficas deste açúcar na saúde humana principalmente.

Lemonica (1997) confirmou o efeito hipoglicemiante do extrato aquoso das folhas de yacon em ratas, constatando que o tratamento reduziu significativamente a glicemia dos animais diabéticos. Em trabalhos recentes, Grau et al. (2001) e Aybar et al. (2001) confirmam esses resultados, relatando que se tem tratado ratas com indução “artificial” do diabetes, com extratos de folhas de yacón na forma oral, bem como por via parenteral, com resultados positivos, concluindo que os extratos foliares de yacón têm a capacidade de aumentar os níveis de insulina no sangue, conseqüentemente, reduzindo os níveis de glicose, argumentos que reforçam o uso popular do chá do yacón.

Kakuta et al. (1992) referem se esta uma planta altamente resistente ao ataque de insetos, característica conferida pela presença nas folhas de tricomas simples, densamente distribuídos na superfície e os glandulares, em menor número, contendo exudados de ácido ent-kaurénico em altas concentrações. Os autores sem reportarem evidências sobre a atividade biológica destes constituintes, sugerem que o rol ecológico e/ou fisiológico das concentrações deste ácido conferem a esta planta mecanismos de defesa natural contra insetos.

Dip et al. (1996) estudaram as estruturas secretoras nas hastes e folhas de plantas de yacón. Identificaram idioblastos em todos os órgãos vegetativos contendo várias substâncias e canais secretores nas folhas. Machado (1997) verificou a natureza química do material secretado nas raízes tuberosas de reserva e rizóforos, onde ocorre o acúmulo de frutanos do tipo inulina. Nas raízes de fixação e absorção, encontrou canais secretores de

substâncias lipofílicas sendo que o epitélio secretor é constituído por quatro células portadoras das estrias de Cáspar.

Takasugi & Masuda (1996) isolaram dos exudados de tricomas glandulares de folhas desta planta, um sesquiterpeno e um diterpeno das fitoalexinas, sugerindo que estas substâncias são antagonicas a insetos, concordando com Grau et al. (2001) ao afirmarem que as folhas de yacón apresentam uma espessa trama pilosa que dificulta o acesso de muitos insetos e, simultaneamente, uma elevada densidade de glândulas, provavelmente com sesquiterpenos tóxicos que protegem a planta; característica que tem contribuído para que o cultivo desta planta se realize sem emprego de pesticidas.

## **2.6. Aspectos fisiológicos**

A utilização da técnica de Análise de crescimento vegetal dos parâmetros de crescimento vegetal como metodologia de análise teve início no começo do século XX, com os fisiologistas Briggs et al. 1920a, passando então a ser usada como método básico para estimar a produtividade biológica das comunidades vegetais.

As técnicas da análise de crescimento, com suas derivações e as condições necessárias para o seu uso correto, foram descritas por Radford (1967) utilizando um método alternativo que envolve um cálculo matemático da massa seca e da área foliar em função do tempo, seguido de cálculos das estimativas instantâneas de diferentes parâmetros do crescimento. O autor afirma que este método deve ser utilizado quando se deseja uma avaliação do crescimento da planta, sendo requeridas duas medidas básicas para a execução de uma análise simples de crescimento: fitomassa MS (massa seca total) e o tamanho do aparelho fotossintetizante AF (área foliar). Assim a razão de área foliar (RAF) é composta da razão de massa foliar (RMF), que indica diferencial de produtos fotossintéticos entre o crescimento da folha e outras partes da planta, e da área foliar específica.

A Área foliar específica AFE, representa as diferenças no espessamento foliar, ou seja, permite verificar se as plantas estão acumulando fotoassimilados em suas folhas ou translocando-os para outros órgãos (Radford 1967).



Takeda (1961) também relata que as variações da quantidade de fitomassa e de área foliar são utilizadas com o tempo, na estimativa de vários índices fisiológicos, tais como: taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa de assimilação líquida (TAL) e índice de área foliar (IAF), que podem ser avaliados, na tentativa de explicar diferenças na produção econômica de diferentes cultivares ou da mesma cultivar submetida a diferentes condições. No entanto, tem sido demonstrado que o aumento da área foliar não significa, necessariamente, aumento da massa seca, visto que há uma razão inversa entre o índice de área foliar e a taxa de assimilação líquida em altos níveis de IAF, em decorrência do auto-sombreamento. Deve ser ressaltado que, nem sempre a avaliação da produtividade primária de uma cultura indica a produtividade econômica ou agrícola (Benicassa, 1988)

De acordo com Sesták et al., (1971) a análise de crescimento permite determinar a produção líquida ou a produtividade primária, que pode ser definida como todo material formado por uma comunidade vegetal por unidade de área durante um intervalo de tempo, a qual pode ser avaliada em termos de ganho de massa seca ou de carbono ou, ainda, considerando-se a energia solar fixada. A razão entre a massa seca dos diferentes órgãos e de massa seca total, descreve a distribuição de massa dentro da planta. A determinação de outros parâmetros utilizados na análise de crescimento, requer o conhecimento da dimensão do aparelho assimilador, avaliado pela área foliar. Assim, a relação área foliar/unidade de área defere em comunidades vegetais é de grande importância para a planta, denominado-se índice de área foliar (IAF).

Gonçalves & Müller (1979) descreveram a análise de crescimento como a parte da fisiologia vegetal em que se usam modelos matemáticos para avaliar os índices de crescimento das plantas, muitos deles relacionados com a atividade fotossintética, sendo que por ela é possível quantificar diferenças entre espécies importantes, nos estudos ecofisiológicos das plantas. Os fatores ambientais como a luz, temperatura, concentrações de CO<sub>2</sub> e a disponibilidade de água e nutrientes de cada local, afetam sensivelmente a taxa assimilatória líquida, a taxa de crescimento relativo e a razão de área foliar destas plantas. Outros autores assinalam também que com a análise de crescimento é possível avaliar a potencialidade das plantas de interesse nos programas de fitomelhoramento.

O crescimento de plantas sob diferentes condições ambientais pode ser medido de diversas maneiras, tais como tamanho, número ou massa de seus órgãos.

Entretanto, para o estudo da assimilação de carbono e sais minerais e suas subseqüentes partições dentro de uma planta, deve-se utilizar preferencialmente a descrição de crescimento em termos de incrementos de massa seca (MS) e área foliar (AF) (Whale et al., 1985)

De acordo com Pereira & Machado (1987), a comunidade vegetal é dinâmica e passa por variações constantes tanto no número como no tamanho, na forma, na estrutura e na composição química dos indivíduos; porém, a análise quantitativa de crescimento seria o primeiro passo na análise da produção vegetal, requerendo informações referentes à quantidade de material contido na planta como um todo e em suas partes (folhas, caules, raízes e frutos) sendo que tais informações seriam obtidas a intervalos de tempo, respeitando o ciclo de vida do vegetal.

Segundo Benincasa (1988), a análise de crescimento de plantas tem sido utilizada para avaliar diferenças no crescimento, seja de ordem genética ou em relação às modificações ambientais e condições de cultivo a que as mesmas estão sujeitas. É um meio acessível e preciso para avaliar o crescimento e inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal, baseado no fato de que 90% da massa seca acumulada ao longo do desenvolvimento das plantas, são o resultado da fotossíntese. Benincasa (1988) afirma que o aspecto fisiológico mais importante neste procedimento é a fotossíntese líquida, definida como a diferença entre a fotossíntese bruta e o que é consumido pela respiração.

A produção econômica de um cultivar é a somatória de todas as interações que ocorrem entre a planta e o ambiente; mas a compreensão da natureza e dos controles intrínsecos das plantas exige mensurações mais detalhadas, além da produção final. A análise quantitativa do crescimento é o primeiro passo na análise da produtividade primária de uma espécie (Benincasa, 1988).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Localização e caracterização da área experimental**

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Produção Vegetal/Horticultura, da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), da Universidade Estadual Paulista - UNESP, situada a 22° 50' 34" de Latitude S e 48° 26' 0" de Longitude W Gr, com altitude em torno de 795 metros. (FONTE: Laboratório de Cartografia e Fotometria do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP. Botucatu).

#### **3.2. Clima**

A região de Botucatu -SP, segundo os critérios adaptados de Köppen, baseados nas observações meteorológicas, apresenta clima temperado Mesotérmico Cfa, onde "C" é a zona climática, "f" é variedade climática específica em termos de umidade e "a" é o subtipo térmico; esta região é constantemente úmida, tendo quatro meses com temperaturas médias superiores a 10°C, sendo a temperatura do mês mais quente igual ou superior a 22°C Martins (2002). No período de condução do experimento (junho 2001 a janeiro de 2002), foram registradas as temperaturas e a precipitação pluviométrica. A temperatura média mensal variou de 16,7 a 21,4°C, e a precipitação pluvial alcançou 75mm entre os meses de novembro, dezembro de 2001 e janeiro de 2002 (Figura 1).

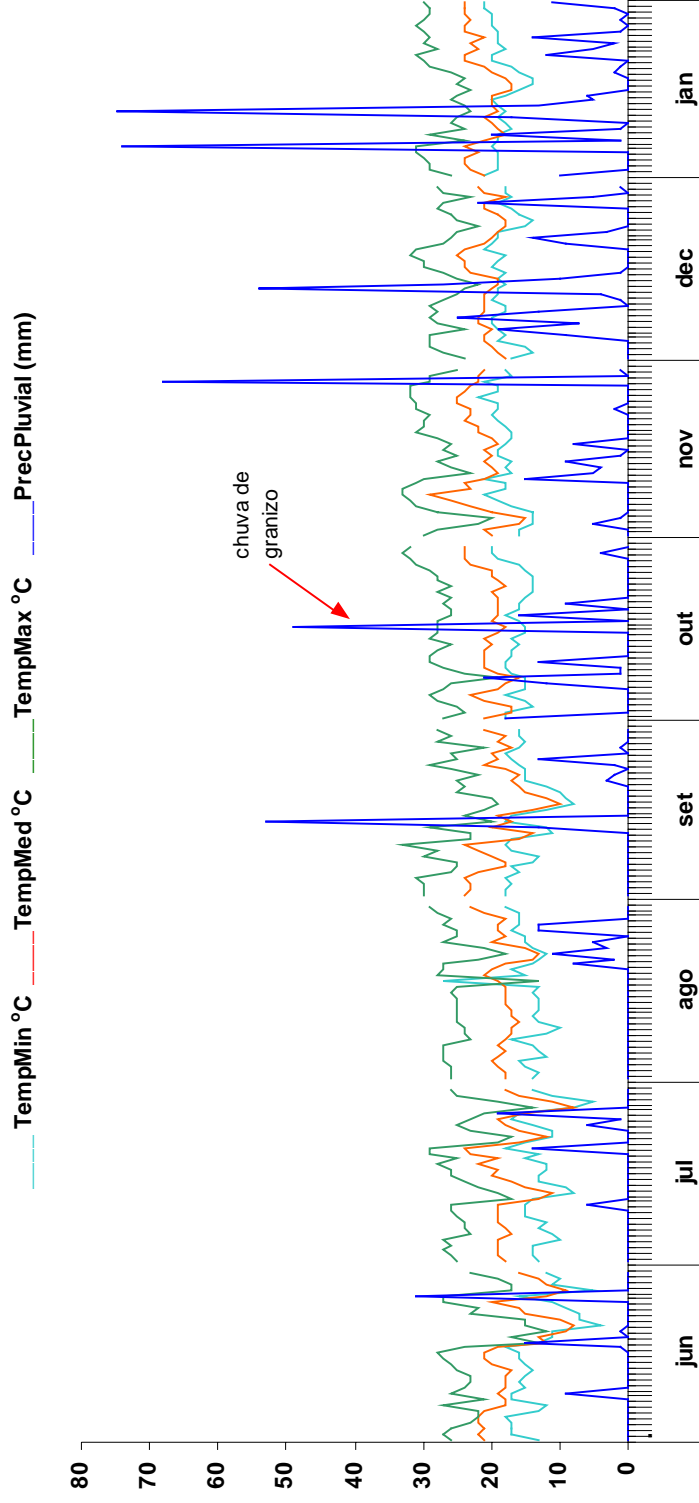


Figura 1. \* Resultados diários de temperaturas máximas, médias, mínimas (°C) e precipitação pluvial (mm) registradas de junho 2001 até janeiro 2002, período de realização do experimento. Botucatu-SP. 2002.

- \* Dados fornecidos pelo posto meteorológico do Departamento de Recursos Naturais da FCA/UNESP.
- 20 de outubro de 2001, chuva de granizo.

### 3.3. Solo

O solo onde foi instalado o experimento é classificado como Unidade Lageado Nitrosolo Vermelho, de acordo com os critérios da EMBRAPA (1999). As amostras de solo foram coletadas no dia 15 de março de 2001, na profundidade de 0 a 20cm, e corrigido, com base na análise química do solo realizada pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais da FCA (Tabela 1), de acordo com a metodologia de Raij & Quaggio (1983).

TABELA 1. Análise química do solo classificado como Unidade Lageado Nitrosolo Vermelho da área experimental (Embrapa 1999), na profundidade de 0 a 20cm. Botucatu-SP. 2002.

pH (CaCl <sub>2</sub> )	MO (g dm <sup>-3</sup> )	P <sub>resina</sub> (mg dm <sup>-3</sup> )	H <sup>+</sup> +Al <sup>+3</sup> -----	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup> -----	Mg <sup>+2</sup> -----	SB	CTC	V (%)
----- (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) -----									
5,0	17	13	25	2,5	25	9	36	61	59

FONTES: Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais da FCA-UNESP. Botucatu.

### 3.4. Delineamento experimental e caracterização do experimento

O experimento foi instalado em blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram compostas pelos espaçamentos entre linhas L<sub>1</sub>=1,0m, L<sub>2</sub>=1,2m, L<sub>3</sub>=1,4m e as subparcelas, pela combinação de espaçamentos entre plantas P<sub>1</sub>=0,8m e P<sub>2</sub>=1,0m; e a procedência das plantas: rizóforos (Y<sub>1</sub>) e gemas axilares (Y<sub>2</sub>). Os tratamentos foram resultantes das combinações entre espaçamentos e procedência da planta, repetidos em quatro blocos. (Tabela 2 e Figura 3).

Tabela 2. Caracterização dos tratamentos utilizados no experimento. Botucatu-SP. 2002.

No	Tratamentos			Espaçamentos			Origem	Plantas.ha <sup>-1</sup>	
				linhas	plantas				
1	L <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	1,0m	x	0,8m	x	rizóforos	12500
2	L <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	1,0m	x	0,8m	x	gemas axilares	12500
3	L <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub>	1,0m	x	1,0m	x	rizóforos	10000
4	L <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	1,0m	x	1,0m	x	gemas axilares	10000
5	L <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	1,2m	x	0,8m	x	rizóforos	10417
6	L <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	1,2m	x	0,8m	x	gemas axilares	10417
7	L <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub>	1,2m	x	1,0m	x	rizóforos	8333
8	L <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	1,2m	x	1,0m	x	gemas axilares	8333
9	L <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	1,4m	x	0,8m	x	rizóforos	8928
10	L <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	1,4m	x	0,8m	x	gemas axilares	8928
11	L <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub>	1,4m	x	1,0m	x	rizóforos	7143
12	L <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	1,4m	x	1,0m	x	gemas axilares	7143

### 3.4.1. Parcela Experimental

A parcela experimental foi constituída por 25 plantas, cuja área variou de acordo com as combinações entre os espaçamentos das plantas e das linhas (Figuras 2 e 3).

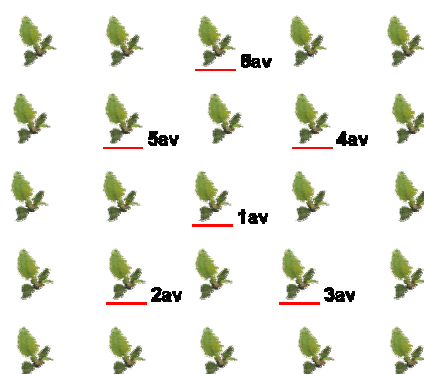


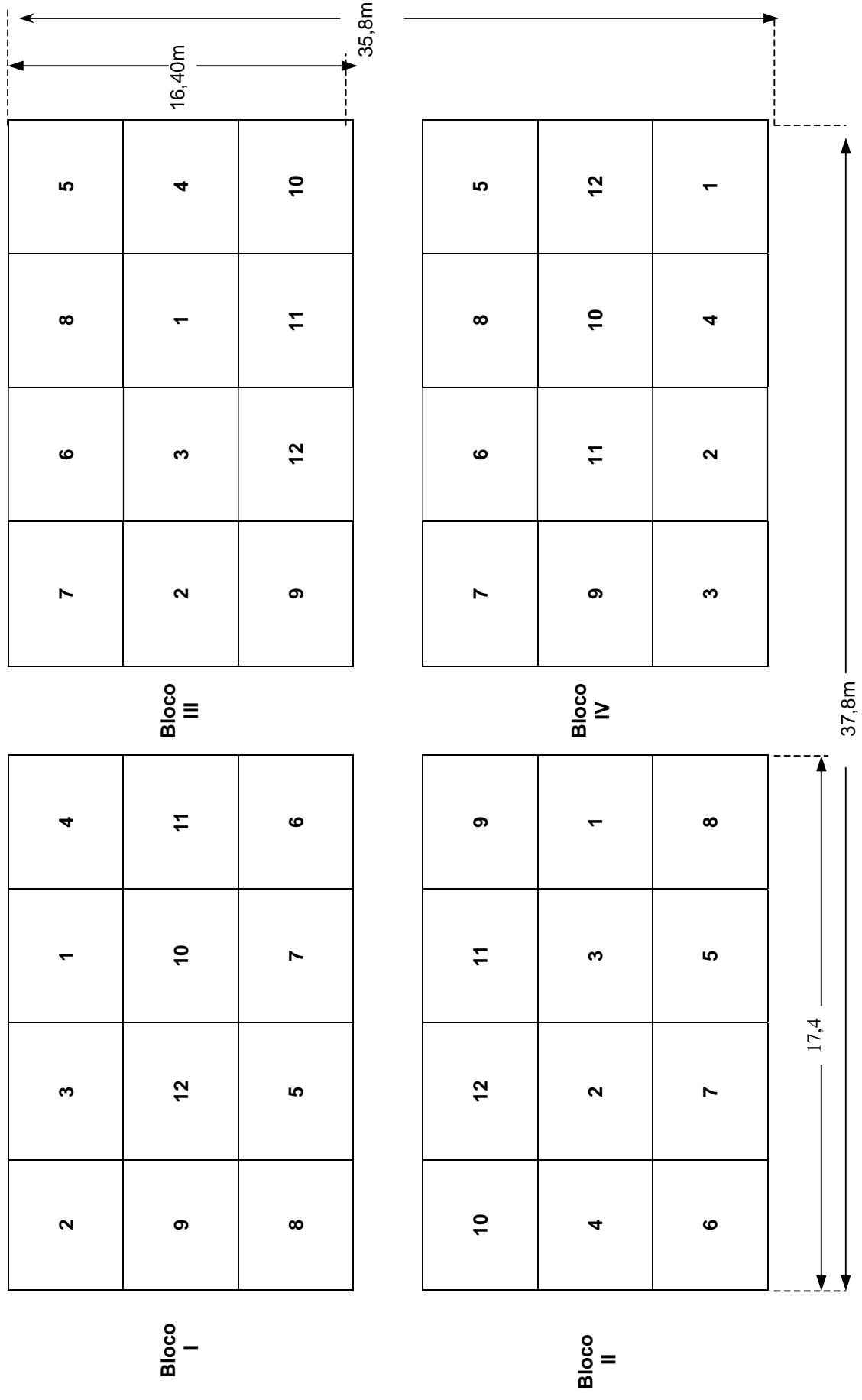


Figura 2. Diagrama da parcela experimental. Botucatu-SP. 2002.

-  Plantas utilizadas para avaliação da produtividade -análise de crescimento (Anacres)
-  Plantas utilizadas para avaliação da produção final.



AREA TOTAL 1.353,24m²

Figura 3. Representação da área experimental e distribuição dos tratamentos . Botucatu-SP. 2002.

### 3.4.2. Obtenção das gemas axilares

A gemas axilares foram obtidas de plantas adultas de yacón, cultivadas em estufa, exclusivamente para este fim (Figura 4a), extraídas com ajuda de um bisturi e plantadas em bandejas de isopor de 72 células, em substrato de húmus de minhoca com casca de arroz carbonizada, na proporção de 1:1.



Figura 4. a) Plantas matrizes de yacón conduzidas em estufa para extração de rizóforos e gemas axilares. b) Planta com gemas axilares. Botucatu-SP. 2002.

### 3.4.3. Rizóforos

Os rizóforos foram obtidos a partir de plantas conduzidas em estufa após seis meses de ciclo (Figura 4a). Com ajuda de tesoura de poda separaram-se as massas de rizóforos das raízes tuberosas e da parte aérea e, posteriormente, utilizando-se uma faca, preparou-se as estruturas de modo a atingirem massa média de 60g. (Figura 5a, 5b).



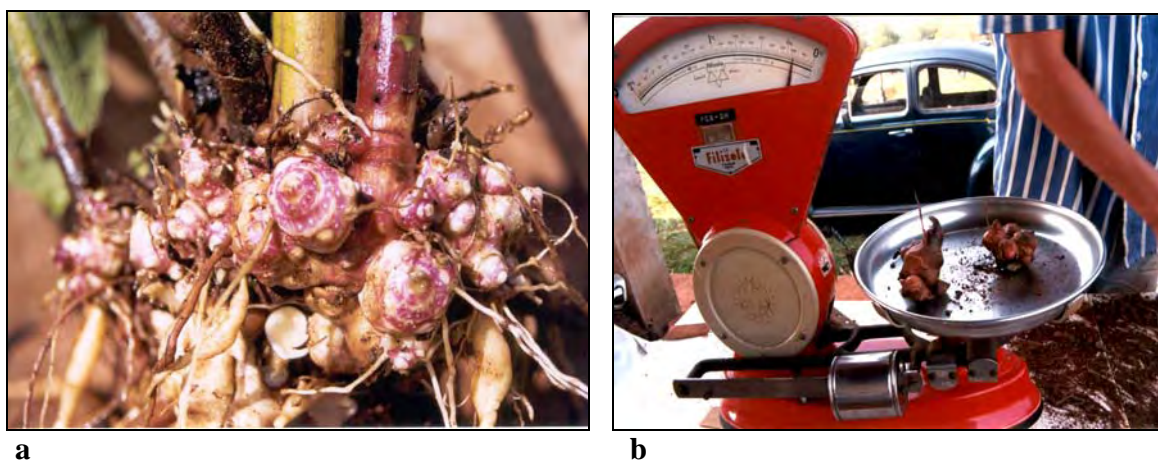


Figura 5. a) Massa de rizóforos de yacón. b) Seleção e peso das estruturas. Botucatu-SP. 2002.

#### 3.4.4. Enraizamento das gemas axilares em casa-de-vegetação

Após serem acondicionadas em bandejas, as gemas foram levadas à casa-de-vegetação para indução do enraizamento. A temperatura programada foi de 24°C, irrigando-se quatro vezes por dia até aparecimento das raízes nas gemas axilares ocorrida aos 15 dias. A seguir as bandejas foram mantidas por mais 10 dias com apenas uma irrigação diária para aclimação (Figura 6). Posteriormente, as plântulas foram levadas ao campo e transplantadas de acordo com o desenho experimental estabelecido.

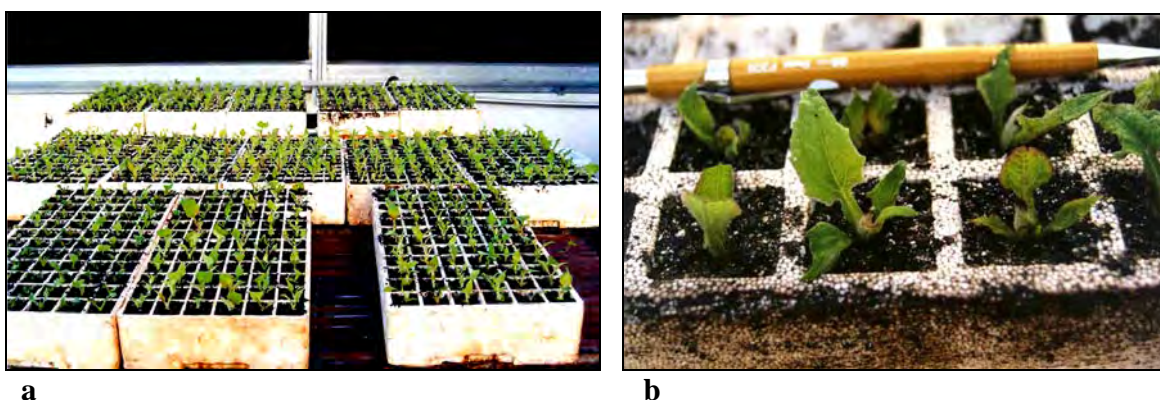


Figura 6. a) Propagação de gemas axilares em bandejas de isopor em casa de vegetação. b) Plântulas de yacón antes do plantio em campo. Botucatu-SP. 2002.

### 3.4.5. Instalação e condução do experimento

Com base na análise química do solo (Tabela 1) realizou-se a calagem para elevar a saturação de bases para 70%, conforme as recomendações de Raij (1985). Este procedimento foi efetuado dois meses antes do plantio, com a aplicação de calcário dolomítico com 91% de PRNT, 29% de CaO e 19% de MgO, na quantidade de  $750 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , incorporados durante o preparo do solo, com arado. O preparo secundário do solo foi feito com grade niveladora e os canteiros levantados com enxada, seguindo os espaçamentos entre linhas conforme descrição dos tratamentos (Tabela 2, Figura 7).

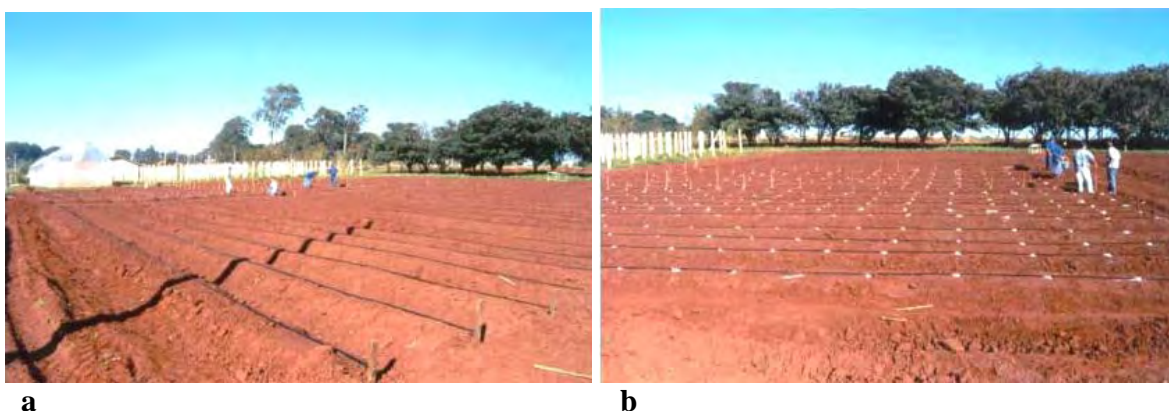


Figura 7. a) Preparo dos canteiros de acordo com os espaçamentos entre linhas. b) Marcação do campo para definir os espaçamentos entre plantas. Botucatu-SP. 2002.

### 3.4.6. Fonte dos fertilizantes e épocas de aplicação

De acordo com Amaya (2000), o experimento foi adubado utilizando-se 150, 160 e  $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente, utilizando-se como fonte de nitrogênio a uréia (45% de N), a de fósforo o superfosfato triplo (41% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), e de potássio o cloreto de potássio (60% de  $\text{K}_2\text{O}$ ). O superfosfato triplo foi aplicado na totalidade junto com a primeira adubação de plantio. A uréia e o cloreto de potássio foram aplicados parcelados e incorporados da seguinte forma: nitrogênio 1/3 ao plantio, 1/3 aos 80 dias e 1/3 aos 120 dias

após plantio; potássio 1/4 ao plantio, 1/4 aos 80 dias e 2/4 aos 120 dias após plantio. O fornecimento de água foi feito utilizando-se gotejamento, após observação diária da necessidade de irrigação (Figura 8).



Figura 8. Plantio de rizóforos e mudas de gemas axilares de acordo com os espaçamentos. Observar o sistema de irrigação por gotejamento. Botucatu-SP. 2002.

### 3.4.7. Épocas das Avaliações

As avaliações dos tratamentos iniciaram-se aos 97 dias após plantio (DAP) com a colheita de uma planta por tratamento, de acordo com a programação registrada na figura 2. A colheita das plantas foi realizada pela manhã e a seguir o material conduzido ao laboratório para a realização das avaliações previstas. Foram realizadas seis colheitas durante o desenvolvimento, a partir da instalação do experimento, ou seja, aos 97, 117, 137, 157, 182 e 212 DAP. A colheita relativa à produção de massa fresca foi realizada aos 224 DAP.

### **3.5. Características avaliadas**

#### **3.5.1. Altura de planta**

A altura de planta (cm) foi determinada medindo-se a distância compreendida entre o colo da planta e o ápice foliar da sua maior haste, da planta selecionada para este fim.

#### **3.5.2. Número de folhas**

Foi realizada a contagem de folhas de uma planta de cada tratamento e quantificada como a média de quatro repetições, a cada colheita ao longo do período do experimento.

#### **3.5.3. Distribuição de massa seca**

De acordo com Benincasa (1988) a distribuição de massa seca permite inferir outro processo fisiológico pouco estudado, que é a translocação orgânica, calculada em porcentagem de massa seca de cada órgão em relação à massa seca total ao longo do ciclo ou nas fases de maior interesse.

A parte aérea da planta foi destacada da parte radicular e ambas pesadas separadamente para obtenção do peso da massa fresca das estruturas. A seguir as amostras foram secas em estufa com circulação de ar forçada à temperatura de 65°C, determinando-se a massa seca das raízes tuberosas (MSRT), de folhas (MSF), pecíolos (MSP) e da parte aérea (MSPA). A massa de matéria seca, foi obtida em balança digital, Deltrange PC 2200, com precisão de 0,01 g.

### 3.5.4. Área foliar (AF)

Foi calculada com base na área foliar média de duas folhas do terço superior da planta, multiplicada pelo número de folhas da haste principal e pelo número de hastes da planta de cada tratamento, e os resultados expressos em  $\text{dm}^2$ , por meio de um integrador digital, Automatic Área Meter, modelo AAM-8, Hayashi Denkoh CO.

### 3.5.5. Índices fisiológicos da análise de crescimento

Foram efetuadas seis coletas de plantas aos 97, 117, 137, 157, 182 e 212 DAP. Em cada amostragem foi avaliada uma planta por tratamento de cada repetição. Os índices fisiológicos foram calculados parâmetros utilizando o programa Anacres (Portes & Castro Júnior, 1991). Após ajuste de AF e MS em relação ao tempo segundo esquema exponencial cúbico.

- a) Área Foliar Específica (AFE) em  $\text{dm}^2/\text{g}$

$$AFE = \frac{AF}{MSF}$$

Onde: AF=área foliar

MSF= massa seca das folhas

- b) Taxa de Crescimento da Cultura (TCC), em  $\text{g}/\text{dm}^2 \times \text{dia}$

$$TCC = \frac{dMST}{dt}$$

Onde:

MST= massa seca total

t= tempo

c) Índice de área foliar (IAF), em  $\text{dm}^2/\text{dm}^2$

$$IAF = AFT/S$$

Onde:

AF= área foliar

S= superfície

d) Taxa assimilatória líquida (TAL), em  $\text{g}/\text{dm}^2 \times \text{dia}$

$$TAL = \frac{dMST}{dt} \times \frac{1}{IAF}$$

Onde:

MST=massa seca total

IAF= índice de área foliar

e) Taxa de crescimento relativo (TCR), em  $\text{g}/\text{g} \times \text{dia}$ .

$$TCR = \frac{d(\ln MST)}{dt}$$

Onde:

MST=massa seca total

T= tempo

### **3.6. Análise química das raízes tuberosas em HPLC**

A análise da constituição química das raízes tuberosas de yacón foi realizada no Laboratório de Análise Química do Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT) da UNESP, campus de Botucatu, por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) ou High Performance Liquid Chromatography (HPLC). Selecionaram-se as três maiores raízes de cada tratamento, descascando-as e utilizando a parte central de cada raiz; estas eram misturadas e liquidificadas para obtenção das amostras, e colocadas no freezer. As amostras de raízes frescas foram trituradas num mix por aproximadamente 4 a 5 minutos; em seguida, foram diluídas na proporção 1/10 com água deionizada, para ficar em torno de 1 °Brix, a fim de que a diluição ficasse na mesma concentração que o padrão. Após diluição, a amostra foi aquecida em banho-maria a 30°C para facilitar a solubilidade dos açúcares e foi centrifugada a 12.000 rpm durante 8 minutos para separar as partículas sólidas. Em seguida foi filtrada em vácuo para degaseificar, em membrana PVDF, com poro de 0,22 $\mu$ m, 13mm de diâmetro e hidrofílica, com auxílio de um “rolder” e seringa de 1 ml, com a finalidade de reter material sólido, e colocando-se em frasco do injetor automático vial. O tempo de corrida foi igual a 30 minutos.

### **3.7. Produção da parte aérea e das raízes tuberosas**

Por ocasião da colheita, aos 224 dias, foram avaliados os seguintes itens: produção da massa fresca da parte aérea, expressa em t.ha<sup>-1</sup>; produtividade total comercial da massa fresca das raízes tuberosas, expressa em t.ha<sup>-1</sup>; e classificação de raízes tuberosas em graúdas, médias e refugos, de acordo com critério pessoal e expressa em t.ha<sup>-1</sup>.

### **3.8. Análise econômica.**

#### **3.8.1. Coleta de dados e custos unitários**

Os dados e informações referentes aos preços e coeficientes técnicos de todos os fatores de produção (Anexos 1 e 2) foram fornecidos pela Fazenda Experimental de Produção e Pesquisa (FEPP), da FCA/UNESP, Campus de Botucatu, em setembro de 2002.

#### **3.8.2. Indicadores de avaliação econômica**

Os resultados totais da produção de raízes tuberosas foram submetidos à análise econômica, segundo a metodologia de custo operacional efetivo do Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (IEA/SAASP), descrita por Matsunaga et al. (1976), com indicadores de: Receita, Receita líquida e Relação Benefício/Custo (RBC).

Os cálculos da Receita ( $R$ ) foram obtidos por multiplicação do preço pago ao produtor pelo total da produção.ha<sup>-1</sup>. Para a produção total de cada tratamento, a Receita Líquida ( $RL$ ) foi obtida pela diferença entre a Receita e o Investimento para cada tratamento.

O indicador RBC é muito utilizado e de interpretação relativamente fácil em comparação com outros indicadores, embora apresente diversas limitações dentre as quais se destaca a insensibilidade à escala e à duração do projeto Ospina, (1998). Considerando-se exclusivamente este projeto para avaliação do investimento, Noronha (1987) e Noronha e Duarte (1995) sugerem a aprovação do projeto quando  $RBC > 1$ .

A RBC, é calculado pela fórmula:

$$RBC_1 = R_1 / I_1$$

Onde: o numerador  $R_1$  é a receita do tratamento, e o denominador  $I_1$  é o valor do investimento.



### 3.9. Análise estatística

A análise de variância foi realizada considerando-se nível de 5% de significância para o teste “F”, desdobrando-se as interações quando significativas, a partir dos resultados biométricos: altura de planta, massa seca total, área foliar, acúmulo de açúcares e produção de fitomassa. Para a análise do número de folhas, realizaram-se as transformações dos dados originais em  $\sqrt{X + 0,5}$ . Empregou-se o teste de Tukey a 5%, para o estudo de comparação de médias (Steel & Torrie, 1985). A análise estatística foi realizada utilizando-se o programa SAS (1998) e as regressões pelo programa Ajuste, de Zullo Jr. & Arruda (1986).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Altura da planta**

A análise de variância apresentada na Tabela 3, revelou diferenças entre as alturas de plantas originárias de rizóforos e de gemas axilares ao longo do desenvolvimento. Os resultados da sexta avaliação, e a colheita da produção, coincidiram com a floração total das plantas.

Com relação à altura da planta, Benincasa (1988) afirma que a determinação é fundamental no sentido de se obter uma visão mais precisa do crescimento de uma espécie vegetal, porém esta medida pode ser afetada pelo vento na ocasião da medição ou por déficits hídricos, podendo oscilar ao longo de uma mesma série de avaliações.

É importante ressaltar que as diferenças para esta característica na fase inicial, foram devidas ao fato de que as plantas provenientes de rizóforos aproveitaram as reservas acumuladas nestas estruturas de reprodução vegetativa para serem translocadas às plântulas no período inicial; no entanto, as plantas originárias de gemas axilares foram submetidas a um período de aclimação, estresse hídrico e baixas temperaturas, que afetaram provavelmente seu desenvolvimento inicial.

Tabela 3. Análise de variância da altura das plantas (cm) de yacón, oriundas de rizóforos e de gemas axilares em diferentes espaçamentos  $L_1=1,0m$ ;  $L_2=1,20m$ ;  $L_3=1,40m$  e  $E_1=1,0m$  e  $E_2=1,2m$ . Botucatu-SP. 2002.

Causas de variação	G.L.	Dias após o plantio ( $P \leq 0,05$ )					
		97	117	127	157	182	212
Linha	2	0,6281	0,7502	0,3741	0,8577	0,4531	<b>0,0255</b>
Bloco	3	0,0191	0,3342	0,5721	0,0202	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>
Espaç.	1	0,3334	0,6733	0,8259	0,3879	0,3593	0,6036
Orig.	1	<b>0,0221</b>	<b>0,0013</b>	<b>0,0077</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0005</b>
Esp x orig.	1	0,4008	0,2819	0,8407	0,6713	0,3941	0,6257
Linh x espaç.	2	0,9589	0,8886	0,1483	0,3514	0,7408	0,8805
Linh x orig.	2	0,0979	0,5141	0,9864	0,0762	0,6065	0,0491
Linh x espaç x orig.	2	0,0400	0,6128	0,2725	0,9355	0,6940	0,0774
Espaç. d. rizóf.	1	0,9267	0,2907	0,9887	0,3637	0,2143	0,4775
Espaç. d. gemas	1	0,2046	0,6386	0,7654	0,7535	0,9628	0,9822
CV (%)		35,80	37,12	28,66	17,41	12,91	10,00

\*Valor de P significativo quando  $\leq 0,05$

A maior altura de plantas originárias de rizóforos na sexta colheita, foi observada nos tratamentos  $L_{3=1,40m}E_{2=0,1m}$  com 206,5 cm;  $L_{3=1,40m}E_{1=1,0m}$  com 204,8 cm; e  $L_{1=1,0m}E_{1=0,8m}$  com 204,0 cm; sendo que nas plantas originárias de gemas axilares as maiores alturas ocorreram nos tratamentos  $L_{3=1,40m}E_{1=0,8m}$  com 184,3 cm;  $L_{2=1,2m}E_{1=0,8m}$  com 177,8 cm e  $L_{3=1,40m}E_{2=0,80m}$  com 171,8 cm; A partir das médias dos dados originais foram elaboradas as Figuras 9 e 10, em que se observa crescimento com tendência ascendente das plantas de ambas as origens com elevados coeficientes de regressão (Tabela 4). De maneira geral os maiores espaçamentos influenciaram em maiores alturas de plantas a exceção do tratamento  $L_1E_1Y_1$  provavelmente influenciado pela maior densidade propiciando o estiolamento.

Os resultados alcançados no experimento concordam com Zardini (1991), que descreve plantas de yacón medindo em torno de 2,0 a 2,5 m, entretanto León (1968) e Kanno (1989) relatam ter encontrado plantas de yacón com alturas variando de 1,0 a 1,15 m em diferentes densidades de plantio. Por sua vez Tsukihashi et al. (1995) trabalhando com duas densidades, obteve plantas com 0,91 e 1,12 m para as densidades alta e baixa, respectivamente. Nina-Montiel (1996) reporta ter obtido plantas com 2,10 m na etapa de máximo crescimento, que coincide com a floração. Estas variações permitem inferir que esta

variável é influenciada pelos fatores ambientais como água, luz, temperatura, de altitude e latitude principalmente.

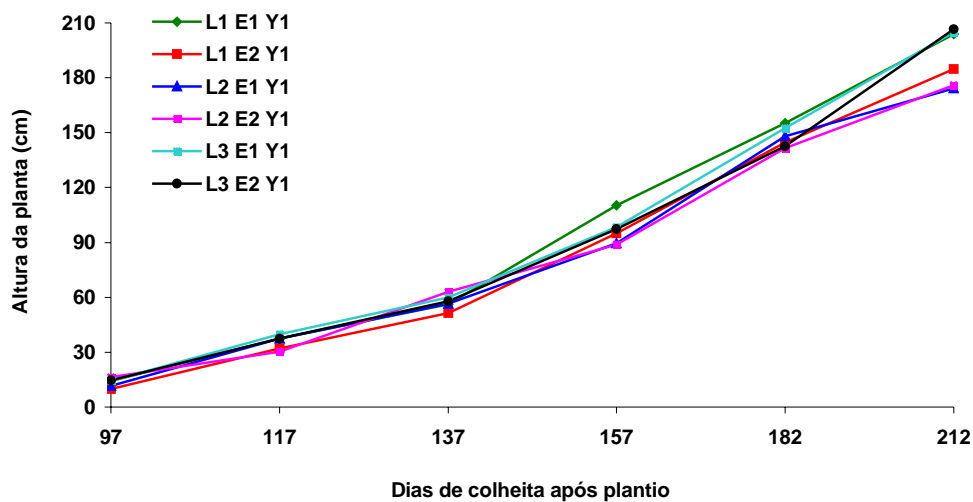


Figura 9. Altura de plantas oriundas de rizóforos em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0\text{m}$ ,  $L_2=1,2\text{m}$ ,  $L_3=1,4\text{m}$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0\text{m}$ ). Botucatu-SP. 2002.

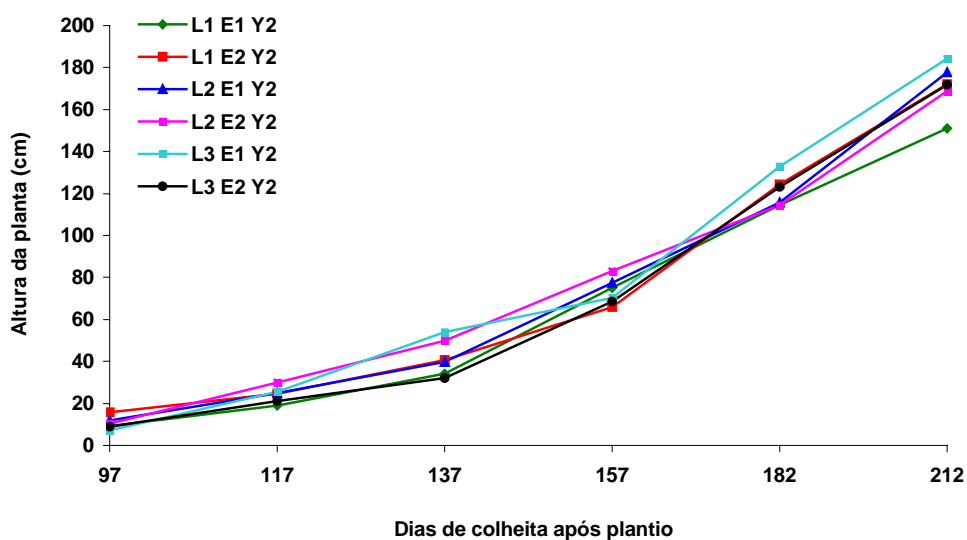


Figura 10. Alturas de plantas oriundas de gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0\text{m}$ ,  $L_2=1,2\text{m}$ ,  $L_3=1,4\text{m}$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0\text{m}$ ). Botucatu-SP. 2002.

Tabela 4. Regressões exponenciais cúbicas da altura de plantas de yacón a partir de rizóforos e gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

Tratamento	Modelo exponencial cúbico	$r^2$
$L_1 E_1 Y_1$	$y = 2,269474 \times 10^{-2} \text{EXP}(9,210341 \times 10^{-2}x + - 2,838024 \times 10^{-4}x^2 + 2,44717 \times 10^{-7}x^3)$	0,992
$L_1 E_1 Y_2$	$y = 0,2077637 \text{EXP}(3,440949 \times 10^{-2}x + 9,753981 \times 10^{-5}x^2 - 5,259738 \times 10^{-7}x^3)$	0,996
$L_1 E_2 Y_1$	$y = 1,874674 \times 10^{-4} \text{EXP}(0,1790645x - 8,096865 \times 10^{-4}x^2 + 1,285049 \times 10^{-6}x^3)$	0,998
$L_1 E_2 Y_2$	$y = 7,622388 \text{EXP}(-6,426301 \times 10^{-2}x + 6,429093 \times 10^{-4}x^2 - 1,516093 \times 10^{-6}x^3)$	0,999
$L_2 E_1 Y_1$	$y = 2,131294 \times 10^{-4} \text{EXP}(0,1829498x - 8,57327 \times 10^{-4}x^2 + 1,403787 \times 10^{-6}x^3)$	0,996
$L_2 E_1 Y_2$	$y = 0,23842 \text{EXP}(4,349212 \times 10^{-2}x - 77,659543 \times 10^{-6}x^2 - 2,391761 \times 10^{-7}x^3)$	0,998
$L_2 E_2 Y_1$	$y = 7,131815 \times 10^{-2} \text{EXP}(7,433864 \times 10^{-2}x - 2,020747 \times 10^{-4}x^2 + 1,223656 \times 10^{-7}x^3)$	0,997
$L_2 E_2 Y_2$	$y = 1,464331 \times 10^{-4} \text{EXP}(0,1893994x - 9,1266 \times 10^{-4}x^2 + 1,550317 \times 10^{-6}x^3)$	0,997
$L_3 E_1 Y_1$	$y = 3,665319 \times 10^{-3} \text{EXP}(0,131473x - 5,484478 \times 10^{-4}x^2 + 8,053492 \times 10^{-7}x^3)$	0,994
$L_3 E_1 Y_2$	$y = 5,420076 \times 10^{-6} \text{EXP}(0,2418797x - 1,19079 \times 10^{-3}x^2 + 2,0499914 \times 10^{-6}x^3)$	0,994
$L_3 E_2 Y_1$	$y = 3,806402 \times 10^{-3} \text{EXP}(0,1321986x - 5,680991 \times 10^{-4}x^2 + 8,77767 \times 10^{-7}x^3)$	0,997
$L_3 E_2 Y_2$	$y = 0,189941 \text{EXP}(3,935658 \times 10^{-2}x + 4,246507 \times 10^{-5}x^2 - 3,617776 \times 10^{-7}x^3)$	0,996

#### 4.2. Número de folhas

Observam-se diferenças nas avaliações aos 97, 117 e 157 DAP (Tabela 5), tendo ocorrido o maior número de folhas aos 182 dias em plantas de ambas as origens. Nos tratamentos originários de rizóforos  $L_1=1,0mE_1=0,8m$ ,  $L_2=1,2mE_2=1,0m$  e  $L_1=1,0mE_2=1,0m$  (Figura 11); e em plantas originárias de gemas axilares  $L_1=1,0mE_1=0,8m$ ,  $L_3=1,4mE_2=1,0m$  e  $L_1,0mE_2=1,0m$  (Figura 12), verificando-se as mesmas respostas entre as plantas das duas origens de plantas. Em geral, a ocorrência de maior número de folhas, ao longo das avaliações, ocorrem com as plantas originárias de rizóforos.

Em relação a esta variável, Benincasa (1988) indica que estas medidas fornecem informações importantes quanto à fenologia e são, muitas vezes, usadas para detectar diferenças entre os tratamentos estabelecidos. Assim, pode-se inferir que plantas com maior número de folhas, apresentam maior eficiência fotossintética e capacidade de armazenar

fotoassimilados para serem translocados às raízes tuberosas, principalmente, e outras partes da planta como gemas, ramos e flores, promovendo maior produtividade.

Tabela 5. Análise de variância do número total de folhas ( $\sqrt{x+0,5}$ ) de plantas de yacón, oriundas de rizóforos e gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

Causas de Variação	G.L.	Dias após o plantio ( $P \leq 0,05$ )					
		97	117	127	157	182	212
Linha	2	0,7792	0,3958	0,1423	0,5341	0,2642	0,0015
Bloco	3	0,3519	0,7277	0,0045	0,1179	0,0606	0,1769
Espaç.	1	0,7620	0,4138	0,6425	0,8402	0,1461	0,2233
Orig.	1	<b>0,0026</b>	<b>0,0003</b>	0,4564	<b>0,0056</b>	0,1881	0,4535
Esp x orig.	1	0,8551	0,1124	0,6254	0,7171	0,3915	0,9099
Linh x espaç.	2	0,3521	0,9984	0,1049	0,4861	0,1623	0,2607
Linh x orig.	2	0,9390	0,1179	0,9516	0,9516	0,7237	0,3471
Linh x espaç x orig.	2	0,0920	0,2869	0,7872	0,8767	0,8678	0,1776
Espaç. d. rizóf.	1	0,7315	0,0919	0,5016	0,6902	0,6616	0,4304
Espaç. d. gemas	1	0,9321	0,5711	0,9864	0,9094	0,10556	0,3445
CV (%)		25,70	35,00	24,90	21,40	16,00	18,50

\*Valor de P significativo quando  $\leq 0,05$

Observa-se também que aos 182 dias, as plantas da maioria dos tratamentos atingiram o número máximo de folhas em plantas de ambas as origens, sendo maior em plantas originárias de gemas axilares (Figuras 11 e 12). Observou-se aos 212 dias a abscisão de folhas do terço inferior das plantas; entretanto, o tratamento  $L_{1=1,0m}E_{1=0,8m}$  originário de rizóforos e o tratamento  $L_{1=1,0m}E_{1=0,8m}$  originário de gemas axilares, apresentaram o maior número de folhas.

Na Tabela 6 apresentam-se as regressões exponenciais cúbicas, dos valores de número de folhas em relação à origem e espaçamento de plantas de yacón, acima de 0,90 para a maioria dos tratamentos.

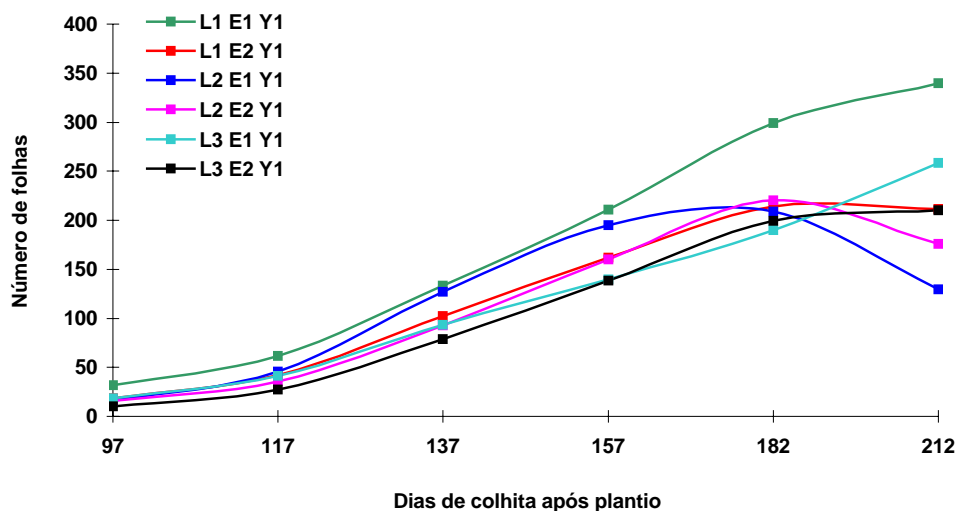


Figura 11. Número de folhas de plantas de yacón oriundas de rizóforos em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

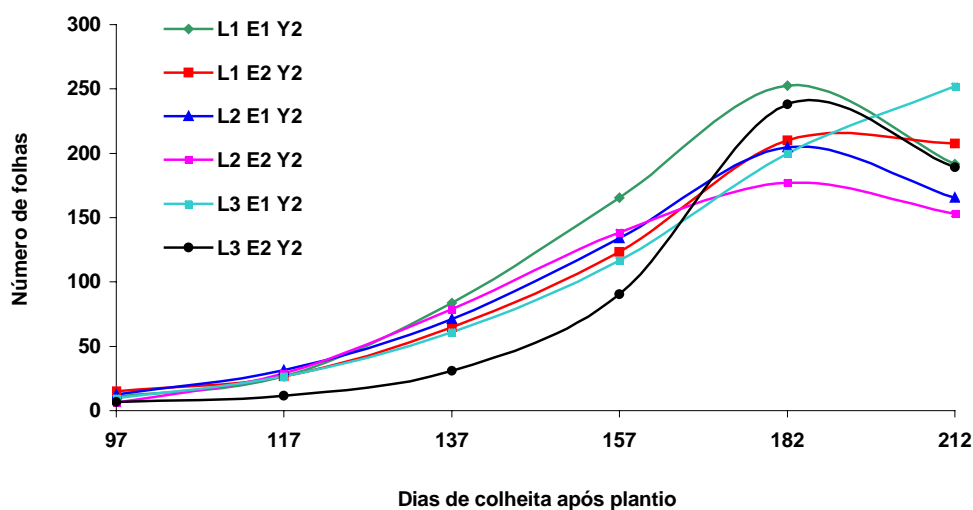


Figura 12. Número de folhas de plantas de yacón oriundas de gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

Tabela 6. Regressões exponenciais cúbicas, do número de folhas, em relação às origens e espaçamentos entre de plantas de yacón ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

Tratamento	Modelo exponencial cúbico	$r^2$
$L_1 E_1 Y_1$	$y = 3,427017x10^{-2} \cdot \text{EXP}(9,829244x10^{-2}x - 3,09987x10^{-4}x^2 + 2,40857x10^{-7}x^3)$	0,9685
$L_1 E_1 Y_2$	$y = 2,236178x10^{-2} \cdot \text{EXP}(5,673398x10^{-2}x - 1,892148x10^{-4}x^2 - 1,204335x^3)$	0,9635
$L_1 E_2 Y_1$	$y = 7,737883x10^{-4} \cdot \text{EXP}(0,1572318x - 6,22413x10^{-4}x^2 + 7,513156x^{-7}x^3)$	0,9959
$L_1 E_2 Y_2$	$y = 2,256761x10^{-8} \cdot \text{EXP}(0,2140525x - 8,64095x10^{-4}x^2 + 9,46599x10^{-7}x^3)$	0,9679
$L_2 E_1 Y_1$	$y = 2,2566761x10^{-5} \cdot \text{EXP}(0,2140525x - 8,640958x10^{-4}x^2 + 9,46599x10^{-7}x^3)$	0,9675
$L_2 E_1 Y_2$	$y = 0,2733259 \cdot \text{EXP}(1,652265x10^{-2}x - 3,784804x10^{-4}x^2 - 1,480606x10^{-6}x^3)$	0,9747
$L_2 E_2 Y_1$	$y = 2,135722x10^{-2} \cdot \text{EXP}(7,767536x10^{-2}x - 3,840898x^2 - 6,00955810^{-7}x^3)$	0,9174
$L_2 E_2 Y_2$	$y = 1,616372x10^{-7} \cdot \text{EXP}(0,2891995x - 1,302532^{-3}x^2 + 1,87842210^{-6}x^3)$	0,9363
$L_3 E_1 Y_1$	$y = 8,554824x10^{-5} \cdot \text{EXP}(0,2125762x - 1,067202x10^{-3}x^2 + 1,870079x10^{-6}x^3)$	0,9923
$L_3 E_1 Y_2$	$y = 6,356919x10^{-3} \cdot \text{EXP}(0,9,468607x10^{-2}x - 1,870243x10^{-4}x^2 - 1,133222x10^{-7}x^3)$	0,8902
$L_3 E_2 Y_1$	$y = 8,189654x10^{-5} \cdot \text{EXP}(0,1828319x - 7,221213x10^{-4}x^2 - 8,870419x10^{-7}x^3)$	0,9954
$L_3 E_2 Y_2$	$y = 744407 \cdot \text{EXP}(-0,363765x + 2,934891x10^{-3}x^2 - 6,680568x10^{-6}x^3)$	0,9275

### 4.3. Área foliar

Nas plantas originárias de rizóforos (Figura 13), observa-se tendência de aumento da área foliar semelhante nas três primeiras avaliações nos tratamentos  $L_{1=1,0m}E_{1=0,8m}$ ,  $L_{3=1,40m}E_{1=0,8m}$  e  $L_{3=1,4m}E_{2=1,0m}$ , que apresentaram áreas foliares superiores. Na quarta avaliação, os tratamentos  $L_{2=1,2m}E_{2=1,0m}$ ,  $L_{1=1,0m}E_{1=0,8m}$  e  $L_{3=1,40m}E_{2=1,0m}$ , apresentaram as maiores áreas foliares destacando-se até a 5ª colheita, para depois apresentar uma queda na 6ª colheita, devido à senescência foliar do primeiro terço inferior da planta. Os tratamentos  $L_{3=1,40m}E_{2=1,0m}$  e  $L_{3=1,40m}E_{1=0,8m}$ , continuaram incrementando a área foliar, provavelmente favorecida pelos maiores espaçamentos entre linhas, o que não acontece com o tratamento  $L_{1=1,0m}E_{1=0,8m}$ , que se manteve com maior área foliar em relação à maior densidade de plantas. O tratamento  $L_{2=1,2m}E_{1=0,1m}$  apresentou uma queda na área foliar a partir da 4ª colheita, apresentando o menor índice de área foliar no momento da sexta colheita.



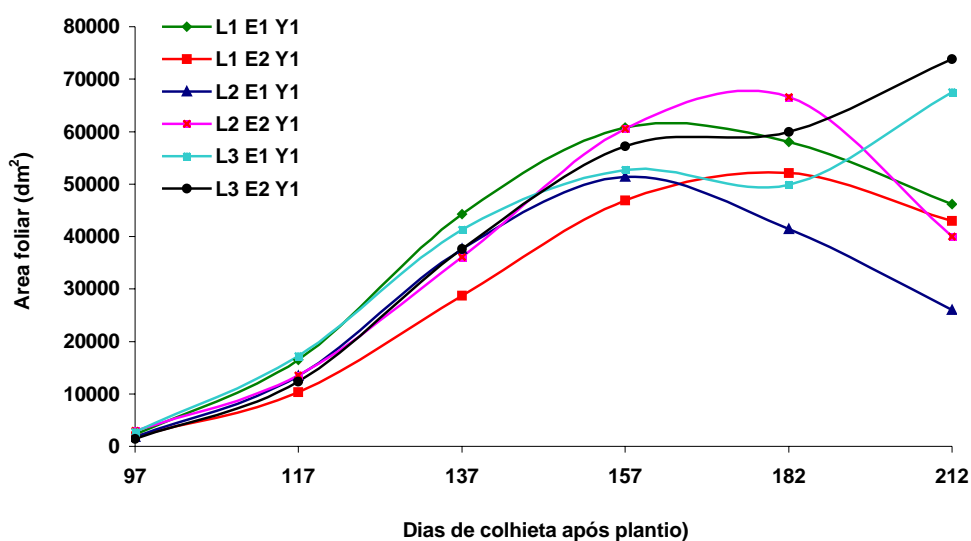


Figura 13. Área foliar de plantas de yacón oriundas rizóforos em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

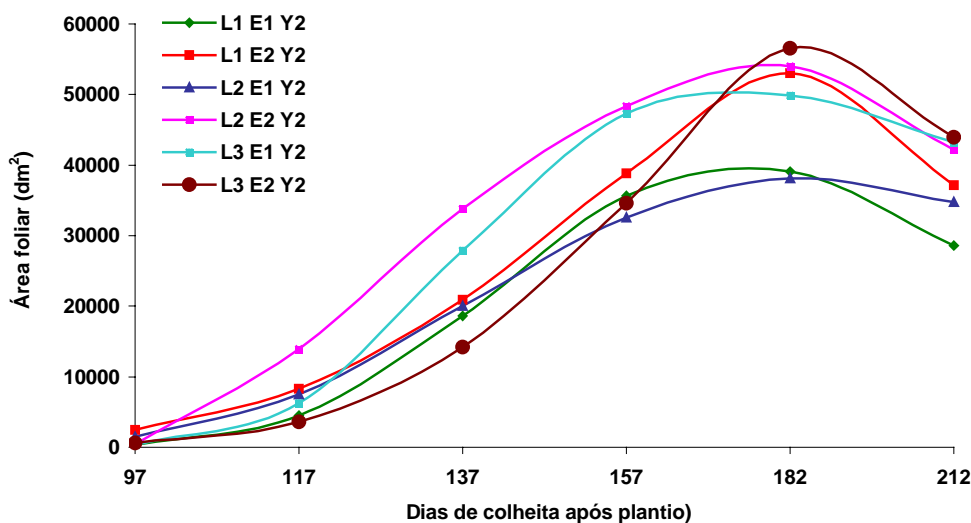


Figura 14. Área foliar de plantas de yacón oriundas de gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

Nas plantas originárias de gemas axilares (Figura 14), observa-se um aumento da área foliar até a 4ª colheita nos tratamentos  $L_{2=1,2m}E_{2=1,0m}$ ,  $L_{3=1,4m}E_{1=0,8m}$  e  $L_{1=1,0m}E_{2=1,0m}$ , expressando seu máximo potencial na 5ª colheita, com a maior área foliar nos tratamentos  $L_{3=1,40m}E_{2=1,0m}$ ,  $L_{2=1,2m}E_{2=1,0m}$  e  $L_{1=1,0m}E_{2=1,0m}$ , com uma queda na 6ª avaliação em todos os tratamentos. A menor área foliar no tratamento  $L_{1=1,0m}E_{1=0,8m}$ , relaciona-se à origem da planta e menores espaçamentos para se desenvolver. Na Tabela 7, apresentam-se as equações exponenciais cúbicas dos resultados desta variável com resultados do coeficiente de regressão acima de 0,90.

Segundo Radford (1967) as duas avaliações mais requeridas para condução de uma análise de crescimento simples, se resumem na medida do material vegetal presente e na magnitude de seu sistema assimilador. Na prática as medidas mais comuns correspondentes a estas avaliações são, respectivamente, a massa seca total e a área foliar total da planta.

Tabela 7. Regressões exponenciais cúbicas, para área foliar de plantas de yacón a partir de rizóforos e gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

Tratamentos	Modelo exponencial cúbico	$r^2$
$L_1 E_1 Y_1$	$y = 1,77333 \times 10^{-11} \text{EXP}(0,5996795x - 3,309014 \times 10^{-3} x^2 + 5,991236 \times 10^{-6} x^3)$	0,968
$L_1 E_1 Y_2$	$y = 4,838405 \times 10^{-13} \text{EXP}(0,634341x - 3,069135 \times 10^{-3} x^2 + 5,103793 \times 10^{-6} x^3)$	0,978
$L_1 E_2 Y_1$	$y = 1,31865 \times 10^{-7} \text{EXP}(0,407754x - 2,045327 \times 10^{-3} x^2 + 3,357643 \times 10^{-6} x^3)$	0,993
$L_1 E_2 Y_2$	$y = 0,2622523 \text{EXP}(0,1178075x - 1,976262 \times 10^{-4} x^2 - 4,441427 \times 10^{-7} x^3)$	0,969
$L_2 E_1 Y_1$	$y = 1,962382 \times 10^{-11} \text{EXP}(0,5851775x - 3,14728 \times 10^{-3} x^2 + 5,479827 \times 10^{-6} x^3)$	0,975
$L_2 E_1 Y_2$	$y = 6,854459 \times 10^{-7} \text{EXP}(0,3746145x - 1,87316 \times 10^{-3} x^2 + 3,093035 \times 10^{-6} x^3)$	0,983
$L_2 E_2 Y_1$	$y = 8,28629 \times 10^{-5} \text{EXP}(0,281307x - 1,197493 \times 10^{-3} x^2 + 1,486704 \times 10^{-6} x^3)$	0,933
$L_2 E_2 Y_2$	$y = 1,841163 \times 10^{-28} \text{EXP}(1,357831x - 8,086105 \times 10^{-3} x^2 + 1,575064 \times 10^{-5} x^3)$	0,994
$L_3 E_1 Y_1$	$y = 3,696009 \times 10^{-12} \text{EXP}(0,6504938x - 3,773262 \times 10^{-3} x^2 + 7,254861 \times 10^{-6} x^3)$	0,997
$L_3 E_1 Y_2$	$y = 1,530412 \times 10^{-18} \text{EXP}(0,8642156x - 4,766354 \times 10^{-3} x^2 + 8,679676 \times 10^{-6} x^3)$	0,971
$L_3 E_2 Y_1$	$y = 5,043209 \times 10^{-13} \text{EXP}(0,6605832x - 3,693027 \times 10^{-3} x^2 + 6,870224 \times 10^{-6} x^3)$	0,986
$L_3 E_2 Y_2$	$y = 3,09908 \times 10^{-5} \text{EXP}(0,2447286x - 7,938036 \times 10^{-4} x^2 + 5,106645 \times 10^{-7} x^3)$	0,964

#### 4.4. Massa seca de folhas

A massa seca das folhas de plantas de yacón nas duas origens apresenta aumento crescente (Figuras 15 e 16), atingindo os maiores valores na 5<sup>a</sup> colheita (182 DAP), sendo maior nas plantas originárias de rizóforos.

As equações exponenciais cúbicas ajustadas aos dados originais da massa seca da folha (MSF) com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se, na Tabela 7. O modelo exponencial cúbico representativo do comportamento da MSF em função do tempo, foi observado por Quijano et al. (2001) ao avaliar o crescimento da parte aérea do yacón.

Nas Figuras 15 e 16 observam-se as curvas ajustadas da MSF. Nota-se que a partir da 2<sup>a</sup> colheita há divergências entre os tratamentos nas plantas das duas origens diferentes, alcançando o máximo valor na 5<sup>a</sup> colheita para diminuir na 6<sup>a</sup> colheita. Este fato está relacionado com a abscisão foliar do terço inferior das plantas, sendo maior a abscisão nas plantas originárias de gemas axilares provavelmente porque a planta está atingindo o fim do seu ciclo, em compensação aparecem novas hastes e o alongamento das gemas axilares em ramos.

Na Figura 15, , observa-se que em plantas originárias de rizóforos, os tratamentos  $L_{1=1,0m}E_{1=0,8m}$ ,  $L_{1=1,0m}E_{2=1,0m}$  e  $L_{3=1,4m}E_{1=1,0m}$  apresentaram o maior acúmulo de massa seca. Cumpre ressaltar que no tratamento  $L_{1,4m}E_{2=1,0m}$  a massa seca continua aumentando após a sexta avaliação, provavelmente em função do maior espaçamento entre linhas, permitindo o crescimento das gemas axilares em novos ramos e o desenvolvimento de novas folhas.

Na Figura 16, apresentam-se os valores de massa seca para plantas originárias de gemas axilares, e observa-se que os tratamentos  $L_{1=1,0m}E_{1=0,8m}$ ,  $L_{1=1,0m}E_{2=1,0m}$  e  $L_{3=1,4m}E_{1=0,8m}$  apresentam valores maiores na 5<sup>a</sup> colheita, e o tratamento  $L_3E_1$  continua acumulando massa seca em relação ao maior espaçamento entre linhas, conforme já descrito para as plantas submetidas ao mesmo tratamento e originárias de rizóforos.

As curvas da MSF têm comportamento semelhante ao do IAF (Figuras 23 e 24), o que permite inferir que existe uma relação direta entre estas duas variáveis.

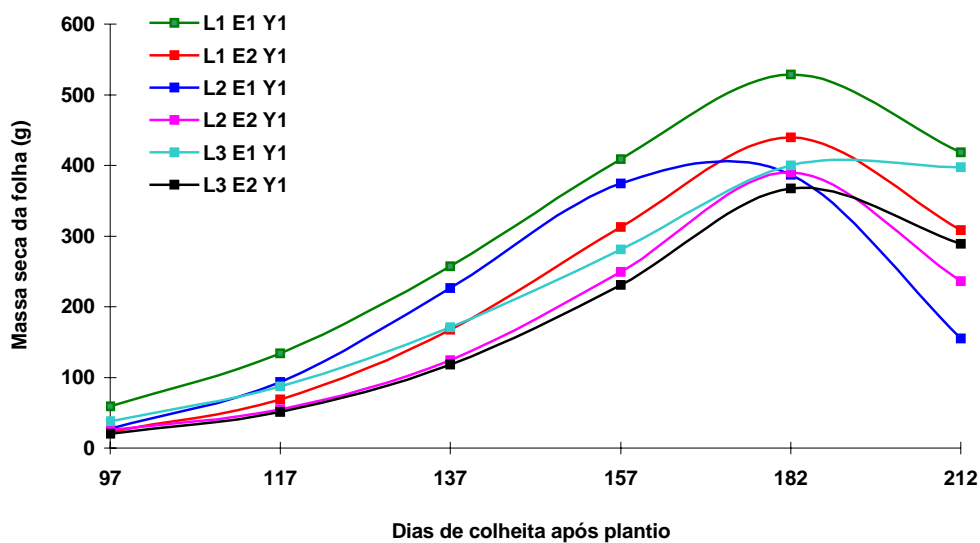


Figura 15. Massa seca de folhas (MSF) de yacón originárias de rizóforos em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0\text{m}$ ,  $L_2=1,2\text{m}$ ,  $L_3=1,4\text{m}$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0\text{m}$ ). Botucatu-SP. 2002.

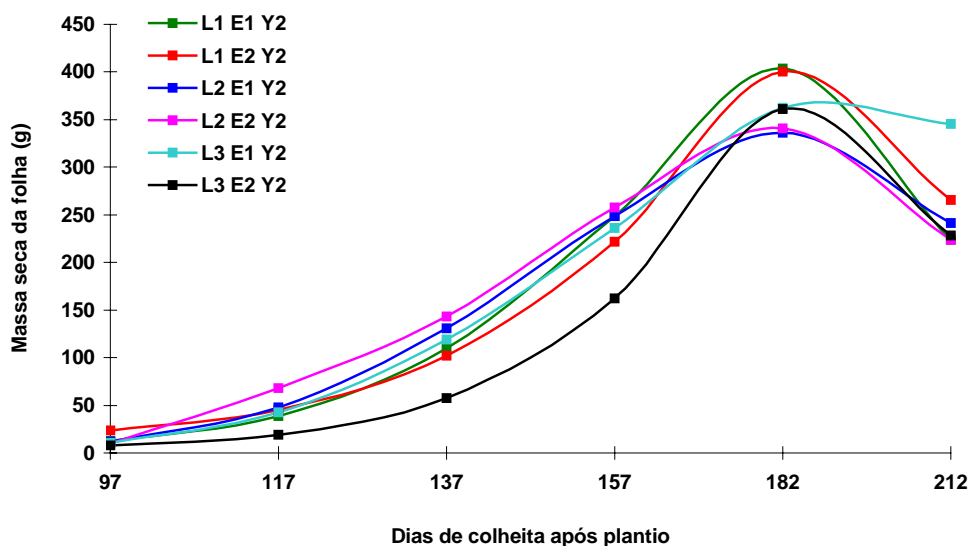


Figura 16. Massa seca de folhas (MSF) de yacón originárias de gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0\text{m}$ ,  $L_2=1,2\text{m}$ ,  $L_3=1,4\text{m}$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0\text{m}$ ). Botucatu-SP. 2002.

Tabela 8. Regressões exponenciais cúbicas dos valores de Massa seca de folhas de yacón em relação às origens e espaçamentos entre plantas de yacón ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

Tratamento	Modelo exponencial cúbico	$r^2$
$L_1 E_1 Y_1$	$y = 0,2603458 \cdot \text{EXP}(6,126634 \times 10^{-2}x + 2,54739 \times 10^{-6}x^2 - 6,003857 \times 10^{-7}x^3)$	0,9661
$L_1 E_1 Y_2$	$y = 2,102846 \cdot \text{EXP}(-4,740496 \times 10^{-2}x + 9,756901 \times 10^{-4}x^2 - 3,057889 \times 10^{-6}x^3)$	0,9412
$L_1 E_2 Y_1$	$y = 1,841797 \times 10^{-2} \cdot \text{EXP}(7,737473 \times 10^{-2}x + 4,778082 \times 10^{-5}x^2 - 9,262968 \times 10^{-7}x^3)$	0,9937
$L_1 E_2 Y_2$	$y = 4,404.3 \cdot \text{EXP}(-0,1983684x + 1,800321 \times 10^{-3}x^2 - 4,497469 \times 10^{-6}x^3)$	0,9755
$L_2 E_1 Y_1$	$y = 1,289756 \times 10^{-3} \cdot \text{EXP}(0,1284604x - 2,002452 \times 10^{-4} - 6,858545 \times 10^{-7}x^3)$	0,9792
$L_2 E_1 Y_2$	$y = 3,47069 \times 10^{-5} \cdot \text{EXP}(10,1855613x - 5,897517 \times 10^{-4}x^2 + 3,06657 \times 10^{-7}x^3)$	0,9732
$L_2 E_2 Y_1$	$y = 220,8696 \cdot \text{EXP}(-0,1116357x + 1,252494 \times 10^{-3}x^2 - 3,417247 \times 10^{-6}x^3)$	0,9563
$L_2 E_2 Y_2$	$y = 1,296516 \times 10^{-10} \cdot \text{EXP}(0,5892138x - 3,25210 \times 10^{-3}x^2 + 5,912243 \times 10^{-6}x^3)$	0,9898
$L_3 E_1 Y_1$	$y = 0,10244984 \cdot \text{EXP}(0,735716x - 1,023522 \times 10^{-4}x^2 - 2,868633 \times 10^{-7}x^3)$	0,9855
$L_3 E_1 Y_2$	$y = 3,117886 \times 10^{-5} \cdot \text{EXP}(0,189393x - 6,528157 \times 10^{-4}x^2 + 5,676302 \times 10^{-7}x^3)$	0,9060
$L_3 E_2 Y_1$	$y = 1,927924 \cdot \text{EXP}(-1,523688 \times 10^{-2}x + 5,99167 \times 10^{-4}x^2 - 1,961333 \times 10^{-6}x^3)$	0,9959
$L_3 E_2 Y_2$	$y = 7,11374 \cdot \text{EXP}(-0,2295963x + 2,172891 \times 10^{-3}x^2 - 5,501991 \times 10^{-6}x^3)$	0,9174

#### 4.5. Massa seca total da planta (MST)

A massa seca total apresentada na Tabela 8, apresentou diferenças entre plantas originárias de gemas axilares e rizóforos permitindo constatar, de modo geral, que as plantas de yacón provenientes de rizóforos acumularam a maior quantidade de massa seca total quando comparada com as plantas originárias de gemas axilares, destacando-se os tratamentos  $L_{1=1,0m}E_{1=0,8m}Y_{1=rizóforos}$  e  $L_{1=1,0m}E_{1=0,8m}Y_{2=gemas\ axilares}$  evidenciando o efeito das diferentes origens.

A evolução do acúmulo de massa seca nas plantas do yacón em relação a origem das plantas durante o período de estudo é observada nas Figuras 17 e 18, sendo lenta desde a 1ª colheita, aos 97 DAP, até a 5ª colheita. Nos últimos dias do ciclo houve grande acúmulo de massa seca para todos os tratamentos, destacando-se as combinações  $L_{1=1,0m}E_{1=0,8m}$ ,  $L_{3=1,4m}E_{2=0,1m}$  e  $L_{3=1,4m}E_{1=0,8m}$  nas plantas originárias de rizóforos e os tratamentos  $L_{1=1,0m}E_{1=0,8m}$ ,  $L_{1=1,0m}E_{2=0,1}$ , e  $L_{3=1,4m}E_{2=0,1m}$  das plantas originárias de gemas axilares, sendo que os valores mais baixos foram apresentados pelo tratamento

$L_{2=1,2m}E_{2=1,0m}Y_{2=gemas\ axilares}$ . Almeida Bertani (1998), avaliando a evolução do acúmulo de massa seca de batata, obteve resultados similares aos obtidos neste experimento.

Na 4<sup>a</sup> colheita das plantas, observa-se um decréscimo na massa seca total (MST) para todos os tratamentos, o que deve ser atribuído, principalmente, à redução do IAF e à translocação de nutrientes para a formação de raízes tuberosas e órgãos de reprodução vegetativa. A partir da 5<sup>a</sup> colheita, observa-se incremento da MST em todos os tratamentos, promovido pelo acúmulo de fotoassimilados nas raízes tuberosas, expressando-se na parte aérea pelo crescimento e incremento no número de hastes e de ramos laterais

De modo análogo ao IAF, a MST ajustou-se ao modelo exponencial cúbico segundo o programa de ajustes Zullo Jr & Arruda (1986), sendo reportado por Quijano et al. (2001), que também encontrou elevados coeficientes de determinação para equações exponenciais polinomiais cúbicas em estudos da parte aérea desta planta (Tabela 9). Elevados coeficientes de determinação para equações nas condições da cultura de batata, foram obtidos por Aguiar Netto (1997) e Almeida Bertani (1998).

Comparando-se as origens das plantas, observa-se maior acúmulo de MST nas plantas oriundas de rizóforos (Figuras 17 e 18). Os tratamentos  $L_{1=1,0m}, E_{1=0,8m}; L_{2=1,2m}E_{2=1,0m}; L_{1=1,2}, E_{2=1,0m};$  e  $L_{3=1,4m}, E_{1=0,8}$  alcançaram a maior produção de massa seca em plantas originárias de rizóforos ( $Y_1$ ) do que em plantas originárias de gemas axilares ( $Y_2$ ). Nota-se também, que a partir dos 182 dias ocorreu um acréscimo da MST em todos os tratamentos, provavelmente pelo crescimento de ramos laterais novos, hastes e sobretudo porque, nestes últimos trinta dias, ocorreu o maior acúmulo de fotossintetizados nas raízes tuberosas, cujo volume em massa fresca aumentou consideravelmente.

Tabela 9. Análise de variância da Massa Seca Total das plantas de yacón oriundas de rizóforos e gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

Causas de variação	G.L.	Dias após o plantio ( $P \leq 0,05$ )					
		97	117	127	157	182	212
Linha	2	0,9548	0,7719	0,0487	0,2363	0,0449	0,0346
Bloco	3	0,4108	0,3141	0,6807	0,4202	0,0003	0,0025
Espaç.	1	0,8840	0,5463	0,2778	0,8226	0,8129	0,0856
Orig.	1	<b>0,0075</b>	<b>0,0009</b>	<b>0,0009</b>	<b>0,0261</b>	<b>0,0016</b>	<b>0,0223</b>
Esp x orig.	1	0,5413	0,2378	0,7002	0,4153	0,3085	0,3433
Linh x espaç.	2	0,7669	0,7792	0,1916	0,6991	0,9579	0,4260
Linh x orig.	2	0,3712	0,1937	0,2881	0,8602	0,9071	0,9147
Linh x espaç x orig.	2	0,2435	0,9836	0,9095	0,9705	0,8589	0,1878
Espaç. d. rizóf.	1	0,7415	0,2323	0,6155	0,4626	0,3745	0,0624
Espaç. d. gemas	1	0,5925	0,7232	0,2993	0,6742	0,5768	0,5670
CV (%)		105,00	79,10	61,00	66,60	45,10	42,80

\*Valor de P significativo quando  $\leq 0,05$

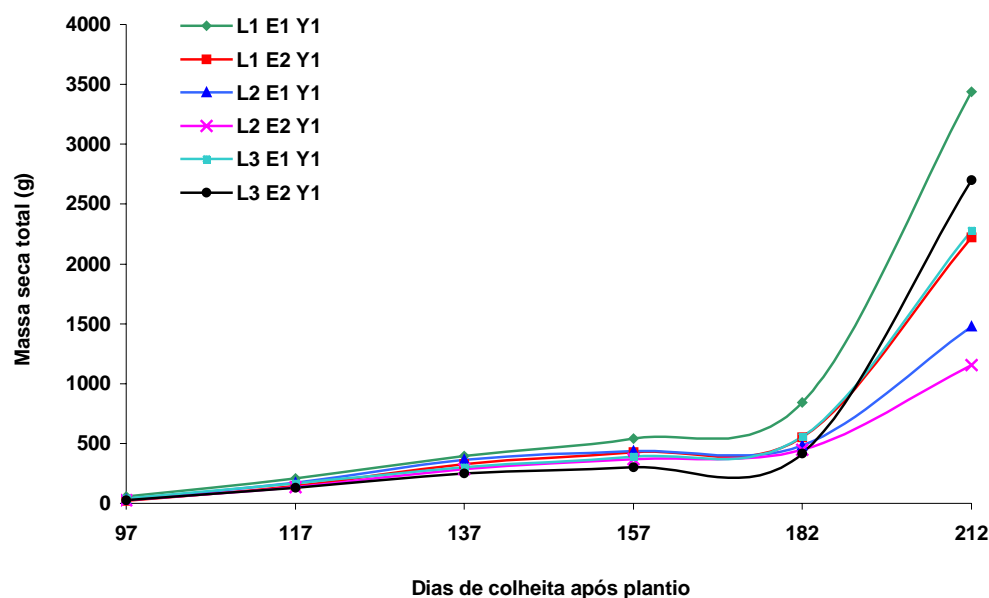


Figura 17. Massa seca total (MST) de plantas de yacón originárias de rizóforos em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

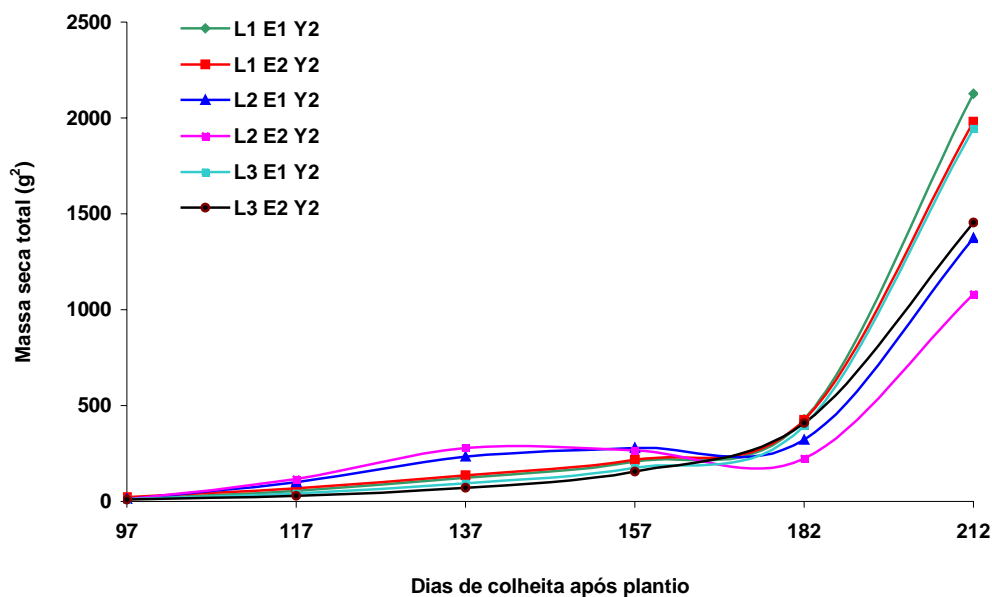


Figura 18. Massa seca total (MST) de plantas do yacón originárias de gemas axilares em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

Tabela 10. Regressões dos valores da Massa Seca Total (MST) em relação às origens das plantas e espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

Tratamento	Modelo exponencial cúbico	$r^2$
$L_1 E_1 Y_1$	$Y = 5,335161 \times 10^{-1} \cdot \text{EXP}(0,5020114x - 3,115044x \times 10^{-3}x^2 + 6,6619441x^3)$	0,989
$L_1 E_1 Y_2$	$y = 2,382693 \times 10^{-9} \cdot \text{EXP}(0,4326016x - 2,613217x \times 10^{-3}x^2 + 5,542018x \times 10^{-6}x^3)$	0,999
$L_1 E_2 Y_1$	$y = 4,213873 \times 10^{-16} \cdot \text{EXP}(0,7594068x - 4,673331x \times 10^{-3}x^2 + 9,671589x \times 10^{-6}x^3)$	1,000
$L_1 E_2 Y_2$	$y = 5,022557 \times 10^{-8} \cdot \text{EXP}(0,3803892x - 2,322187x \times 10^{-3}x^2 + 5,02257x \times 10^{-6}x^3)$	0,979
$L_2 E_1 Y_1$	$y = 1,087308 \times 10^{-15} \cdot \text{EXP}(0,7465695x - 4,589821x \times 10^{-3}x^2 + 9,421034x \times 10^{-6}x^3)$	0,975
$L_2 E_1 Y_2$	$y = 2,557388 \times 10^{-19} \cdot \text{EXP}(0,9003532x - 5,583811x \times 10^{-3}x^2 + 1,15573x \times 10^{-5}x^3)$	0,993
$L_2 E_2 Y_1$	$y = 8,057995 \times 10^{-13} \cdot \text{EXP}(0,6058582x - 3,653082x \times 10^{-3}x^2 + 7,413753x \times 10^{-6}x^3)$	0,978
$L_2 E_2 Y_2$	$y = 7,247948 \times 10^{-26} \cdot \text{EXP}(1,20787x - 7,58542 \times 10^{-3}x^2 + 1,57137x \times 10^{-5}x^3)$	0,990
$L_3 E_1 Y_1$	$y = 2,814437 \times 10^{-11} \cdot \text{EXP}(0,558916x - 3,4986666x \times 10^{-3}x^2 + 7,428383x \times 10^{-6}x^3)$	0,980
$L_3 E_1 Y_2$	$y = 2,567061 \times 10^{-7} \cdot \text{EXP}(0,3343532x - 1,971622x \times 10^{-3}x^2 + 4,248252x \times 10^{-6}x^3)$	0,998
$L_3 E_2 Y_1$	$y = 2,903877 \times 10^{16} \cdot \text{EXP}(0,787335x - 5,016451x \times 10^{-3}x^2 - 1,072827 \times 10^{-5}x^3)$	0,966
$L_3 E_2 Y_2$	$y = 5,737114 \times 10^{-4} \cdot \text{EXP}(0,1566135x - 7,147084x \times 10^{-4}x^2 - 1,434306x \times 10^{-5}x^3)$	0,990



#### 4.6. Área foliar específica (AFE)

A AFE (Figuras 19 e 20) teve um comportamento similar para as plantas originárias de rizóforos e de gemas axilares, sendo maior aos 137 DAP e reduzindo-se até os 182 DAP, para logo aumentar até a 5ª colheita (212 DAP); inferindo-se que com aumento da área foliar, ocorre aumento no acúmulo da massa seca nas folhas.

Com relação aos espaçamentos, observa-se também que os maiores valores da AFE das plantas oriundas de rizóforos foram obtidos com os tratamentos  $L_{2=1,2m}E_{2=0,1m}$ ,  $L_{1=1,0m}E_{1=0,8m}$  e  $L_{3=1,4m}E_{1=0,8}$ ; e nas plantas oriundas de gemas axilares pelos tratamentos  $L_{2=1,2m}E_{2=0,1m}$ ,  $L_{1=1,0m}E_{1=0,8m}$  e  $L_{3=1,4m}E_{1=0,8}$ . Nota-se que o comportamento destas combinações é similar para os espaçamentos em ambas as origens.

A AFE representa as diferenças na espessura, ou seja, permite verificar se as plantas estão acumulando fotoassimilados em suas folhas ou translocando-os para outros órgãos (Radford, 1967). De acordo com Benincasa (1988), a área foliar é o componente morfológico e anatômico da razão de área foliar (RAF), porque relaciona a superfície com o peso da massa seca da própria folha. A superfície é o componente morfológico e o peso é um componente anatômico, pois está relacionado à composição interna (número ou tamanho das células do mesófilo foliar). Considerando-se o peso como uma expressão do volume foliar, o contrário da AFE, indica espessura da folha (MS folha/área foliar) e é chamado Peso Específico da Folha.

Considerando-se que a AFE relaciona superfície com a massa seca das folhas, haverá queda dos valores deste parâmetro fisiológico e os resultados estarão diretamente relacionados com a translocação de nutrientes das folhas para as raízes tuberosas e outros órgãos. Assim, é provável que as folhas com menor espessura tenham translocado mais nutrientes para os órgãos de reserva que as folhas mais espessas; nesse sentido, pode-se inferir que inicialmente as folhas desta planta acumularam reservas para depois translocarem para as raízes tuberosas.

O incremento nos valores desta variável fisiológica ao final do ciclo poderia ocorrer por efeito do desenvolvimento das gemas axilares em ramos, do aparecimento de novas gemas axilares, do florescimento e da emergência de novas hastes.

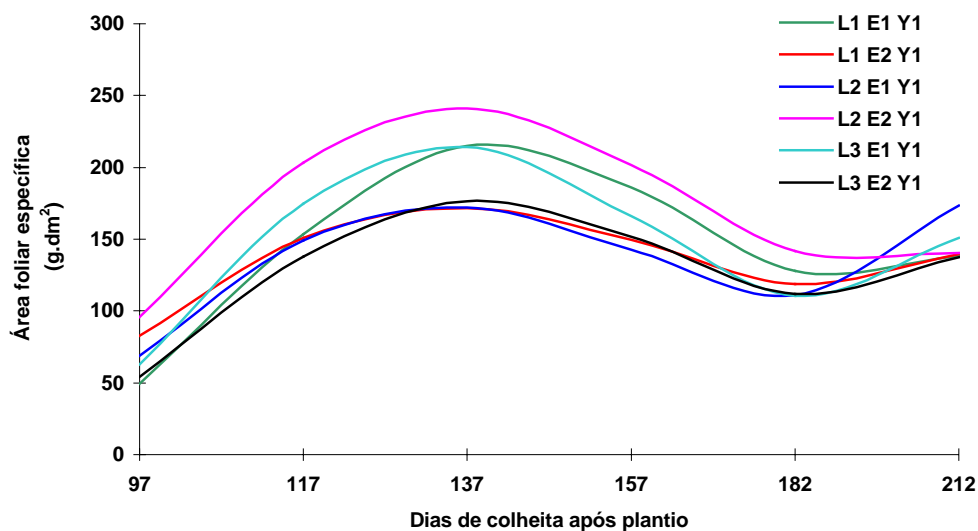


Figura 19. Área Foliar Específica (AFE) em plantas de yacón originárias de rizóforos, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0\text{m}$ ,  $L_2=1,2\text{m}$ ,  $L_3=1,4\text{m}$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0\text{m}$ ). Botucatu-SP. 2002.

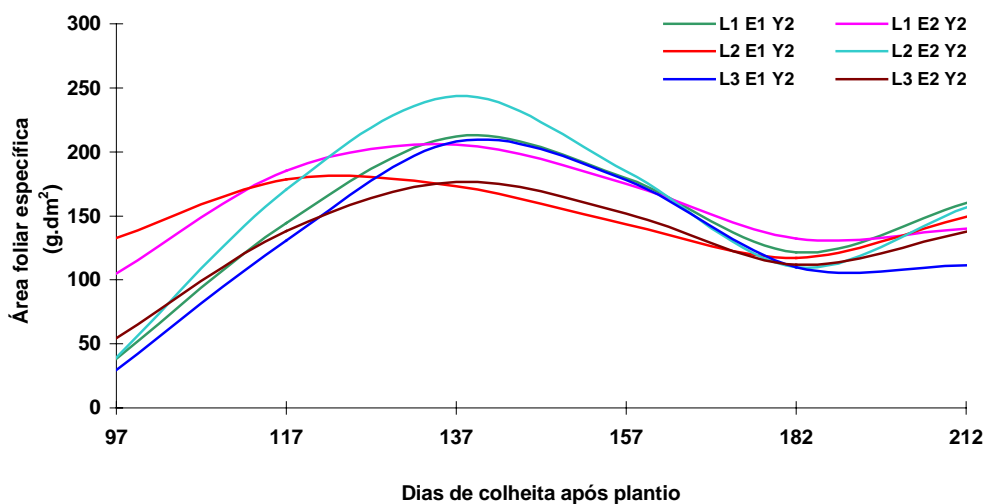


Figura 20. Área Foliar Específica (AFE) de plantas de yacón originárias de gemas axilares, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0\text{m}$ ,  $L_2=1,2\text{m}$ ,  $L_3=1,4\text{m}$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0\text{m}$ ). Botucatu-SP. 2002.

#### **4.7. Taxa de crescimento da comunidade (TCC)**

A TCC, é apresentada nas Figuras 21 e 22, onde se observa um crescimento de acordo com o decorrer do tempo após a emergência, com queda a partir da quarta avaliação em todos os tratamentos, atribuída ao granizo que danificou e perfurou as folhas em todos os tratamentos. Ocorreu queda mais acentuada nos tratamentos originários de rizóforos, em razão de sua maior área foliar. A TCC reiniciou sua ascensão nas plantas de ambas as origens ao redor de 182 dias, para expressar um grande acúmulo de massa seca na sexta avaliação, em virtude de um acelerado desenvolvimento da parte aérea e das raízes tuberosas.

Segundo Oliveira (1995) a TCC se relaciona com a quantidade de material orgânico acumulado, em função da área disponível por unidade de tempo. As curvas não foram linearmente crescentes em relação aos DAP, observando-se a mesma tendência para a Taxa assimilatória líquida (TAL). A TCC depende da diminuição do aparelho assimilador, medido pela IAF e da eficiência das folhas em realizar fotossíntese, medida pela TAL. Normalmente, o IAF tem mais influência sobre a TCC, devido ao fato de ser mais suscetível aos componentes do meio ambiente e do manejo da cultura. No presente trabalho o IAF influenciou a TCC, pois a tendência das curvas foi a mesma, indicando que o IAF é responsável pelo comportamento da TCC.

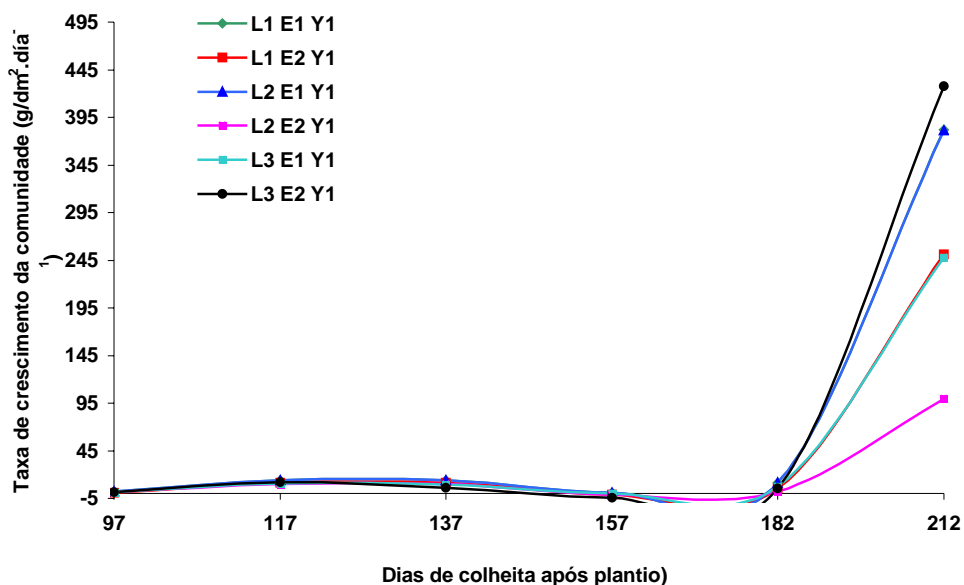


Figura 21. Taxa de crescimento da comunidade (TCC) de plantas de yacón originárias de rizóforos, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

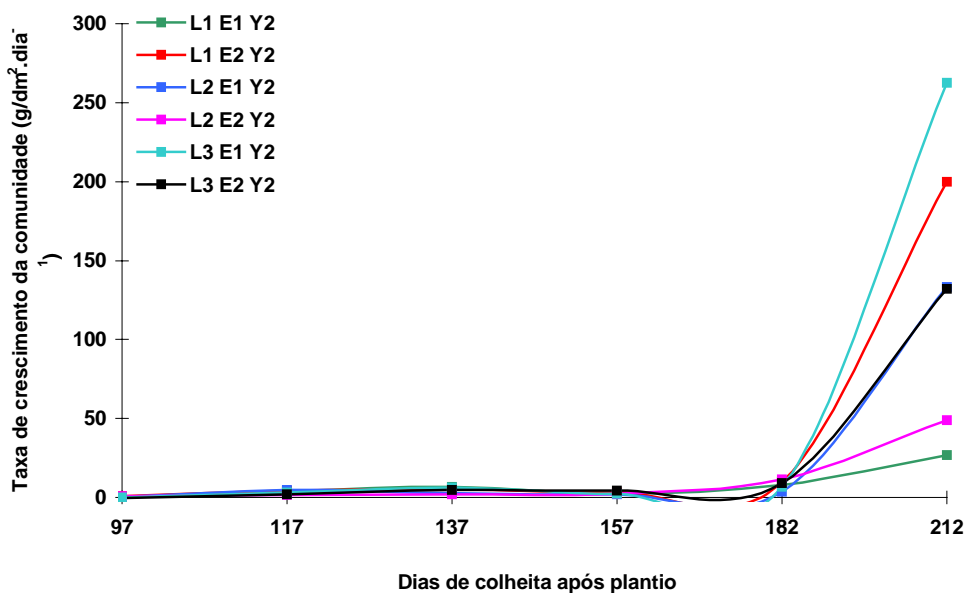


Figura 22. Taxa de crescimento da comunidade (TCC) de plantas de yacón originárias de gemas axilares, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu, 2002.

#### 4.8. Índice de Área Foliar (IAF)

Os valores de IAF em relação ao tempo aumentaram em todos os tratamentos à medida que a cultura se desenvolveu, explorando o máximo espaço disponível por volta dos 157 DAP nas plantas originários de rizóforos (Figura 23) e de 182 DAP nas plantas originários de gemas axilares (Figura 24). Após esses períodos houve diminuição do IAF, pela queda das folhas do terço inferior das plantas. O IAF apresentou valores mais elevados nos tratamentos  $L_1E_1$ ,  $L_2E_2$  e  $L_1E_2$  nas plantas originárias de rizóforos e de gemas axilares. A redução do IAF ao final do período estudado, justifica-se pela abscisão de folhas e, principalmente nos tratamentos com maiores densidades de plantas.

Neste sentido, Benincasa (1988) afirma que à medida que a área foliar cresce, o IAF também aumenta até atingir um valor determinado, a partir do qual o auto-sombreamento passa a ser prejudicial, aumentando o número de folhas mantidas sob iluminação precária, o que diminui a eficiência fotossintética. Com relação aos espaçamentos, observa-se que o maior valor de IAF das plantas originárias de rizóforos é apresentado pelo tratamento  $L_1E_1Y_1$ , superior aos valores de plantas originárias de gemas axilares, nas quais destacam-se os tratamentos  $L_1E_2Y_2$  e  $L_2E_2Y_2$  (Figuras 23 e 24).

Na tabela 8 encontram-se as equações cúbicas ajustadas aos dados originais do IAF em função do tempo DAP, com seus respectivos coeficientes de determinação acima de 0,90, indicando um ajuste satisfatório do ponto de vista estatístico.

O modelo exponencial polinomial, tem sido utilizado para representar a variação do IAF em função do tempo para espécies de ciclo curto, para fins de análise de crescimento, conforme Portes & Castro Junior (1991). Quijano et al. (2001) encontraram um ajuste satisfatório para o modelo exponencial cúbico semelhante ao obtido neste trabalho.

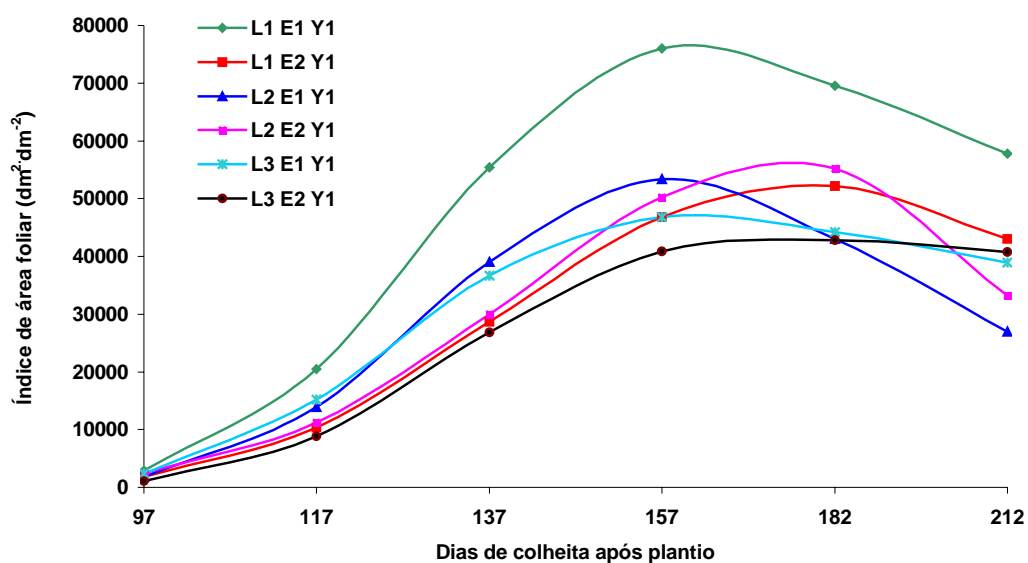


Figura 23. Índice de área foliar (IAF) de plantas do yacón originárias de rizóforos, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

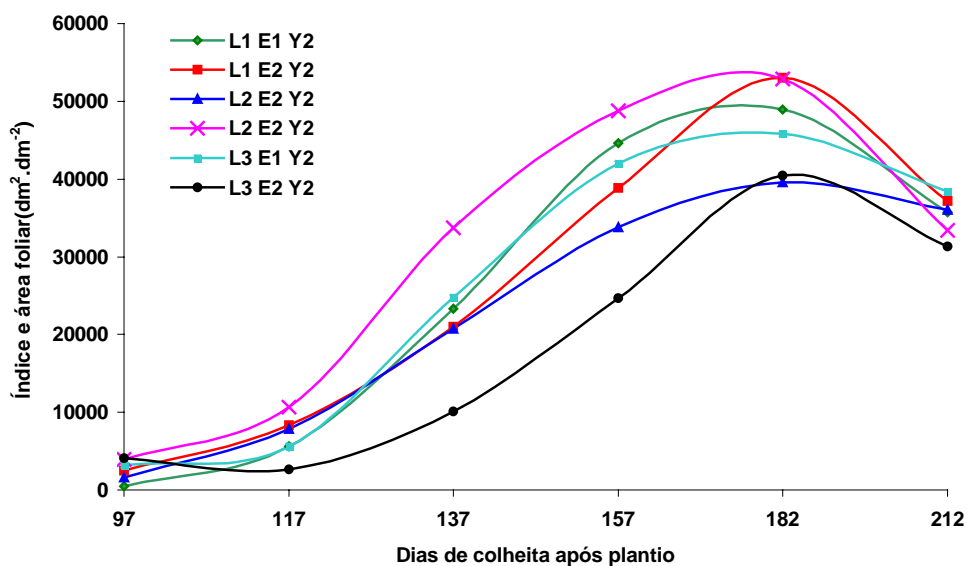


Figura 24. Índice de área foliar (IAF) de plantas do yacón, originárias de gemas axilares, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

Tabela 11. Regressões dos valores do Índice de Área Foliar (IAF) em relação às origens das plantas e espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

Tratamento	Modelo exponencial cúbico	$r^2$
$L_1 E_1 Y_1$	$y = 2,2355 \times 10^{-11} \cdot \text{EXP}(0,5995016x - 3,30782 \times 10^{-3} x^2 + 5,988667 \times 10^{-6} x^3)$	0,9682
$L_1 E_1 Y_2$	$y = 6,177605 \times 10^{-13} \cdot \text{EXP}(0,6029921x - 3,066188 \times 10^{-3} x^2 + 5,097487 \times 10^{-6} x^3)$	0,9781
$L_1 E_2 Y_1$	$y = 1,31865 \times 10^{-7} \cdot \text{EXP}(0,7754x - 2,045327 \times 10^{-3} x^2 + 3,357646 \times 10^{-6} x^3)$	0,9993
$L_1 E_2 Y_2$	$y = 0,2634881 \cdot \text{EXP}(0,01177094x - 1,969711 \times 10^{-4} x^2 - 4,455478 \times 10^{-7} x^3)$	0,9689
$L_2 E_1 Y_1$	$y = 2,040396 \times 10^{-11} \cdot \text{EXP}(0,5851355 \times 10^{-11} - 3,147021 \times 10^{-3} x^2 + 5,47931 \times 10^{-6} x^3)$	0,9750
$L_2 E_1 Y_2$	$y = 7,318191 \times 10^{-7} \cdot \text{EXP}(0,3740167x - 1,870329 \times 10^{-3} x^2 + 3,5084497 \times 10^{-6} x^3)$	0,9832
$L_2 E_2 Y_1$	$y = 3,3692247 \times 10^{-25} \cdot \text{EXP}(0,2818391x - 1,200698 \times 10^{-3} x^2 + 1,493593 \times 10^{-6} x^3)$	0,9331
$L_2 E_2 Y_2$	$y = 3,682934 \times 10^{-13} \cdot \text{EXP}(0,3971175 \times 10^{-2} x - 9,694017 \times 10^{-5} x^2 + 6,052949 \times 10^{-8} x^3)$	0,9884
$L_3 E_1 Y_1$	$y = 3,197604 \times 10^{-12} \cdot \text{EXP}(0,6510273x - 3,77683 \times 10^{-3} x^2 + 7,262517 \times 10^{-6} x^3)$	0,9973
$L_3 E_1 Y_2$	$y = 1,309071 \times 10^{-18} \cdot \text{EXP}(0,8649886x - 4,771536 \times 10^{-3} x^2 + 8,690821 \times 10^{-6} x^3)$	0,9714
$L_3 E_2 Y_1$	$y = 3,495963 \times 10^{-13} \cdot \text{EXP}(0,6612108x - 3,697227 \times 10^{-3} x^2 + 6,8792245 \times 10^{-6} x^3)$	0,9864
$L_3 E_2 Y_2$	$y = 2,258637 \times 10^{-5} \cdot \text{EXP}(0,2443076x - 7,90985 \times 10^{-4} x^2 + 5,04611 \times 10^{-7} x^3)$	0,9637

#### 4.9. Taxa Assimilatória Líquida (TAL)

Na fase inicial de desenvolvimento das plantas, ocorreram os maiores valores de TAL, observando-se uma redução deste índice com o desenvolvimento do ciclo das plantas, apresentando valores próximos ou abaixo de zero entre os 157 e 182 DAP provavelmente influenciados pela chuva de granizo que aconteceu antes da 4ª colheita por volta de 147 dias DAP (Figuras 25 e 26). Observa-se ao final do período estudado, um aumento da TAL para todos os tratamentos, sendo os mais baixos, apresentados pelas combinações  $L_{2=1,20m} E_{2=1,0m}$  em ambas as origens de plantas e nos espaçamentos  $L_{1=1,0m} E_{1=0,8}$ ,  $L_{3=1,40} E_{1=0,80m}$  e  $L_{1=1,0m} E_{2=1,0m}$ , verifica-se a TAL máxima. Observa-se também que a TAL, a partir dos 182 DAP, apresentou tendência de valores mais elevados, coincidindo com a etapa mais chuvosa do experimento. Trabalhando com batata, Almeida Bertani (1998) encontrou resultados similares com diminuição na taxa assimilatória líquida, durante o desenvolvimento das plantas.

O conceito de TAL foi introduzido por Briggs et al. (1920b) como o ganho líquido de assimilados, geralmente fotossintéticos, por unidade de área foliar e tempo. Radford (1967) afirma que a TAL representa o incremento da massa seca por área foliar na unidade de tempo, sendo o índice que expressa o balanço entre a fotossíntese e a respiração, fortemente influenciadas pelas condições climáticas.

Vale ressaltar que o yacón, por ser uma planta  $C_3$ , apresenta um comportamento biológico diferente de outras espécies vegetais, pois acumula reservas como carboidratos, nas raízes tuberosas e não na parte aérea. Este padrão de planta, acrescentado à senescência foliar, sugere maior eficiência ao final do ciclo vegetativo; assim, o incremento da TAL no final do período do experimento pode ser justificado pelas variações intraespecíficas deste índice fisiológico (Watson, 1952), bem como pelo uso de diferentes modelos matemáticos para relacionar o IAF e MST com o tempo, gerando comportamento variado na TAL, como demonstraram Calbo et al. (1989).

Foi verificada neste trabalho uma diminuição dos valores da TAL na época da floração, autossombreamento e queda de folhas do primeiro terço inferior das plantas. Magalhães (1979), relata que esta diminuição se deve ao auto-sombreamento, que provoca a diminuição da fotossíntese.

No caso do yacón, a TAL é um parâmetro que deve ser analisado com cuidado na inferência de qualquer resposta por parte da planta, por ter comportamento diferenciado quando comparado com plantas da mesma família e de outras espécies. Neste caso, a produção de massa fresca aumentou na última colheita com uma redução na concentração dos carboidratos, devido ao fato de que tais açúcares são utilizados na manutenção do desenvolvimento da parte aérea e de rizóforos.

No início do período experimental verificaram-se valores numéricos de TAL muito pequenos para todos os tratamentos, havendo diminuição gradativa destes valores ao redor dos 157 DAP entre a quarta e quinta colheitas, com valores negativos da TAL para todos os tratamentos, provavelmente influenciados pela chuva de granizo aos 147 dias antes da 4<sup>a</sup> colheita, ocasionando danos nas folhas da planta.



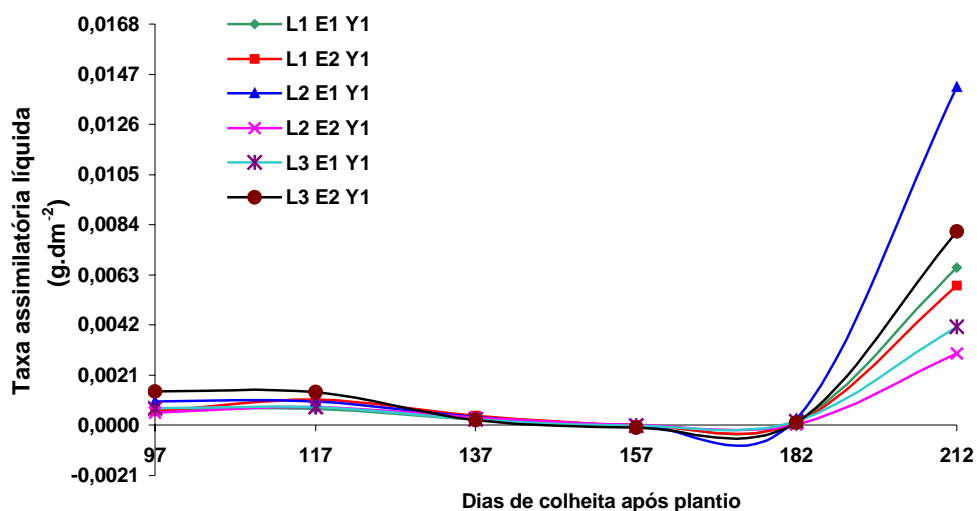


Figura 25. Taxa Assimilatória Líquida (TAL) de plantas de yacón originárias de rizóforos, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0\text{m}$ ,  $L_2=1,2\text{m}$ ,  $L_3=1,4\text{m}$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0\text{m}$ ). Botucatu-SP. 2002.

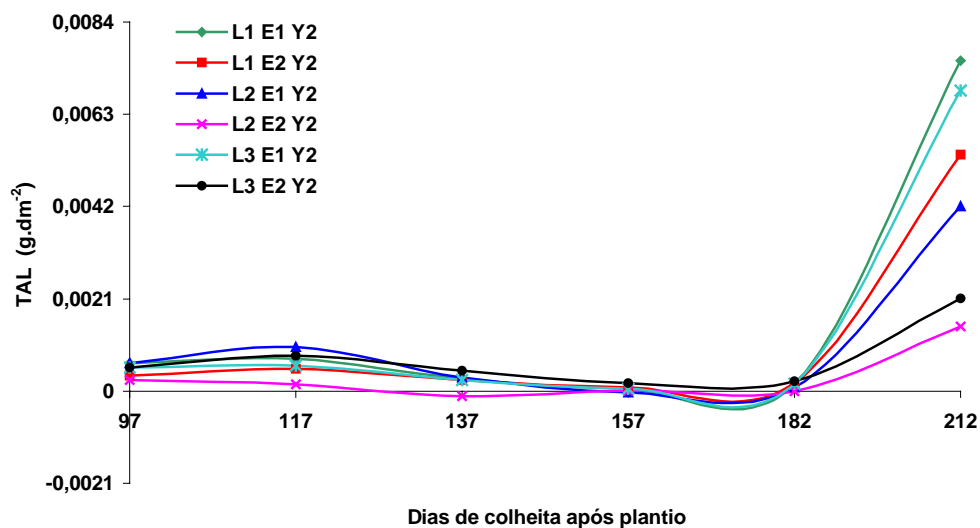


Figura 26. Taxa Assimilatória Líquida (TAL) de plantas de yacón originárias de gemas axilares, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0\text{m}$ ,  $L_2=1,2\text{m}$ ,  $L_3=1,4\text{m}$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0\text{m}$ ). Botucatu-SP. 2002.

#### 4.10. Taxa de Crescimento Relativo (TCR)

Em relação ao tempo, verifica-se que a tendência geral da TCR é de diminuir com o desenvolvimento da planta (Figuras 27 e 28). As plantas originárias de rizóforos tiveram desenvolvimento inicial com valores menores de TCR que o das plantas originárias de gemas axilares. Percebeu-se uma fase inicial aos 97 DAP com acúmulo de fotossintetizados, seguida de uma fase de menor acúmulo aos 117 e 157 DAP, com um posterior período de incremento de valores próximos de zero aos 182 DAP e um aumento das curvas até a 5<sup>a</sup> colheita, aos 212 DAP, em todos os tratamentos. Destacaram-se os tratamentos  $L_{3=1,40m} E_{2=1,0m}$ ,  $L_{3=1,40m} E_{1=0,8m}$ ,  $L_{1=1,0m} E_{1=0,80m}$  em plantas originárias de rizóforos; e  $L_{3=1,4m} E_{2=0,8m}$ ,  $L_{1=1,0m} E_{1=0,8m}$ ,  $L_{3=1,4m} E_{1=0,8m}$  e  $L_{2=1,2m} E_{1=0,8m}$ , de plantas originárias de gemas axilares. Observou-se também que os tratamentos  $L_{2=1,20m} E_{21,0m}$ , com plantas de ambas as origens apresentaram menor acréscimo que os demais tratamentos, influenciados, provavelmente, pelos espaçamentos.

De acordo com Benincasa (1988), a TCR reflete o aumento da massa orgânica seca em gramas, de uma planta ou de qualquer órgão desta, num intervalo de tempo, sendo função do tamanho inicial, ou seja, do material pré-existente.

Aguiar Netto (1997) e Almeida Bertani (1998) obtiveram resultados similares para batata, planta  $C_3$  como o yacón, com a diferença de que o acúmulo de fotoassimilados em batata se realiza nos tubérculos e no yacón, nas raízes tuberosas; assim é que a batata é colhida quando da senescência das folhas. Nas condições de condução do experimento o yacón continua se desenvolvendo em ramos laterais, em gemas axilares e brotos novos da planta e de raízes tuberosas.

As plantas começaram a perder folhas a partir da quarta colheita no primeiro terço inferior com rápido crescimento das gemas axilares, formando novos ramos, fato que pode ter levado a valores negativos da TCR para todos os tratamentos neste período. O incremento da TCR no intervalo da última avaliação pode ser atribuído ao aumento de peso das hastes, folhas e raízes tuberosas.

Observa-se nas Figuras 23 e 24, um acréscimo da TCR entre a quinta e a sexta avaliação de plantas para ambas as origens, para alcançar o máximo crescimento aos 212 DAP em todos os tratamentos, sendo maior nas plantas originárias de rizóforos.

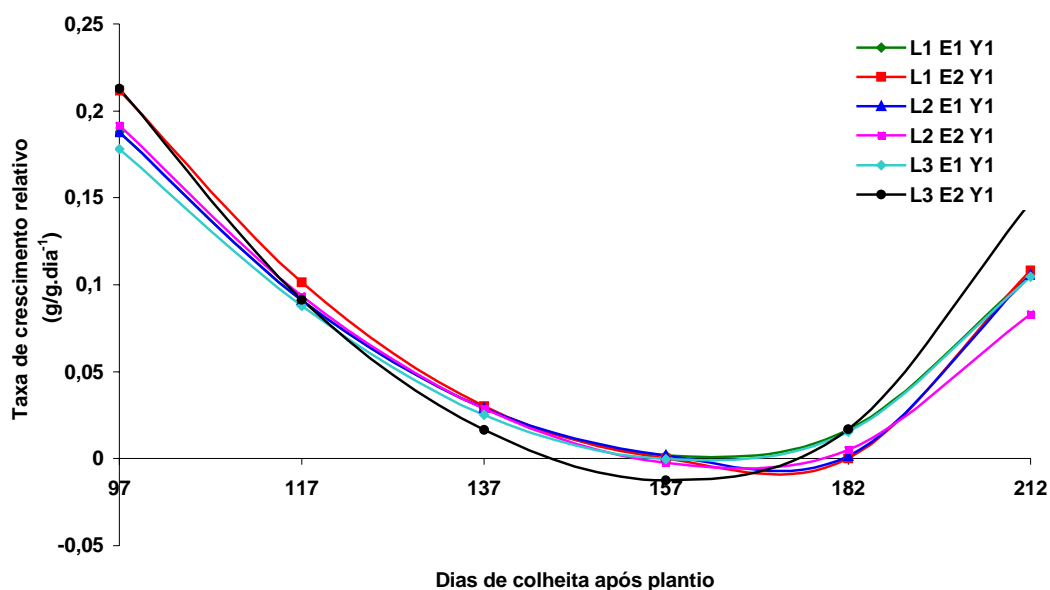


Figura 27. Taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de yacón, oriundas de rizóforos, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0\text{m}$ ,  $L_2=1,2\text{m}$ ,  $L_3=1,4\text{m}$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0\text{m}$ ). Botucatu-SP. 2002.

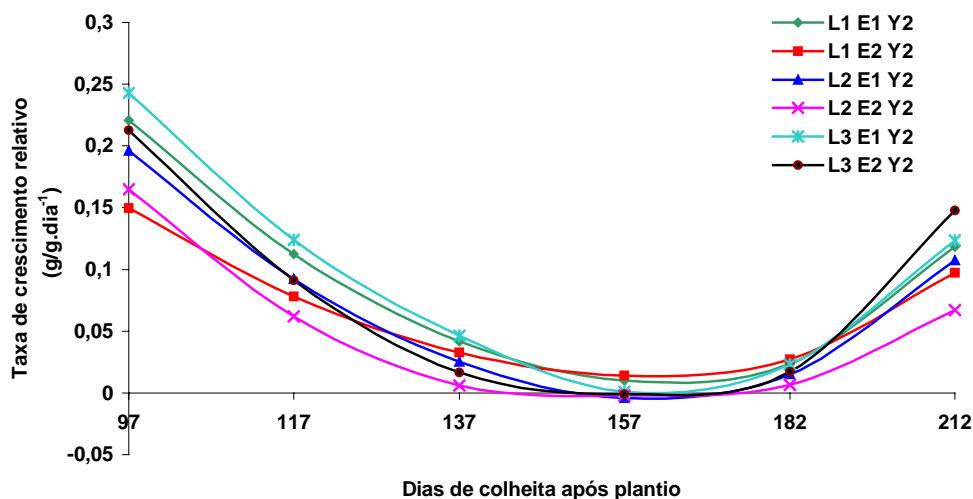


Figura 28. Taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de yacón, oriundas de gemas axilares, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0\text{m}$ ,  $L_2=1,2\text{m}$ ,  $L_3=1,4\text{m}$ ;  $E_1=0,8$ ,  $E_2=1,0\text{m}$ ). Botucatu-SP. 2002.

#### 4.11. Partição de massa seca

A partição de massa seca entre os diferentes órgãos do vegetal pode ser observada nas figuras 29 e 30. Esta variável permite inferir um processo fisiológico pouco estudado que é a translocação orgânica, pois em muitos casos facilita a compreensão do comportamento de um vegetal em termos de produtividade (Benincasa, 1998).

Verificou-se um pico elevado de massa seca da parte aérea (MSPA) em plantas de ambas as origens (Figuras 29 e 30) na segunda colheita em todos os tratamentos. Provavelmente este fato pode ser explicado, porque durante a segunda avaliação aos 117 dias não existiam ainda raízes tuberosas; este valor é proporcional entre os resultados de massa seca observados na terceira, quarta e quinta avaliações, seguido de incremento, na maioria dos tratamentos, na sexta colheita aos 212 DAP; com exceção do tratamento  $L_{2=1,2m}$   $E_{2=1,0m}$  (Figuras 29D e 30D) para ambas as origens de plantas, com decréscimo na massa seca da parte aérea deste tratamento.

Verifica-se que o acúmulo de massa seca nas raízes ao longo do período foi progressivo, para plantas originárias de rizóforos e gemas axilares. Este comportamento era esperado para um órgão de reserva, sendo observado por Almeida Bertani (1998) com batata.

A massa seca total nas folhas (%) entre espaçamentos e origens das plantas (Figuras 29 e 30) mostra que em todos os tratamentos a resposta foi similar. A porcentagem de massa de folhas na primeira colheita, foi maior devido ao fato de que as plantas apresentavam maiores áreas foliares e poucas raízes de absorção. Este valor teve uma diminuição na segunda colheita pelo aparecimento de raízes tuberosas.

De forma geral pode-se observar que a contribuição da parte aérea das plantas (caules e pecíolos) foi maior que a da massa seca das raízes tuberosas.

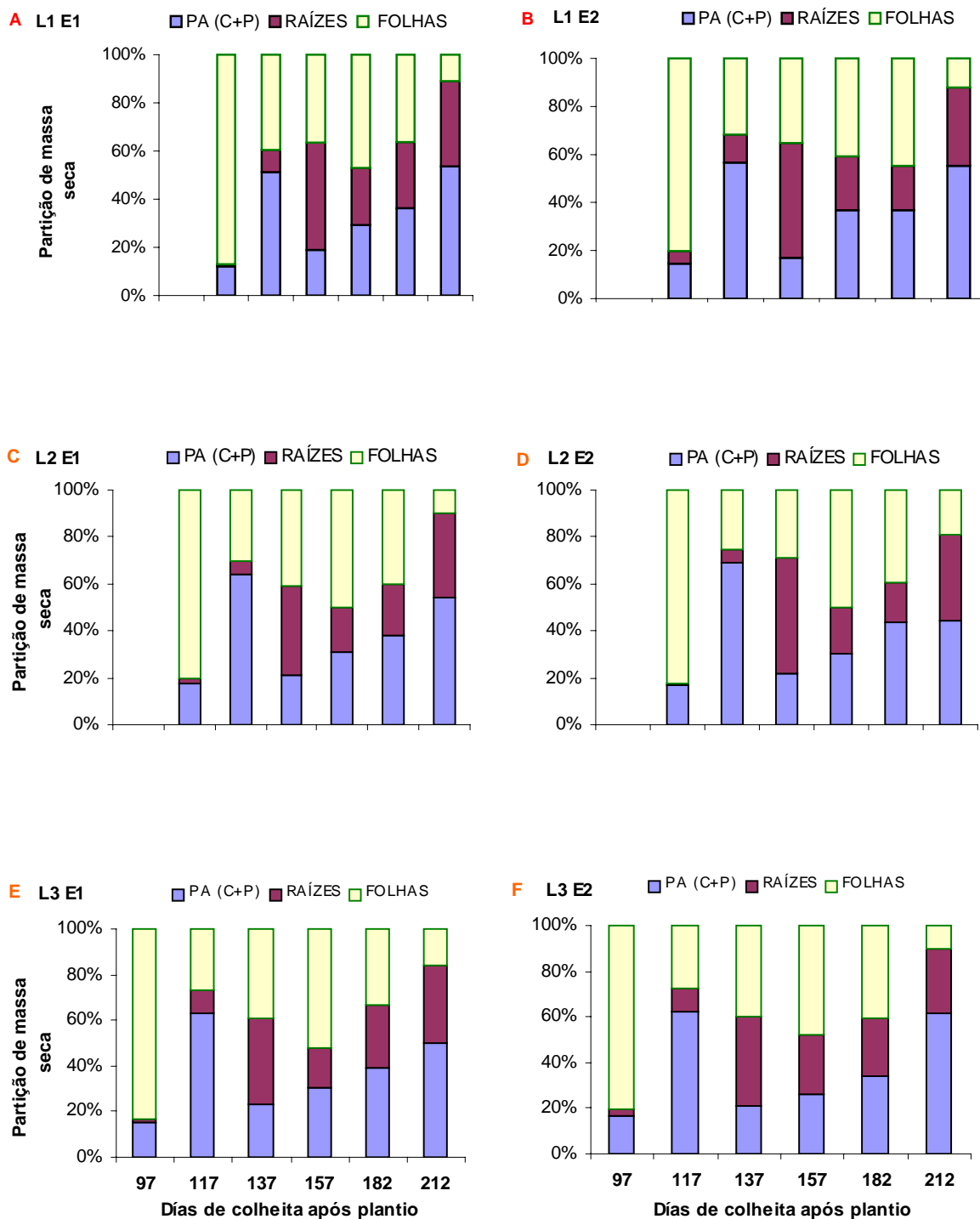


Figura 29. Partição de Massa seca de plantas de yacón originárias de rizóforos ( $Y_1$ ), em diferentes espaçamentos  $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8m$ ,  $E_2=1,0m$ : **A)** $L_1E_1$ , **B)** $L_1E_2$ , **C)** $L_2E_1$ , **D)** $L_2E_2$ , **E)** $L_3E_1$  e **F)** $L_3E_2$ . Botucatu-SP. 2002.

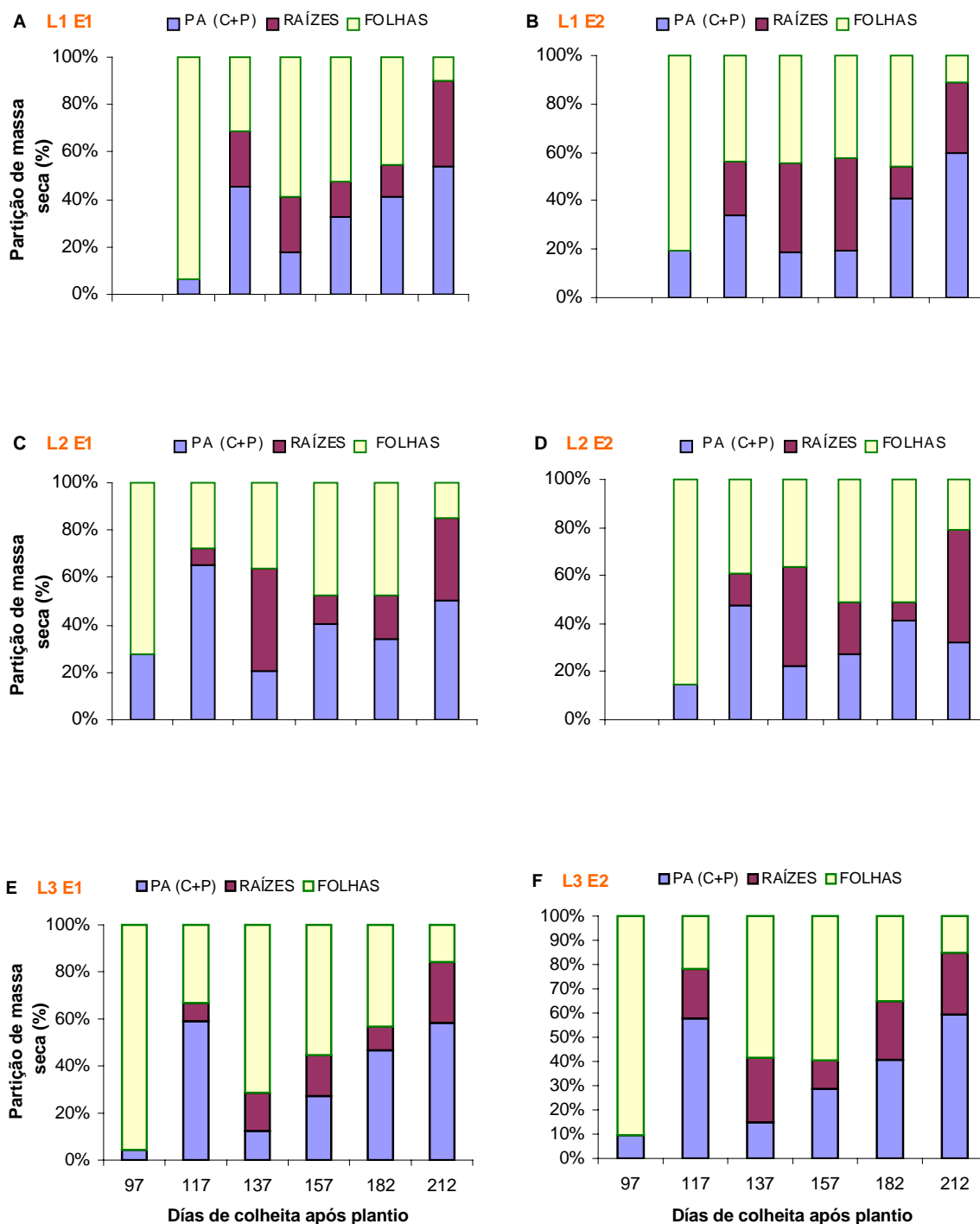


Figura 30. Partição de Massa seca de plantas de yacón originárias de gemas axilares ( $Y_2$ ), em diferentes espaçamentos  $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8m$ ,  $E_2=1,0m$ : **A)**  $L_1E_1$ , **B)**  $L_1E_2$ , **C)**  $L_2E_1$ , **D)**  $L_2E_2$ , **E)**  $L_3E_1$  e **F)**  $L_3E_2$ . Botucatu-SP. 2002.

#### 4.12. Análise de carboidratos em HPLC

Pode-se observar diferenças entre épocas de avaliação para os valores numéricos de carboidratos nas raízes tuberosas de yacón nas três últimas colheitas, sem apontar variações significativas entre espaçamentos por origem de plantas (Tabela 12). Estes resultados poderiam estar associados aos efeitos dos espaçamentos sobre os teores de açúcares, expressos nos altos coeficientes de variação.

Tabela 12. Análise de variância para acúmulo de carboidratos em raízes tuberosas oriundas de rizóforos e de gemas axilares, em diferentes espaçamentos, avaliadas aos 157, 182 e 212 DAP. Botucatu-SP. 2002.

Causa da Variação	G.L	(P ≤ 0,05)*			
		Glicose	Frutose	Sacarose	FOS
Épocas de avaliação	2	12,16**	2,46 ns	6,02**	3,21 ns
Espaçamentos	x 11	1,43 ns	0,68 ns	1,00 ns	0,33 ns
<b>Totdm</b>	35				
Média geral		0,509	0,732	0,950	3,572
CV (%)		49,42	61,65	64,73	71,35

\* Significativo

ns: não significativo

Observa-se uma tendência de maior acúmulo de açúcares e de FOS nas plantas originárias de gemas axilares, sendo o aumento expressivo até aos 182 dias, seguido de uma tendência para diminuição dos teores destes açúcares (Figura 31). Salienta-se ainda que na colheita aos 182 dias ocorreram os maiores teores numéricos de FOS, tanto para plantas oriundas de rizóforos como para as oriundas de gemas axilares.

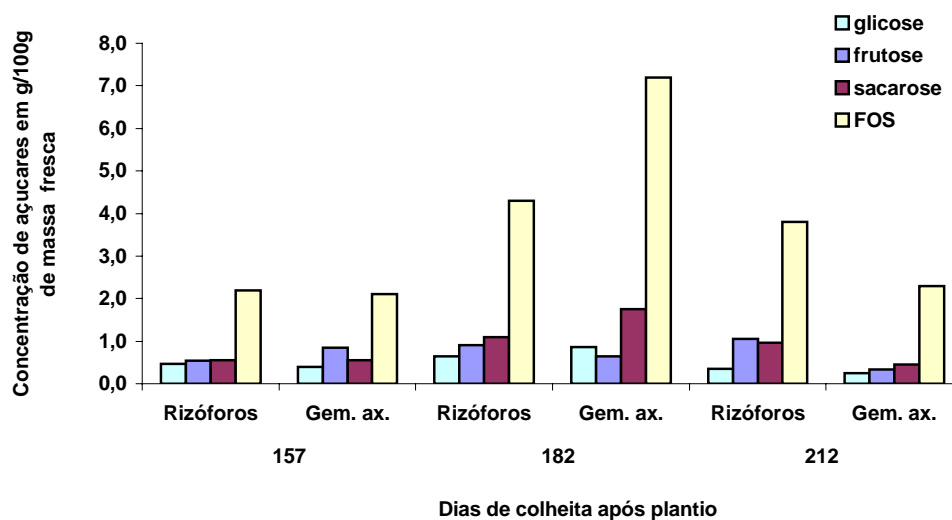


Figura 31. Concentração de açúcares, em raízes tuberosas de yacón oriundas de rizóforos e de gemas axilares, em diferentes espaçamentos  $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8m$ ,  $E_2=1,0m$ . Botucatu-SP. 2002.

Ocorreu uma tendência de maior concentração de açúcares aos 182 dias sendo maior a concentração de FOS no tratamento  $L_3=1,4mE_2=1mY_2=gemas$  axilares, para o qual foram encontrados valores numéricos acima de 10g/100g de massa seca. Para o tratamento a partir de rizóforos  $L_2=1,20mE_2=1,0mY_1=rizóforos$  verificou-se que, com um espaçamento intermediário entre linhas (1,20 m) e um espaçamento maior entre plantas (1,0 m) ocorreram valores numéricos mais elevados na colheita aos 157 dias, possibilitando uma antecipação da colheita das plantas quando o objetivo do cultivo for a produção de FOS. Ainda em relação aos tratamentos originários de rizóforos, verificou-se que a tendência de antecipação a colheita visando à utilização de FOS não foi confirmada para as demais densidades entre plantas, uma vez que os tratamentos  $L_2=1,20mE_2=1,0mY_1=rizóforos$  e  $L_2=1,20mE_2=1,0mY_1=rizóforos$  não seguiram o mesmo perfil (Figura 32).



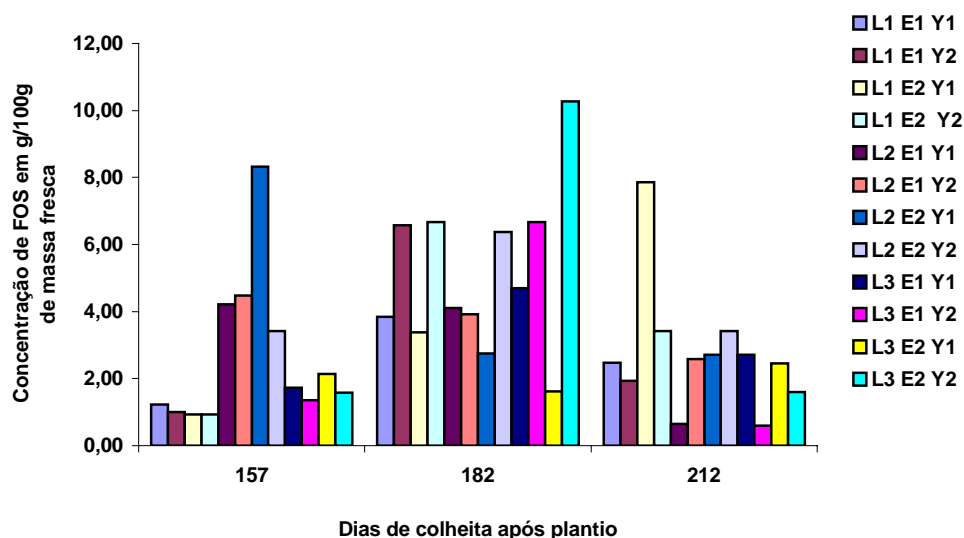


Figura 32. Concentração de FOS em raízes tuberosas de yacón a partir de rizóforos ( $Y_1$ ) e de gemas axilares ( $Y_2$ ), em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8m$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002

Analisando-se separadamente as raízes tuberosas de plantas oriundas de rizóforos e as raízes tuberosas de plantas oriundas de gemas axilares (Figuras 33 e 34), verificou-se que o maior acúmulo de FOS ocorreu em plantas originárias de gemas axilares, sendo que a melhor época de colheita foi aos 182 dias. Em relação às plantas oriundas de rizóforos verificou-se que a média dos teores de FOS da colheita aos 157 dias foi ligeiramente superior à média de FOS da colheita aos 182 dias, confirmando-se o fato de que com a produção de plantas a partir de rizóforos é possível se antecipar a época de colheita, visando à obtenção de FOS.

Os resultados apresentados permitem inferir que houve resposta aos espaçamentos em relação ao acúmulo de açúcares para as diferentes origens e épocas de colheita, sendo maior o acúmulo de FOS nas raízes originárias de gemas axilares na quinta colheita aos 182 dias.

Estes resultados relacionam-se com o estágio fenológico da planta e com os parâmetros fisiológicos de análise de crescimento, sendo que as folhas translocam os fotoassimilados para os órgãos de reserva, as raízes tuberosas

principalmente, para logo serem distribuídos no desenvolvimento de rizóforos, alongamento das gemas axilares em ramos novos, hastes e flores.

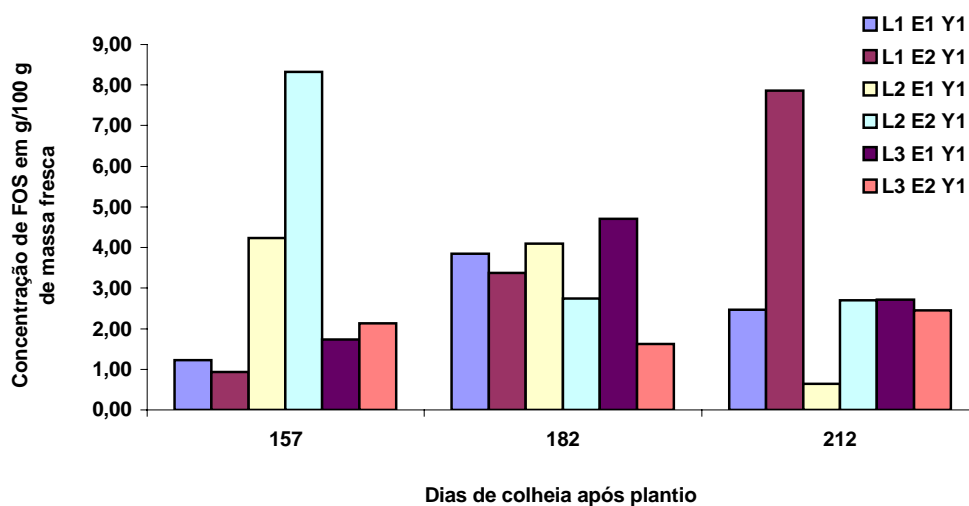


Figura 33. Concentração de FOS em raízes tuberosas de yacón a partir de rizóforos, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8m$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

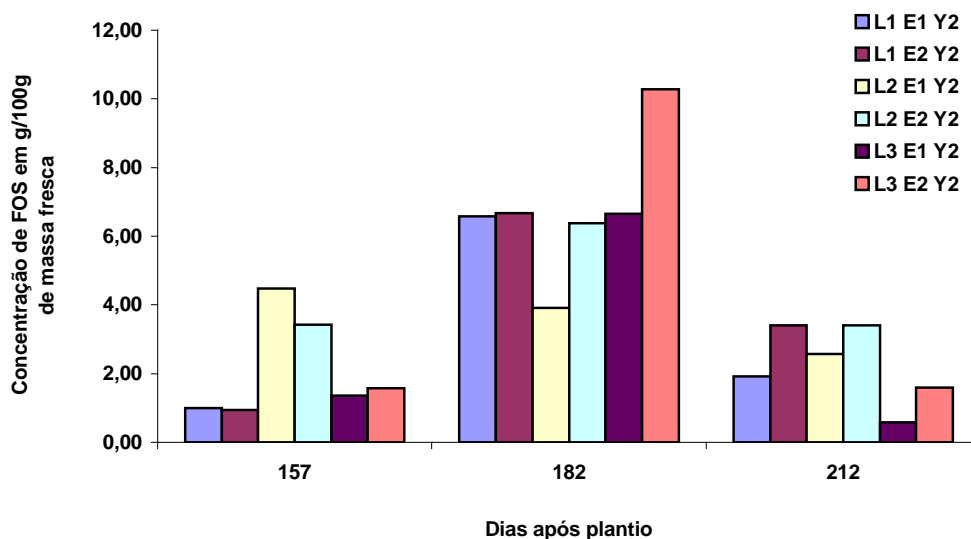


Figura 34. Concentração de FOS em raízes tuberosas de yacón a partir gemas axilares, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8m$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

Quando comparados com outras culturas, MEIJER et al. (1993) estudaram as características de produção de frutanos do tipo inulina em cinco diferentes populações de Alcachofra de Jerusalém e seis de chicória, em condições de clima temperado. Observaram que a produção de frutose a partir de Alcachofra de Jerusalém variou em média de 4,5 a 8,3 t/ha, e nas de chicória de 9,8 a 16,1 t.ha<sup>-1</sup>.

Em Budapeste, BARTA (1996), analisou a produção e a qualidade da inulina em *Helianthus tuberosus* L., em *Chichorium intybus* e em *Dahlia* sp.. A produção observada foi de 4,5; 0,9 e 2,5 t.ha<sup>-1</sup> respectivamente, e a *Dahlia* sp. foi a espécie que produziu frutanos do tipo inulina de melhor qualidade.

Estudos adicionais específicos poderiam ser encaminhados para determinar a produção de FOS a partir de gemas axilares e de rizóforos com os tratamentos que apresentaram maior acúmulo.

Os elevados conteúdos de FOS nas raízes tuberosas de yacón em plantas originárias de gemas axilares, sugerem uma boa opção sob o ponto de vista da indústria que visa a obtenção deste açúcar a partir destas estruturas. Assim, estudos adicionais específicos poderiam ser encaminhados para análise deste carboidrato a partir dos tratamentos que apresentaram os maiores valores de FOS, seja de rizóforos ou de gemas axilares; assim como há necessidade de se continuar às pesquisas no desenvolvimento de métodos pós-colheita para sua preservação durante o armazenamento e/ou processamento.

#### **4.13. Produção**

Os resultados da produção total de massa fresca, (Tabela 13), envolveram a produção da parte aérea, de rizóforos e de raízes tuberosas de yacón, evidenciando efeitos significativos dos espaçamentos para as plantas originárias de rizóforos, na produção de massa fresca da parte aérea e de raízes tuberosas, independentemente da origem das plantas.

Tabela 13. Análise de variância da produção de yacón oriunda de rizóforos e gemas axilares, em diferentes espaçamentos. Botucatu-SP. 2002.

Causa de variação	G.L	Produção total ( $P \leq 0,05$ )*		
		Parte aérea	Rizóforos	Raízes tuberosas
Linha	2	0,0568	0,5679	0,7708
Bloco	3	0,0095	0,0951	0,3453
Espaç.	1	<b>0,0087</b>	0,1950	<b>0,0021</b>
Orig.	1	0,2062	<b>0,0028</b>	0,0168
Espaç x orig.	1	0,2913	0,6179	0,1463
Linh x espaç.	2	0,5235	0,2557	0,7318
Linh x orig.	2	0,0635	0,1443	0,4490
Lih x esp x orig.	2	0,5981	0,6932	0,8788
Espaç. d. rizóf.	1	<b>0,0120</b>	0,5649	<b>0,0018</b>
Espaç. d. gemas	1	0,2253	0,2058	0,1897
CV (%)		22	40	25

\*Valor de P significativo quando  $< 0,05$

#### 4.13.1. Parte aérea

Na produção de massa fresca da parte aérea, a análise de variância (Tabela 13) detectou respostas significativas para os espaçamentos  $E_{1=0,80m}$  e  $E_{2=1,0m}$  e espaçamentos de plantas originárias de rizóforos  $E_1=0,8mY_1=rizóforos$ ,  $E_2=1,0mY_1$ . A produção média de massa fresca da parte aérea com o espaçamento  $E_1$  foi de  $39,7 \text{ t.ha}^{-1}$  e para o espaçamento  $E_2$ , de  $33,3 \text{ t.ha}^{-1}$ . Estas diferenças podem ser explicadas pela maior densidade de plantas do espaçamento  $E_1$  independentemente da origem da planta. A produção de massa fresca entre plantas originárias de rizóforos foi de  $42,4 \text{ t.ha}^{-1}$  para  $E_{1=0,8m}$  e de  $33,5 \text{ t.ha}^{-1}$  para o espaçamento  $E_{2=0,1m}$ . Entre  $E_1$  e  $E_2$  originários de rizóforos, houve uma diferença de produção de  $8,9 \text{ t.ha}^{-1}$  (Figura 35).

Na indústria, as folhas desta planta são desidratadas e trituradas para sua comercialização no preparo de chá (Kakihara, 1996), utilizado como auxiliar no tratamento contra diabetes e altas taxas de colesterol no sangue. Com a infusão de folhas e caules secos ocorre uma regressão da taxa de glicose no sangue para os casos do diabetes. Se este for o objetivo, na produção de folhas, deve-se utilizar o espaçamento  $E_1 = 0,8m$  entre plantas.

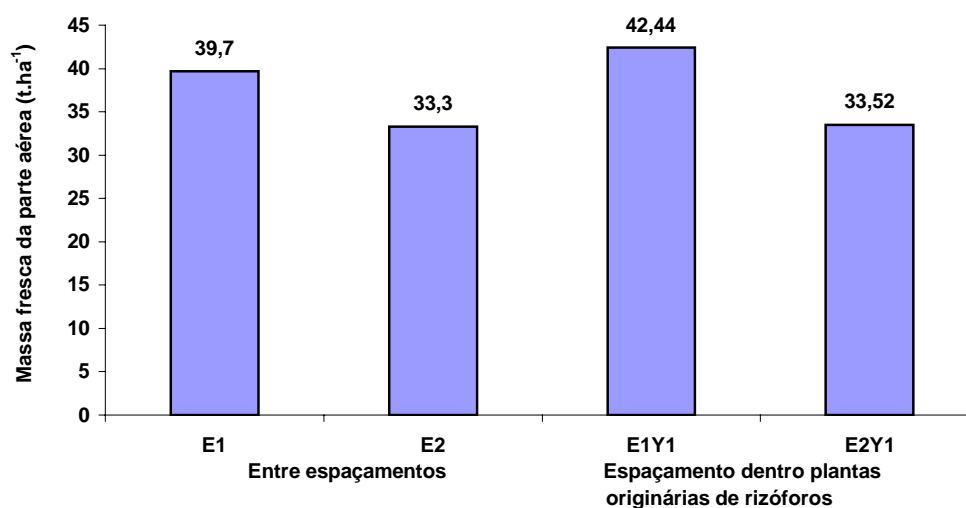


Figura 35. Produção total de massa fresca da parte aérea entre espaçamentos; e espaçamentos dentro de plantas originárias de rizóforos. Botucatu-SP. 2002.

#### 4.13.2. Produção de rizóforos.

A análise de variância da Tabela 13 revelou diferenças significativas para produção de rizóforos entre plantas originárias de rizóforos ( $Y_1$ ) e plantas originárias de gemas axilares ( $Y_2$ ). Assim, na Figura 36, observa-se uma diferença de  $8,6 \text{ t.ha}^{-1}$  entre plantas originárias de rizóforos e de gemas axilares. A quantidade de rizóforos das plantas de gemas axilares é menor, devido ao fato de a colheita ter sido realizada antes de se conseguir o crescimento total destas estruturas, enquanto que nas plantas originárias de rizóforos, estas estruturas adiantaram o desenvolvimento, provavelmente porque quando instalado o experimento, já continham reservas adiantando o seu desenvolvimento e, conseqüentemente, aumentando a capacidade fotossintética. No yacón a formação de rizóforos ocorre após a translocação dos fotoassimilados para as raízes tuberosas, as quais posteriormente servem de fonte para a formação destas estruturas utilizadas pela planta como estratégia de sobrevivência.

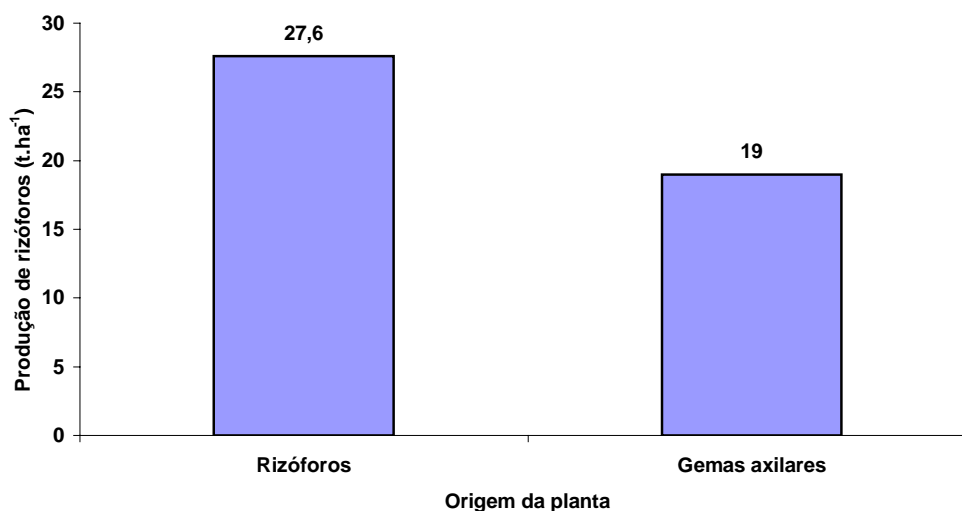


Figura 36. Produção de rizóforos por plantas originárias de rizóforos e gemas axilares, em diferentes espaçamentos ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ;  $E_1=0,8m$ ,  $E_2=1,0m$ ). Botucatu-SP. 2002.

#### 4.13.3. Raízes tuberosas

Os diferentes espaçamentos afetaram indistintamente a produção de raízes tuberosas das plantas oriundas de rizóforos e de gemas axilares (Tabela 13). Na Figura 37, observa-se que a produção total no espaçamento entre plantas  $E_{1=0,8m}$  foi de  $55,3 \text{ t.ha}^{-1}$  e no espaçamento  $E_{2=1,0m}$ , de  $43,4 \text{ t.ha}^{-1}$ ; com uma diferença de produção entre ambos de  $11,9 \text{ t.ha}^{-1}$ . A produção média de raízes tuberosas foi de  $53,8 \text{ t.ha}^{-1}$  para as plantas originárias de rizóforos ( $Y_1$ ) e de  $44,8 \text{ t.ha}^{-1}$  para as originárias de gemas axilares ( $Y_2$ ), com uma diferença entre elas de  $9 \text{ t.ha}^{-1}$ .

A diferença de espaçamentos influenciou a produção das raízes tuberosas sem distinção da origem das plantas; nos espaçamentos menores houve maiores densidades de plantas.ha<sup>-1</sup>. Em tratamentos como  $L_{1=1,0m}E_{1=0,8m}Y_{1=rizóforos}$  obteve-se a maior produtividade de raízes tuberosas, porém foi maior a quantidade de raízes tuberosas médias e refugos, devido à competição entre plantas por espaço, água, nutrientes e luz.

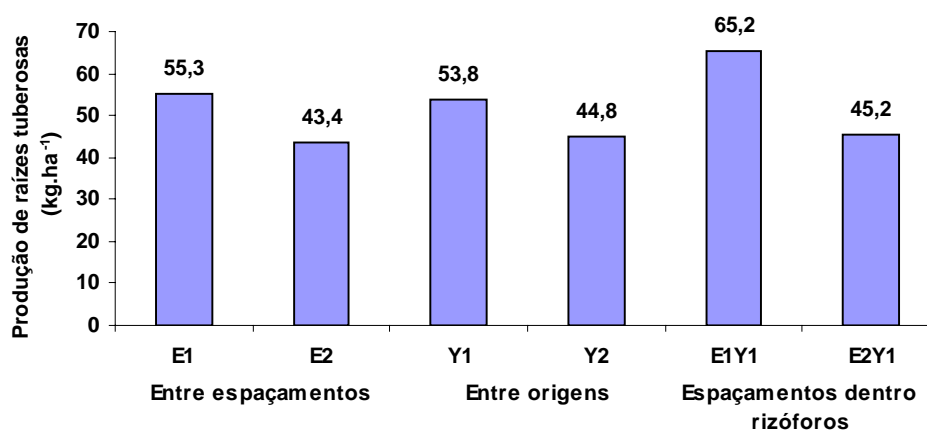


Tabela 37. Produção de raízes tuberosas a partir de plantas oriundas de rizóforos (Y<sub>1</sub>) e gemas axilares (Y<sub>2</sub>), em diferentes espaçamentos (L<sub>1</sub>=1,0m, L<sub>2</sub>=1,2m, L<sub>3</sub>=1,4m; E<sub>1</sub>=0,8m, E<sub>2</sub>=1,0m). Botucatu-SP. 2002.

A produção de raízes tuberosas por planta foi variável, tendo-se encontrado plantas com 4 kg e plantas com 12,8 kg; fato que permite inferir que o potencial desta planta em condições ótimas de solo, adubação, temperatura e água, principalmente, estaria acima de 128 t.ha<sup>-1</sup>, com densidade de 10.000 plantas.ha<sup>-1</sup>.

Verificou-se também uma relação entre o espaçamento E<sub>1</sub> e plantas originárias de rizóforos, com as quais obteve-se as maiores produtividades em razão de que plantas originárias de rizóforos atingiram maior desenvolvimento da parte aérea e acúmulo de fotoassimilados do que as plantas oriundas de gemas axilares.

Kakihara et al. (1996) relataram terem obtido produções médias de raízes tuberosas de 100 t.ha<sup>-1</sup> em cultivo comercial no município de Capão Bonito-SP. Vilhena (1997) obteve uma produção de raízes tuberosas em torno de 60 t.ha<sup>-1</sup>; Amaya (2000) trabalhando com espaçamentos de 1,0 m entre linhas por 0,80 m entre plantas e diferentes fontes de adubação, obteve uma produção em torno de 51,39 t.ha<sup>-1</sup>. O National Research Council (1989) relata produções de 38 t.ha<sup>-1</sup> na Região Andina, enquanto que no Japão a produção atingiu 46,8 t.ha<sup>-1</sup>. Ao se comparar tais resultados pode-se inferir, portanto, que as condições para cultivo no município de Capão Bonito sejam as que mais se aproximam do ideal.

#### 4.13.4. Classificação das raízes tuberosas

Em relação às raízes tuberosas graúdas, observam-se diferenças entre espaçamentos ( $E_{1=0,8m}$  e  $E_{2=0,1m}$ ) para plantas de ambas as origens. Na produção de raízes tuberosas médias, existem diferenças entre as origens de planta a partir de rizóforos e de gemas axilares. A produção de raízes tuberosas refugo foi influenciada pelos espaçamentos entre linhas  $L_{1=1,0m}$ ,  $L_{2=1,2m}$ ,  $L_{3=1,4m}$  e pela origem de planta ( $Y_1$  e  $Y_2$ ) (Tabela 14). Na apresentação dos resultados (Figura 38a), observa-se que a produção de raízes tuberosas graúdas foi maior nos espaçamentos entre plantas de  $E_{1=0,8m}$ , com produtividade média total de  $26 \text{ t.ha}^{-1}$ ; enquanto que as raízes provenientes do espaçamento  $E_{2=1,0m}$  apresentaram produção de  $21 \text{ t.ha}^{-1}$ . Isto evidencia maior produtividade, com o espaçamento 0,80 m entre plantas, seja para raízes tuberosas originárias de rizóforos ou de gemas axilares. A influência dos espaçamentos  $E_1$  e  $E_2$  na produção de raízes tuberosas se evidencia melhor na figura 38b e permite concluir que os espaçamentos entre plantas originárias de rizóforos influenciaram na produção de raízes tuberosas.

Tabela 14. Análise de variância da produção de raízes tuberosas graúdas, médias e refugos de yacón, oriundas de rizóforos e gemas axilares, em diferentes espaçamentos. Botucatu-SP. 2002.

Causa de variação	G.L	Produção total ( $P \leq 0,05$ )*		
		graúdas	médias	refugos
Linha	2	0,2351	0,1378	<b>0,0024</b>
Bloco	3	0,0115	0,3722	0,0061
Espaç.	1	<b>0,0214</b>	0,2084	0,2249
Orig.	1	0,5553	<b>0,0007</b>	<b>0,0022</b>
Espaç x orig.	1	0,2741	0,3569	0,1648
Linh x espaç.	2	0,0703	0,6220	0,4517
Linh x orig.	2	0,4713	0,9419	0,0953
Lih x esp x orig.	2	0,5858	0,7695	0,7297
Espaç. d. rizóf.	1	<b>0,0181</b>	0,1271	0,0698
Espaç. d. gemas	1	0,3567	0,8055	0,8964
CV (%)		34	41	29

\*Valor de P significativo quando  $< 0,05$



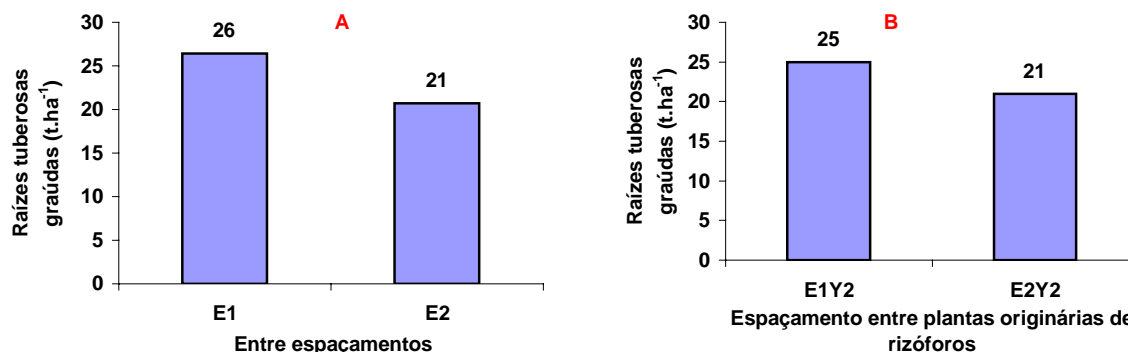


Figura 38. Produção de raízes graúdas: (A) Em função dos espaçamentos (B) Espaçamentos entre plantas originárias de rizóforos Botucatu-SP. 2002.

Em relação à produção das raízes tuberosas médias, na Figura 39 pode-se observar a produção média de 22,2 t.ha<sup>-1</sup> para as plantas originárias de rizóforos (Y<sub>1</sub>) e de 13,9 t.ha<sup>-1</sup> para as plantas originárias de gemas axilares (Y<sub>2</sub>), resultados estes que estão de acordo com a produção total.

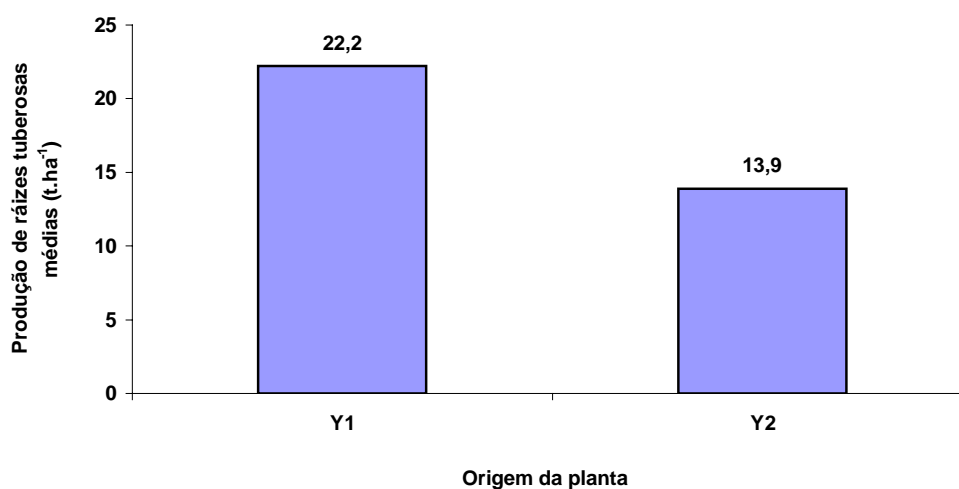


Figura 39. Produção de raízes tuberosas médias a partir de plantas originárias de rizóforos (Y<sub>1</sub>), e de gemas axilares (Y<sub>2</sub>), em diferentes espaçamentos (L<sub>1</sub>=1,0m, L<sub>2</sub>=1,2m, L<sub>3</sub>=1,4m; E<sub>1</sub>=0,8m, E<sub>2</sub>=1,0m). Botucatu-SP. 2002.

A quantidade de raízes consideradas refugo foi influenciada pelos espaçamentos entre linhas ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ) e origens da planta ( $Y_1=0,8m$ ,  $Y_2=1,0m$ ), cujos resultados estão contidos nas Figuras 40a e b. Assim, com o espaçamento  $L_1=1,0m$  obteve-se a maior quantidade de raízes tuberosas refugo, o que pode estar relacionado com a maior densidade de plantas; já que as raízes tuberosas, neste espaçamento, competem mais pelo espaço, nutrientes, água e luz. Com os maiores espaçamentos  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$  houve menor ocorrência de raízes tuberosas refugo com produções similares, em razão da menor competição entre as plantas pelo meio.

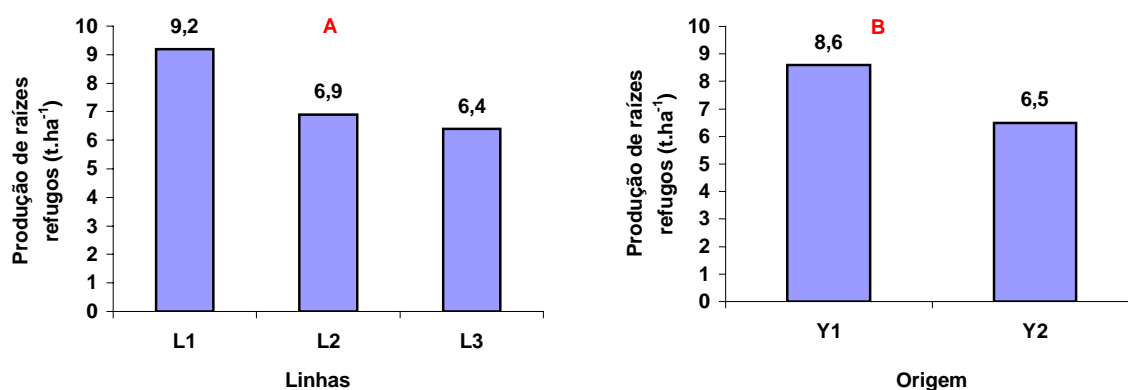


Figura 40. Produção de raízes tuberosas refugo em função dos espaçamentos. A) Entre linhas ( $L_1=1,0m$ ,  $L_2=1,2m$ ,  $L_3=1,4m$ ), B) Entre origens de planta. Botucatu-SP. 2002. ( $Y_1$ =rizóforos,  $Y_2$ =gemas axilares).

#### 4.14. Análise econômica da produção de raízes tuberosas

A análise econômica da produção total foi efetuada a partir dos resultados da análise de variância e do teste da comparação de médias (Tabelas 15 e 16) e permitiu estimar o potencial produtivo de todos os tratamentos e identificar a combinação ótima (máxima produtividade) para produção total de raízes tuberosas. O tratamento  $L_1=1,0mE_1=0,8mY_1$ =rizóforos apresentou produtividade média de  $65,8 t.ha^{-1}$  e o tratamento  $L_3=1,40mE_2=1,0mY_2$ =gemas axilares alcançou  $34,7 t.ha^{-1}$ , com uma diferença de  $31,0 t.ha^{-1}$  entre os dois.

Tabela 15. Análise de variância da produção total de raízes tuberosas de yacón em função de diferentes origens e espaçamentos. Botucatu-SP. 2002.

Causas de variação	G.L	S. Q	Q. M	F
Blocos	3	516,6700	172,2233	1,23
Tratamentos	11	316,8170	316,8170	2,27 *
Resíduo	33	139,8479	139,8479	
Total	47	8616,9800		

(\*) Significativo a 5% de probabilidade

CV = 23 %.

Em levantamento realizado sobre as variações de preço, por quilograma de raízes tuberosas de yacón nos supermercados constata-se que elas são consideráveis; em Botucatu o preço médio é de R\$ 2,80; em São Paulo R\$ 4,80; e em Brasília R\$ 8,90; sendo que no CEAGESP é de R\$ 2,00 por kg de raiz não classificada. Como critério para se fazer a estimativa real do preço desta raiz pago ao produtor na porteira, estimou-se o valor de R\$ 1,00 kg<sup>-1</sup>, de acordo com informações de pessoas que comercializam esta raiz, uma vez que houve dificuldades para obtenção do preço junto a produtores.

Tabela 16. Valores médios da produção total de raízes tuberosas de yacón obtidos em função da origem de plantas, em diferentes espaçamentos. Botucatu-SP.

No.	2002 Combinação	Descrição	Densidade plantas.ha <sup>-1</sup>	t.ha <sup>-1</sup>	Tukey (*)
1	L <sub>1</sub> E <sub>1</sub> Y <sub>1</sub>	1,0 m x 0,8 m x rizóforos	12500	65,75	a
9	L <sub>3</sub> E <sub>1</sub> Y <sub>1</sub>	1,4 m x 0,8 m x rizóforos	8928	63,45	a b
5	L <sub>2</sub> E <sub>1</sub> Y <sub>1</sub>	1,2 m x 0,8 m x rizóforos	10417	58,20	a b
6	L <sub>2</sub> E <sub>1</sub> Y <sub>2</sub>	1,2 m x 0,8 m x gemas	10417	49,42	a b
2	L <sub>1</sub> E <sub>1</sub> Y <sub>2</sub>	axilares x 0,8 m x gemas	12500	47,95	a b
10	L <sub>3</sub> E <sub>1</sub> Y <sub>2</sub>	axilares x 0,8 m x gemas	8928	47,23	a b
8	L <sub>2</sub> E <sub>2</sub> Y <sub>2</sub>	axilares x 1,0 m x gemas	8333	47,95	a b
3	L <sub>1</sub> E <sub>2</sub> Y <sub>1</sub>	axilares 1,0 m x rizóforos	10000	46,52	a b
11	L <sub>3</sub> E <sub>2</sub> Y <sub>1</sub>	1,4 m x 1,0 m x rizóforos	7143	45,30	a b
7	L <sub>2</sub> E <sub>2</sub> Y <sub>1</sub>	1,2 m x 1,0 m x rizóforos	8333	43,70	a b
4	L <sub>1</sub> E <sub>2</sub> Y <sub>2</sub>	1,0 m x 1,0 m x gemas	10000	42,82	a b
12	L <sub>3</sub> E <sub>2</sub> Y <sub>2</sub>	axilares x 1,0 m x gemas	7143	34,70	b

(\*) 0.05 axilares

DMS (Tukey) = 29,349 t.ha<sup>-1</sup>

Os custos de investimento variam (Anexos 1 e 2) e são constituídos pelo valor dos rizóforos e das gemas axilares, cujo preço foi estabelecido em relação às

experiências de produtores de mudas de hortaliças do município de Itatiba-SP. Os resultados (Tabela 17) mostram que há uma resposta positiva na produção de raízes tuberosas de yacón, em função das origens da planta e dos espaçamentos. Assim, verifica-se que na colheita final das plantas originárias de rizóforos e de gemas axilares, os maiores rendimentos ocorreram no espaçamento de 0,80 m entre plantas, independentemente dos espaçamentos entre linhas, para plantas de ambas as origens.

Com exceção do tratamento  $L_{1=0,8}E_{1=1,0m}Y_{1=rizóforos}$ , todos os espaçamentos de 1,0 m entre plantas apresentaram menores rendimentos. O tratamento  $L_{1=0,8}E_{1=1,0m}Y_{1=rizóforos}$ , apresenta a maior produção de raízes tuberosas com  $65,8 \text{ t.ha}^{-1}$ , seguido do tratamento  $L_{3=1,4m}E_{1=0,8m}Y_{1=rizóforos}$  e  $L_{2=1,20m}E_{1=0,80m}Y_{1=rizóforos}$ , com produções de  $63,5$  e  $58,2 \text{ t.ha}^{-1}$ , respectivamente; a seguir aparecem os tratamentos  $L_{2=1,20m}E_{1=0,8m}Y_{2=gemas \text{ axilares}}$ ,  $L_{1=1,20m}E_{1=0,80m}Y_{2=gemas \text{ axilares}}$ ,  $L_{3=1,40m}E_{1=0,8m}Y_{2=gemas \text{ axilares}}$  e  $L_{3=1,4m}E_{1=0,8m}Y_{2=gemas \text{ axilares}}$ , com produções de  $49,42$ ;  $47,95$ ;  $47,25$  e  $46,95 \text{ t.ha}^{-1}$ , respectivamente. Observa-se também que o tratamento  $L_{3=1,40m}E_{2=1,0m}Y_{2=gemas \text{ axilares}}$ , apresenta a menor produção com  $34,7 \text{ t.ha}^{-1}$ , com uma diferença de  $31,5 \text{ t.ha}^{-1}$  entre a maior e a menor produção. Em relação à análise econômica, todos os tratamentos apresentaram elevada rentabilidade em virtude da alta produtividade de raízes tuberosas, associada ao baixo custo de produção. Observa-se que os custos de investimento giram em torno de cinco mil Reais (R\$ 5.000,00) tanto para os rizóforos como para gemas axilares, valores estes bem abaixo dos obtidos para a receita em todos os tratamentos, permitindo a obtenção de receitas líquidas elevadas (Tabela 17 e Figura 41).

Esta rentabilidade é influenciada também pelas leis do comércio, ou seja, atualmente a oferta deste produto no mercado está muito reduzida e a procura está em franca expansão (consumo “in natura” no tratamento do diabetes), contribuindo para a manutenção do preço-venda em um nível relativamente elevado, conferindo a esta planta uma rentabilidade também elevada.

Verificada esta situação de oferta reduzida associada à procura do produto em franca expansão, permite-se inferir que planta apresenta ainda um grande potencial a ser explorado.

Tabela 17. Estimativa da produção total de raízes tuberosas, investimentos e lucros correspondentes, obtidos a partir de plantas originárias de rizóforos e de gemas axilares, em diferentes espaçamentos. Botucatu-SP. 2002.

Tratamentos	Combinação	Descrição	Plantas.ha <sup>-1</sup>	Investimento (R\$)	Receita (R\$)	Receita Líquida (R\$)	RBC
1	L <sub>1</sub> E <sub>1</sub> Y <sub>1</sub>	1,0 m x 0,8 m x rizóforos	12500	4864,5	65750	60.885,5	13,5
9	L <sub>3</sub> E <sub>1</sub> Y <sub>1</sub>	1,4 m x 0,8 m x rizóforos	8928	4356,5	63450	59.093,5	14,5
5	L <sub>2</sub> E <sub>1</sub> Y <sub>1</sub>	1,2 m x 0,8 m x rizóforos	10417	4566,5	58200	53.633,5	12,7
6	L <sub>2</sub> E <sub>1</sub> Y <sub>2</sub>	1,2 m x 0,8 m x gemas axilares	10417	5174,5	49425	44.250,5	9,5
2	L <sub>1</sub> E <sub>1</sub> Y <sub>2</sub>	1,0 m x 0,8 m x gemas axilares	12500	5599,5	47925	42.325,5	8,6
10	L <sub>3</sub> E <sub>1</sub> Y <sub>2</sub>	1,4 m x 0,8 m x gemas axilares	8928	4874,5	47250	42.375,5	9,7
8	L <sub>2</sub> E <sub>2</sub> Y <sub>2</sub>	1,2 m x 1,0 m x gemas axilares	8333	4759,5	46950	42.190,5	9,9
3	L <sub>1</sub> E <sub>2</sub> Y <sub>1</sub>	1,0 m x 1,0 m x rizóforos	10000	4514,5	46625	42.110,5	10,3
11	L <sub>3</sub> E <sub>2</sub> Y <sub>1</sub>	1,4 m x 1,0 m x rizóforos	7143	4114,5	45300	41.185,5	11,0
7	L <sub>2</sub> E <sub>2</sub> Y <sub>1</sub>	1,2 m x 1,0 m x rizóforos	8333	4276,5	43700	39.423,5	10,2
4	L <sub>1</sub> E <sub>2</sub> Y <sub>2</sub>	1,0 m x 1,0 m x gemas axilares	10000	5099,5	42825	37.725,5	8,4
12	L <sub>3</sub> E <sub>2</sub> Y <sub>2</sub>	1,4 m x 1,0 m x gemas axilares	7143	4528,1	34700	30.191,9	7,7

RBC = Relação Benefício/Custo

Estes resultados são visualizados também na Figura 41, onde observa-se a relação dos indicadores econômicos da produção total de raízes tuberosas de yacón.

O indicador RBC é muito utilizado e de interpretação relativamente fácil em comparação com outros indicadores, pois depende da fixação “a priori” de um custo de oportunidade para ser utilizado como taxa de desconto nos fluxos (Azevedo, 1995 citado por Ospina, 1998). Assim, Noronha (1987) e Noronha & Duarte (1995) sugerem a aprovação de projeto quando  $RBC > 1$ .

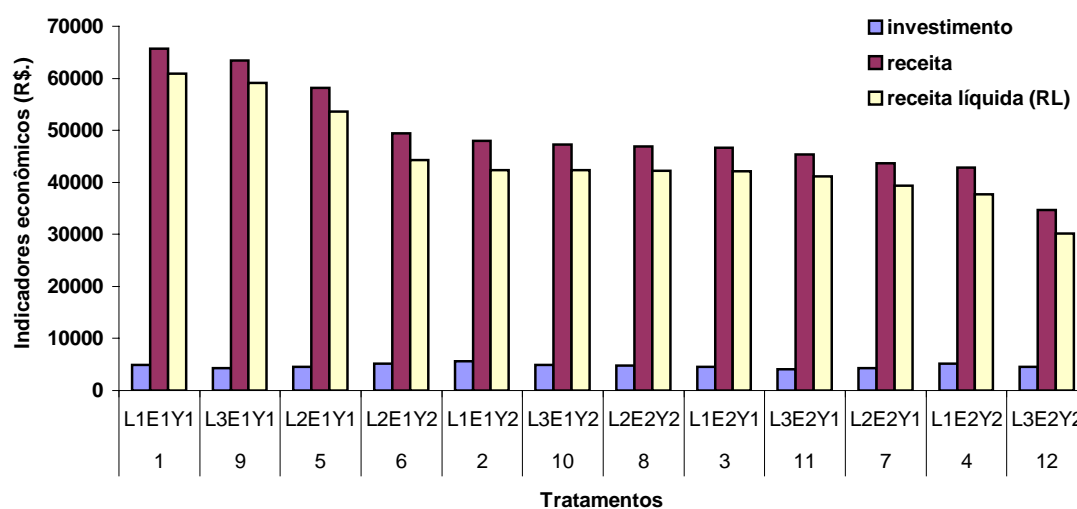


Figura 41. Indicadores econômicos da produção total de raízes tuberosas de yacón, oriundas de plantas derivadas de rizóforos e de gemas axilares, em diferentes espaçamentos. Botucatu-SP. 2002.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, houve respostas aos espaçamentos tanto em plantas provenientes de rizóforos quanto em plantas originárias de gemas axilares, observando-se que as maiores alterações dos índices fisiológicos, em ambas as origens, os eventos ocorreram por volta da quinta colheita, ou seja, 182 dias após o plantio, destacando os espaçamentos menores por apresentar maior densidade de plantas como os tratamentos  $L_{1=1,0m}E_{2=0,1m}$ ,  $L_{1=1,0m}E_{2=0,1m}$ ; e os espaçamentos maiores  $L_{3=1,4m}E_{2=1,0m}$  e  $L_{3=1,4m}E_{1=0,8m}$ , por terem maior espaço para se desenvolver; indistintamente da origem da planta

Em relação às combinações dos espaçamentos entre linhas  $L_{1=1,0m}$ ,  $L_{2=1,2m}$  e  $L_{3=1,4m}$ , espaçamentos entre plantas  $E_{1=0,8m}$  e  $E_{2=1,0m}$ , e origens da planta  $Y_{1=rizóforos}$  e  $Y_{2=gemas\ axilares}$ , todos os tratamentos apresentaram maior concentração de açúcares na quinta avaliação (182 DAP), antes do florescimento e desenvolvimento de ramos laterais e emergência de novas hastes. Porém, as raízes tuberosas originárias de gemas axilares apresentaram o maior concentração de FOS nos espaçamentos maiores, resultando em maior rendimento deste produto por área.

Os diferentes espaçamentos e origens da planta afetaram a produção de massa fresca de raízes tuberosas. Assim, a produção de raízes médias e graúdas foi obtida com maiores espaçamentos entre linhas ( $L_{3=1,4}$ ) e com plantas originárias de rizóforos.

A maior produtividade de raízes refugo foi obtida no menor espaçamento entre plantas e entre linhas, indistintamente às origens da planta, sugerindo

que para produzir raízes maiores deve-se plantar com espaçamentos maiores, seja para a indústria ou consumo in “natura”. A origem das plantas é outro fator de produção de raízes refugo, ou seja, verificou-se que plantas originárias de rizóforos apresentaram maior produção destas raízes do que as plantas originárias de gemas axilares.

Em termos de eficiência econômica, com plantas originárias de rizóforos obteve-se maior produção de raízes tuberosas graúdas, médias e de refugos. Com espaçamentos maiores  $L_{3=1,4m} E_{1=0,8m}$ ;  $L_{2=1,2m} E_{1=0,8m}$  e  $L_{2=1,2m} E_{1=0,8m}$  obteve-se maiores quantidades de raízes graúdas e melhor retorno econômico. A alta produtividade associada ao baixo custo de produção e “bom” retorno econômico tornam esta espécie acessível para produção em pequena escala, podendo com isso ser indicada para exploração em propriedades familiares. Nestas condições, sugere-se que esta planta pode ser produzida em sistema orgânico, aproveitando os resíduos obtidos dentro da propriedade e a própria mão-de-obra, elevando assim a renda familiar de grupos produtivos de baixa renda.



## 6. CONCLUSÕES

- ✓ As plantas de yacón apresentaram respostas aos espaçamentos para ambas as origens de plantas.
- ✓ O acúmulo de carboidratos foi maior em raízes originárias de gemas axilares aos 182 DAP, influenciados pela idade da planta, pelos espaçamentos e origem do material de multiplicação.
- ✓ Os indicadores econômicos e a viabilidade de todos os tratamentos, até mesmo aqueles de menor produção, permitem concluir que o cultivo de yacón é altamente rentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\*

AGUIAR NETTO, A.O. *Crescimento e produtividade da cultura da batata (Solanum tuberosum ssp. Tuberosum), cultivar Aracy, submetida a diferentes lâminas de irrigação*. Botucatu, 1997. 88p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

ALMEIDA BERTANI, R.M. *Eficiência agrônômica de fosfatos na cultura de batata (Solanum tuberosum spp. Solanum)*. Botucatu, 1998. 98p. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

AMAYA, R.J.E. *Efeitos de doses crescentes de nitrogênio e potássio na produtividade de yacón (Polymnia sonchifolia Poep Endl.)*. Botucatu, 2000. 58p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

---

\* UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Faculdade de Ciências Agrônômicas. *Normas para elaboração de dissertações e teses*. Botucatu, 1997. 35p.

AYBAR, M.S., RIERA, A.N.S, GRAU. A., SÁNCHEZ, S.S. Hypoglycemic effect of the water extract of *Smallanthus sonchifolius* (yacón) leaves in normal and diabetic rats. *Ethnopharmacol*, n.74, p125-32, 2001.

BENINCASA, M.M.P. *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.

BERMEJO, H J.E, LEÓN, J. Neglected Crops: 1492. From a different perspective. In: FAO, *plant production and protection*. Rome, 1994. p. 165–79. (Série, 26)

BRIGSS, G.E., KIDD, F., WEST, C.A. A quantitative analysis of plant growth. Part I. *Ann.Appl. Biol.*, v.7, n.1, p.103-23, 1920a.

BRIGSS, G.E., KIDD, F., WEST, C.A. A quantitative analysis of plant growth. Part II. *Ann.Appl. Biol.*, v.7, n.2/3, p.202-23, 1920b.

BROW JÚNNIOR , K.S. Engenharia ecológica novas perspectivas de seleção e manejo de plantas medicinais. *Acta Amazônica*, v.18, n.1, p.291-303, 1988.

CALBO, A.G., SILVA, W.L.C., TORRES, A.C. Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. *Rev. Bras. Fisil. Veg.* n.1, v.1, p.1-7,1989.

CHOAIRY, S.A, FERNANDES, P.D. Densidades de plantio na cultura de abacaxi. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.18, n.9, p.985-8. 1983

CORRÊA JÚNIOR, C., MING, L.C., SCHEFER, M.C. A importância do cultivo de plantas medicinais, aromáticas e condimentares. *SOB Informa*, v.9-10, n.1-2, p.23-4, 1991.

DIP, M.R., MACHADO, M.R., OLIVEIRA, D.M. Estruturas secretoras de órgãos vegetativos de yacón (*Polymnia snchifolia – Asteraceae*). In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE RAÍZES TROPICAIS, 1 CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 9, 1996, São Pedro.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. Sistema de classificação de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 1999. 412 p.

FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L., DIETRICH, S.M., CARVALHO, .M.A.M., VIEIRA, C.C.J., ISEJIMA, E.M., DIAS-TAGLIACOZZO, G.M., TERTULIANO, M.F. As múltiplas utilidades dos frutanos: reserva de carboidratos em plantas nativas do Cerrado. *Ciên. Hoje*, v.14, p.16-8, 1992.

FUKAY, K., MIYAZAKI, S., NANJO, F., HARA, Y. Distribution of carbohydrates and related enzymes activities in bacón (*Polimnia sonchifolia*). *Soils Sci. Plant. Nutr.*, v.39, p.567-71, 1993.

GONÇALVES, G., MÜLLER, M.W. *Análise de crescimento de plantas, mensuração do crescimento*. FCAP, Belém. Informe didático 1, 1979.

GRAU, A., KORTSARZ, A., AYBAR, M.J., RIRA, A.N., SANCHEZ, S.S. *El retorno del yacón*. *Ciên. Hoje*, v.11 – n.63 Junio/Julio 2001.

GRAU, A., REA, J. Yacón. *Smallanthus sonchifolia* (Poep. Endel.). In: HERMAN, M., HELLER, J. (Eds). *Andean roots and tubers: ahupa, arracacha, maca and yacón*. Roma: International Plant Genetic Resources Institute, 1997. p.199-242.

HATA, Y., HARA, T., OIKAWA, T., YAMAMOTO, M., HIROSE, N., NAGASHIMA, T., ORIHAMA, N., NAKAHIMA, K., WATABE, A., YAMASHITA, M. The effects of oligofructans (Neosugar) on hiperlipemia. *Geriat.Med.* v.21, p.156-7, 1983.

HENDRY, G.A., WALLACE, R.K. The origem, distribution and evolutionary significance of fructans. In: FIGUEIREDO-RIVIERO, R.C.L. Distribuição, aspectos estruturais e funcionais dos frutanos, com ênfase em plantas herbáceas do cerrado. *Rev. Brás. Fisiol. Veg.*, v.5, n.2, p.203, 1983.

HIDAKA, H., EIDA, T., AACHI, T., SAITO, Y. Industrial production of fructooligosaccharides and its application for human and animals. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*. v.61, p.915-23, 1987.

HYRAYAMA, M., HIDAKA, H. Production and utilization of microbial fructans. In: SUZUKI, M., CHARTERTON, N.J. *Science and technology of fructans*. London: CRC, 1993. Cap.9, p.273-302.

INOUE, A., TAMOGAMI, S., KATO, H., NAKASATO, Y., AKIYAMA, M., KODAMA, O., AKASUTA, T., HASHIDOKO, Y. Anifungal melampolides from leaf extracts of *Smallanthus sonchifolius*. *Phytochemistry*, v39, p.845-8, 1995.

ISEJIMA, E.M. Yacón como fonte de frutanos. In: WORKSHOP DE YACÓN, 1, 1997, Botucatu. *Anais...* Botucatu: Sociedade Botânica de São Paulo, 1997. não pág.

KAKIHARA, T.S., CÂMARA, F.L.A., VILHENA, S.M.C. Cultivo e industrialização de yacón (*Polymnia sonchifolia* Poep & Endl.): uma experiência brasileira. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE RAÍZES TROPICAIS 1 E CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA 9, 1996, São Pedro, (resumo 148).

KAKUTA, H., SEKI, T., HASHIDOKO, Y., MYZUANI, J. Ent-kaurenic acid and its related compounds from glandular trichome exudate and leaf extracts of *Polymnia sonchifolia*. *Bios. Biotech. Biochem.*, v.56, p.1562-4, 1992.

KANNO, M.A. Cultura da planta medicinal “yacón” (tradução). *Nogyo Oyobi Enguei*, v.64, 1989.

KEVET, J. Methods of growth analysis, In: SESTAK, Z., CATSKY, J., JARVIS, P.G., (Eds). *Plant photosynthetic production*. The Hague: W.Junk, 1971. p.343-84.

KOSARIC, M.; COSENTINO, G.P.; WEICZOREK, A. *The Jerusalem artichoke as an agricultural crop. Biomass*, v.5, n., p.1-36, 1984.

LARCHER, W. Utilização de carbono e produção de matéria seca. In: *Ecofisiologia Vegetal*. São Paulo: EPU. 1986. p.74-170.

LEMONICA, I.P. Estudo dos efeitos hipoglicemiantes do extrato aquoso das folhas de *Polymnia sonchifolia* em ratas. In 1 WORKSHOP DE YACÓN – bases racionais para utilização de uma nova cultura, Fac. Ciênc. Agr. UNESP-BOTUCATU-SP. Resumos... 1997.

LEÓN, J. *Botánica de los cultivos tropicales*. San José de Costa Rica: Instituto Interamericanos de Ciencias Agrícolas, 1968. 193p. (Colección de Libros y Materiales Educativos).

LIZARRAGA, L., ORTEGA, R., VARGAS, W., VIDAL, A. Cultivo de yacón (*Polymnia sonchifolia*). In: CONGRESO INTERNACIONAL DE CULTIVOS ANDINOS, 10, 1997, Cuzco. *Resúmenes*..Universidad de Cuzco. 1997. p.55-7

LUCCHESI, A.A Utilização prática da análise vegetal. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, Piracicaba, v.41,p.181-201. 1984

MACHADO, S.R. Estruturas secretoras e sua importância na caracterização de yacón (*Polymnia sonchifolia* Poep. Endl.) In: WOKSHOP DE YACON, 1. 1997, Botucatu. *Anais*...Botucatu: Sociedade Botânica de São Paulo, 1997. “Não pág.”

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M.G. (Coord.) *Fisiologia vegetal*. São Paulo: EDUSP, 1979. p. 331-50.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higger plants*. London: Academic Press. 1990. 674p

MARTINS, D. Classificação climática de Botucatu-SP. Departamento de Ciências Ambientais. FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS/UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. 2002.

MATSUNAGA, M., BEMELANS, P.F., TOLEDO, P.E.N., DULLEY, R.D., OKAWA, H., PEDROSO, I.A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. *Agric. São Paulo*, v.1, p.123-39, 1976.

MAYER FILHO, N., VOLPE, C.A. Estimativa foliar de ervilha (*Pisum sativum* L.) a través de medidas foliares de folíolos. *Ciênc. Agron. (Jaboticabal)*, v.3, n.2, p.6-7, 1988.

MENDOZA, J.F.B. Efeitos de poda e população de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). In: MULLER, J.J.V. e CASALI, V.W.D. (ed). *Seminario de Olericultura*. Viçosa: UFV. 1982. v.4, p.122-40

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Lost crops of the incas: little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation*. Washington: Academy Press, 1989. 415p.

NEVES, E.S. Plantas medicinais na saúde pública. *Silvic. São Paulo*, São Paulo, v.6-A, p.181-6, 1982.

NIETO, C.C. Estudios agronomicos y bromatológicos em “jicama”(*Polymnia sonchifolia* Polp.Endl.). *Arch Latinoam. Nutr.*, v.41, p.213-21, 1991.

NINA-MONTIEL.,V. El cultivo de llacón. *Bol. Inst. Nac. Invest. Agron.*, Lima, n.35, p.1-25, 1996.

NORONHA, J.F. Projetos agropecuarios: Administração financeira, orçamento e viabilidade econômica, São Paulo: Atlas, 1987. 289p.

NORONHA, J.F., DUARTE, L.P. Avaliação de projetos de investimentos na empresa agropecuária, In: AIDAR, A.C.K. (Org.): *Administração rural*. São Paulo: Paulicéia, 1995. p.213-51. (Educação continuada).

OLIVEIRA, C.M. *Desenvolvimento e produtividade da cultura de arroz irrigado por aspersão sob diferentes umidades e solo e doses de nitrogênio*. Botucatu, 1995. 113p. Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista).

OSPINA, M.T. *Análise de projeto de investimento aplicado aos processos de secagem e enriquecimento protéico do farelo geração nas fecularias de mandioca*. Botucatu, 1998. 127p. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

OMETTO, J.C., *Bioclimatologia vegetal*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 413p.

ORTOLANI, A.A, CAMARGO, M.B.P. de. Influencia dos fatores climáticos na produção. In: CASTRO, PRC. *Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba: Potafos, 1987. p.71-81.

PEREIRA, A.R., MACHADO, E.C. Análise quantitativa de crescimento de comunidades vegetais. Bol tec. *Inst. Agron. Camp.* n.114, p 1-33 ,1987.

PORTES, T.A., CASTRO JR., L.G. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. *Rev. Bras. Fisiol. Vegetal.*, v.3, p.54-3, 1991.

QUIJANO, F.G., CÂMARA, F.L.A, BOARO, C.S.F. Análise clássica e funcional de crescimento da parte aérea de yacón (*Polymnia sonchifolia* Poep. & Endl.). In: II SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE RAÍZES E TUBÉRCULOS, 2001, *Anais...* UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. Lima, 2001



RADFORD, P.J. Growth analysis formulate their use and abuse. *Crop. Sci.* v.7, p.171-5, 1967.

RAIJ, B. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. *Bol. Tec. Instit. Agron (Campinas)*, n.100, 1-107 p, 1985.

RAIJ, B., QUAGGIO, J. A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. *Bol. Tec. Inst. Agron. (Campinas)*, n.81, p. 1-31, 1983.

REA, J. Recursos genéticos del yacón. In: SEMINARIO PRODUCCIÓN DE RAÍCES ANDINAS: Proyecto colaborativo de conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tuberosas Andinas. Manual de capacitación *Anais...* Lima, CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA, 1998. 14 p.

SAS Institute Inc. SAS/STAT Users Guide, Version 6, Fourth edition, vol 1-2, Cary, NC. USA. 1998.

SCHENKEL, E.P., SIMOES, C.M.O., MENGUE, S.S., MENTS, L.A., IRANGE, B.E., STEHMANN, J.R. O espaço das plantas medicinais e suas formas derivadas na medicina científica. *Cad. Farm*, v.1., n.2, p.65-72, 1985.

SÉSTAK, Z., CATSKÝ, J., JARVIS, P.G. *Plant photosynthetic production: manual of methods*. The Hague: Junk ed., 1971. 818p.

SQUIRE, G.R. *The physiology of tropical crop production*. Wallingford: CAB internacional, 1990. 236p.

STEEL, R.G., TORRIE, J.H. *Bioestadística: principios y procedimientos*. 2.ed. Bogotá: Mc Graw Hill, 1985. p.622.

TAKASUGI, M., MASUDA, T. Three 4' Hydroxyacetophenone related Phytoalexins from *Polymnia sonchifolia*. *Phytochemistry*. v.43, p1019-21, 1996.

TAKEDA, T. Studies on the photosynthesis and production of dry matter in the community of rice plants. *Jpn. j. bot.*, v.17, p.403-7, 1961.

TSUKIHASHI, T., ASAMI, T., MINAMISAWA, K. Effect of nitrogen and potassium fertilizer on the growth and yield of yacón (*Polymnia sonchifolia*). *Vocational Agric.*, v.38, n.2, p.50-6, 1995.

VILHENA, S.M.C. *Efeitos da exposição ao sol e do armazenamento sobre o conteúdo e a composição dos carboidratos de reserva em raízes tuberosas de "yacon" (Polymnia sonchifolia Poep Endl.)*. Botucatu, 1997. 63p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Horticultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

VILHENA, S.M.C. *Cultivo do yacón (Polymnia sonchifolia Poep Endl.) no Brasil*. In: WORKSHOP DE YACÓN: BASES RACIONAIS PARA A UTILIZAÇÃO DE UMA NOVA CULTURA, 1997, Botucatu. *Anais...* Botucatu: FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 1997.

VILHENA, S.M.C., CÂMARA, F.L.A. Teores de amido, proteína e açúcares totais em yacón (*Polymnia sonchifolia* Poep & Endl.) em função de cura ao sol e do armazenamento a 4 °C, In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE RAÍZES TROPICAIS, CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 9, São Pedro. 1996. *Anais...* Botucatu: Centro de Raízes Tropicais, Sociedade Brasileira de Mandioca, 1996.

WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agron.*, v4, p.101-44, 1952.

WHALE, D.M., HEILMEIER, H., MILBRODT, H. The application of growth analysis to structure experimental designs and a new procedure for estimating unit leaf rate and its variance. *Ann. Bot.(Lond.)*, v.56, p.631-50, 1985.

ZARDINI, E. Ethnobotanical notes on “yacón” *Polymnia sonchifolia* (Asteraceae). *Econ. Bot.*, v.45, p.72-85, 1991.

ZULLO Jr. & ARRUDA, F.B. Programa computacional para ajuste de equações em dados experimentais. *Bol. Téc. Inst. Agron. (Campinas)*, n.113, p.1-23,1986.

**ANEXO**

Tabela 18. Estimativas dos custos operacionais para um hectare de raízes tuberosas de yacón a partir de rizóforos. Botucatu, 2002.

<i>ITEM</i>	<i>UNIDADE</i>	<i>QTD. TOTAL</i>	<i>CUSTO UNIT (R\$)</i>	<i>TOTAL</i>	<i>CUSTO TOTAL</i>
<b>Preparo do solo</b>					<b>45,00</b>
Aração	h/trator	60 min.	35,00	35,00	
Gradagem	h/trator	30 min	20,00	10,00	
<b>Plantio</b>					<b>120,00</b>
Abertura de sulcos	d/t.a.	60 min	30,00	30,00	
Adub.+ Semeadura	h/h	3 homens	15,00	45,00	
Fecham.de sulcos	d/h	3 homens	15,00	45,00	
<b>Tratos Culturais</b>					<b>255,00</b>
Aplic.de formicida	d/h	1 homem	15,00	15,00	
Capina	d/t.a.	2 homens x 4	15,00	120,00	
Capina (enxada)	d/h	1 homem	15,00	120,00	
<b>Insumos</b>					
Rizóforos ( ≅ 60g ) “semente”	kg	700	2,00	1.400,00	<b>4,509</b>
Húmus de minhoca	kg	20.000	0,5	1000,00	
Uréia (45%)	kg	266	0,5	133,00	
Cloreto de potássio (60%)	kg	266	0,5	133,00	
Calcareo	kg	500		18,00	
Custo de aplicação do calcáreo	d/h			15,00	
Formicida	kg	1	5,50	5,50	
Custo de aplicação do adubo	d/h			15,00	
Colheita manual	d/h	16	15,00	240	
Técnico	h/m	7	220,00	1.540	
Transporte de rizóforos (01 ton)	Km/h	200	15	15	
<b>CUSTO TOTAL (rizóforos)</b>					<b>4.50</b>

Fonte: Elaborado de acordo com os dados fornecidos pela Fazenda Experimental de Produção Lageado (FEPP)

Tabela 19. Estimativas dos custos operacionais para um hectare de raízes tuberosas de yacón a partir de gemas axilares. Botucatu, 2002.

<i>ITEM</i>	<i>UNIDADE</i>	<i>QTD. TOTAL</i>	<i>CUSTO UNIT (R\$)</i>	<i>TOTAL</i>	<i>CUSTO TOTAL</i>
<b>Preparo do solo</b>					<b>45,00</b>
Aração	h/trator	60 min.	35,00	35,00	
Gradagem	h/trator	30 min	20,00	10,00	
<b>Plantio</b>					<b>120,00</b>
Abertura de sulcos	d/t.a.	60 min	30,00	30,00	
Adub.+ Semeadura	h/h	3 homens	15,00	45,00	
Fecham.de sulcos	d/h	3 homens	15,00	45,00	
<b>Tratos Culturais</b>					<b>255,00</b>
Aplic.de formicida	d/h	1 homem	15,00	15,00	
Capina	d/t.a.	2 homens x 4	15,00	120,00	
Capina (enxada)	d/h	1 homem	15,00	120,00	
<b>Insumos</b>					
Gemas axilares “semente”	unidades	10.000	0,20	2.000,00	<b>5,094</b>
Húmus de minhoca	kg	20.000	0,5	1000,00	
Uréia (45%)	kg	266	0,5	133,00	
Cloreto de potássio (60%)	kg	266	0,5	133,00	
Calcareo	kg	500		18,00	
Custo de aplicação do calcáreo	d/h			15,00	
Formicida	kg	1	5,50	5,50	
Custo de aplicação do adubo	d/h			15,00	
Colheita manual	d/h	16	15,00	240	
Técnico	h/m	7	220,00	1.540	
Transporte de rizóforos (01 ton)	Km/h	200	15	15	
<b>CUSTO TOTAL (gemas axilares)</b>					<b>5.09</b>

Fonte: Elaborado de acordo com os dados fornecidos pela Fazenda Experimental de Produção Lageado (FEPP).