

DESENVOLVIMENTO DE *Helianthus tuberosus* (ALCACHOFRA DE JERUSALÉM) POR MICROPROPAGAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SEUS CARBOIDRATOS DE RESERVA

DEVELOPMENT OF JERUSALEM ARTICHOKE PLANTS (*Helianthus tuberosus*) BY MEANS OF MICROPROPAGATION AND CHARACTERIZATION OF THEIR CARBOHYDRATES BY HPLC

Marcelo Alvares de Oliveira¹, Damon Alessandro Gonçalves Corrêa²

¹ Autor para contato: Embrapa Soja, Londrina, PR, Brasil; (42) 3371-6100;
e-mail: malvares@cnpso.embrapa.br

² Universidade Estadual de São Paulo - USP, Botucatu, SP

Recebido para publicação em 18/10/2006

Aceito para publicação em 08/03/2007

RESUMO

O interesse na alcachofra de Jerusalém se deve principalmente ao seu carboidrato de reserva, a inulina, que se apresenta como matéria prima potencial para obtenção de inulina, oligofrutanos, frutose, etanol e sua parte aérea, rica em proteína, gordura e pectina, para a alimentação animal. O trabalho teve como objetivo determinar o melhor estágio de desenvolvimento da planta visando à obtenção da maior concentração de inulina. As mudas foram plantadas com espaçamento de 0,60 cm entre linhas e 0,50 cm entre plantas. Após 40 dias do plantio e anteriormente ao início das análises foram avaliadas as porcentagens de pegamento das plantas oriundas de micropropagação. A partir do 3º mês após o plantio e a intervalos de sete dias, foram iniciadas as avaliações das seguintes variáveis: altura da planta, massa fresca e matéria seca das raízes tuberosas, além da caracterização dos perfis de açúcares nas diferentes épocas de desenvolvimento da planta. A altura das plantas variou entre 110 e 142 cm, e não houve diferença significativa entre as médias das semanas. Os valores de massa fresca e de matéria seca das raízes tuberosas atingiram índices maiores a partir da 17ª semana após o plantio. A inulina compreendeu de 90 a 95% dos carboidratos totais e não apresentou diferença significativa durante o experimento. A melhor época de colheita da alcachofra de Jerusalém ocorreu entre a 19ª e a 20ª semana após o plantio, período em que ocorreram simultaneamente os maiores valores numéricos de massa fresca e de porcentagem de inulina.

Palavras-chave: inulina, alcachofra de Jerusalém, cromatografia líquida, micropropagação.

ABSTRACT

The main interest in the Jerusalem artichoke lies in its store carbohydrate, inulin, which is a potential raw material to obtain inulin, oligofructans, fructose and ethanol. The aim of this study was to determine the best stage of development of the plant, in order to obtain the greatest concentration of inulin. The artichokes were planted with a space of 0,60 cm between lines and 0,50 cm between plants. 40 days after they had been planted and before the beginning of the analyses, the percentages of survival of the plants, which had been obtained by means of micropropagation, were evaluated. Three months after they had been planted, we began the evaluation of the following aspects, at intervals of 7 days: the height of the plants, the fresh and the dry mass of the tuber roots, as well as the characteristics of the sugar outlines in the different development periods of the plants. The height of the plants varied from 142 to 110 cm, and there were no significant differences between the weekly evaluations. The values of the dry mass and of the dry material of the tuber roots reached greater rates from the 17th week after plantation onwards. The inulin represented from 90 to 95% of the total carbohydrates and did not present significant variations during the experiment. The best period for the Jerusalem artichoke harvest was between the 19th and the 20th week after plantation, a period in which the highest numerical values of fresh mass and percentage of inulin were obtained.

Key words: inulin, Jerusalem artichoke, liquid chromatography, micropropagation.

1. Introdução

A alcachofra de Jerusalém ou tupinambur (*Helianthus tuberosus*) pertence à família *Asteraceae*, tem sua origem na América do Norte e desenvolve-se bem em diferentes condições de temperatura, altitude e índice pluviométrico. Os cultivares podem ser classificados em: [1] precoce, que têm a floração completa aos 100 dias (plantas com 140 cm de altura), [2] média, com floração completa entre 100-135 dias e [3] tardia, com floração completa após 135 dias (plantas com 280 cm de altura). O cultivar anão tem floração tardia e altura de 60 cm (Kiehn e Chubey, 1993; Zubr e Pedersen, 1993).

O *Helianthus tuberosus* é conhecido sob vários nomes populares, principalmente, Tupinambur nos países latinos e “Jerusalém artichoke” (Alcachofra de Jerusalém) nos anglo-saxões. O cultivo da Alcachofra de Jerusalém destina-se para a ração animal, com utilização muito limitada na alimentação humana (Zubr e

Pedersen, 1993).

Alcachofra de Jerusalém apresenta multiplicação vegetativa por tubérculos, podendo também ser obtida a partir de sementes. Os tubérculos contêm de 20 a 26% de matéria seca das quais 75 a 82% são carboidratos solúveis, 13% de celulose e hemicelulose, 6 a 8% de compostos nitrogenados (proteínas), 1 a 5% de cinzas, e lipídeos em concentrações menores que 1%. Mesmo correspondendo a no máximo 15% dos carboidratos, a inulina, formando inicialmente uma cestose e posteriormente as inulinas de diferentes graus de polimerização, pode ser considerada como o carboidrato do *H. tuberosus*, já que os polímeros restantes, de menor tamanho, são da mesma composição e com o mesmo tipo de ligações. A frutose corresponde de 75 a 98% dos redutores totais, sendo o restante a glicose (Oliveira *et al.*, 1999).

Kiehn e Chubey (1993) trabalharam com 2 cultivares de *H. tuberosus* a Columbia e a Challenger e encontraram produtividades variando de 46 a 60 ton/

ha e 31,5 a 51 ton/, respectivamente.

A Alcachofra de Jerusalém tem despertado interesse no que diz respeito à produção, processamento e sua utilização, devido ao seu carboidrato de reserva, a inulina e também devido a utilização de sua parte aérea, rica em proteína, gordura e pectina, para a alimentação animal. Desta forma, essa planta apresenta-se como matéria-prima potencial para obtenção de inulina, oligofrutanos, frutose, etanol e ração (Wenling *et al.*, 1999).

A molécula de inulina possui uma fração contendo polímeros com grau de polimerização superior há 60 (GP) que correspondem aos frutanos e oligossacarídeos geralmente referidos como oligofrutanos, com grau de polimerização variando de 3 até 10.

Os oligofrutanos não são hidrolisados pelas enzimas digestivas na primeira porção do intestino. Como conseqüência, não aumenta a glicemia nem os níveis de insulina no sangue, sendo ideal na formulação de alimentos para diabéticos. Recentemente, a produção enzimática de vários oligofrutanos tem sido realizada em escala industrial, devido ao fato deles possuírem características pré-bióticas que promovem o aumento da microbiota intestinal (Muramatsu *et al.*, 1988 apud Tagliacozzo, 1995). No cólon, os oligofrutanos são fermentados por bactérias (bifidobactérias), produzindo ácidos graxos de cadeia curta, lactato e gases. Com isso, a inulina funciona como fibra dietética solúvel, e o seu valor calórico (1,0 kcal/g) é significativamente menor que o dos carboidratos digeríveis (4,0 kcal/g) (Roberfroid, 2000).

A inulina também tem um papel importante nas pesquisas e na prática médica, visto ser considerada a substância ideal para a medida do ritmo de filtração glomerular renal. Tal propriedade decorre do fato de ser filtrada livremente pelos glomérulos, sem sofrer reabsorção ou secreção tubular, o que levaria a sub ou superestimar a filtração (Smith, 1951; Brenner *et al.*, 1986; Aires, 1991 apud Tagliacozzo, 1995). Os frutanos exercem efeito na queda dos níveis de colesterol, além de atuar na diminuição do teor de glicose no sangue, conforme observado por Hirayama e Hidaka

(1993).

O tempo de colheita e o armazenamento dos tubérculos influenciam o perfil de açúcares da alcachofra de Jerusalém, devido à atividade da inulinase, enzima que hidrolisa a molécula de inulina em seus componentes menores (frutose e glicose). Tubérculos colhidos após a época normal de colheita contêm inulina de baixo peso molecular e são recomendados para uso em fermentações ou isolamento de oligofrutanos (FOS). Tubérculos com colheita precoce, anterior à despolimerização da inulina, contêm inulina com elevado grau de polimerização, apresentando mais frutanos do que oligofrutanos (Schorr-Galindo e Guiraud, 1997). Além do tempo de colheita, as condições de armazenamento também influenciam o perfil de açúcares da alcachofra, como relatado por Modler *et al.* (1993).

Tendo em vista os benefícios promovidos à saúde pela ingestão de fibras e oligofrutanos, estudos sobre colheita da alcachofra de Jerusalém apresentam-se de grande importância para expansão desta cultura no Brasil. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo determinar o melhor estágio de desenvolvimento da planta visando à obtenção da maior concentração de inulina.

2. Material e métodos

2.1. Micropropagação das plantas

As mudas foram preparadas no Laboratório de Biotecnologia do CERAT/UNESP/Botucatu. Foram utilizadas microestacas de *H. tuberosus*, desinfetadas com imersão em Benlate, da Du Pont do Brasil S.A. na concentração de 1,5 g.L⁻¹ de água por 15 minutos, seguido por imersão em Hipoclorito de Sódio comercial a 50% por 30 minutos e posteriormente em álcool 70% durante 15 segundos. Após a desinfecção, as microestacas foram inoculadas em tubos de ensaio contendo o meio nutritivo de Murashige e Skoog (1962) citado por Torres *et al.* (1988), elaborado conforme a tabela a seguir:

Tabela 1- Preparação de solução estoque do meio de Murashige & Skoog (1962).

Solução estoque	Componentes	Concentração g.L ⁻¹
Macronutrientes		
A	NH ₄ NO ₃	165
B	KNO ₃	190
C	CaCl ₂ ·2H ₂ O	44
D	MgSO ₄ ·7H ₂ O	37
E	KH ₂ PO ₄	17
Micronutrientes		
F	MnSO ₄ ·H ₂ O	1.690
	H ₃ BO ₃	0.620
	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.860
	KI	0.083
	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.025
	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.0025
	CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.0025
FeEDTA		
G	Na ₂ EDTA·2H ₂ O	3.73
	FeSO ₄ ·7H ₂ O	2.78
Mistura Orgânica		
H	Tiamina HCl	0.02
	Ácido nicotínico	0.1
	Piridoxina HCl	0.1
	Glicina	0.4

Para o preparo do meio de cultura foi utilizado 10mL de cada solução estoque para cada litro meio de cultura, e o pH foi ajustado para 5,8. Depois de distribuídos nos tubos de ensaio, os meios foram esterilizados por autoclavagem a 121°C por 20 minutos. Posteriormente, foram realizados testes visando definir a melhor composição do meio para o desenvolvimento da alcachofra. Os meios de cultura testados foram o MS (Básico), descrito por Murashige e Skoog (1962) e o MS (Básico) com a adição do regulador vegetal BAP (6-Benzilaminopurina) nas concentrações de: 0,1; 0,2; 0,4; 1,0 e 2,0 mg.L⁻¹.

Após o desenvolvimento das plantas *in vitro*, estas foram transferidas para bandejas contendo o substrato Plantmax (HT), produto compostado e estabilizado, formado por cascas processadas e enriquecidas, vermiculita expandida, turfa processada e enriquecida, produzido pela Eucatex. Em seguida as mudas foram levadas para câmaras de nebulização, com umidade ao redor de 100% e sem controle de tempe-

ratura para aclimação. Após 34 dias as plantas foram transferidas para canteiros experimentais do CERAT/UNESP/Botucatu.

As mudas foram plantadas com espaçamento de 0,60 cm entre linhas e 0,50 cm entre plantas. O canteiro experimental foi composto por 200 mudas de cultivar precoce. Após 40 dias foram avaliadas as porcentagens de pegamento das plantas oriundas de micropropagação.

2.2. Avaliações

As avaliações foram conduzidas nos Laboratórios de Análises do CERAT. A partir do 3º mês após o plantio e em intervalo de sete dias, iniciaram-se as avaliações das seguintes variáveis: altura de plantas, massa fresca das raízes tuberosas, porcentagem de matéria seca e massa seca das raízes tuberosas e perfis de açúcares.

2.2.1. Altura de planta

Foram medidas desde o colo da planta até o ápice caulinar, com o auxílio de uma trena. Foram feitas aleatoriamente 10 medidas de plantas dentro do estande em cada avaliação. Os dados foram apresentados em centímetros.

2.2.2. Massa fresca das raízes tuberosas

As raízes foram colhidas no campo experimental, limpas e pesadas no laboratório de Matéria Prima do CERAT. Foram retiradas três plantas dentro do estande em cada avaliação. Para cada análise foi computada a massa fresca das raízes de uma planta. Os dados foram apresentados em gramas de massa fresca por planta.

2.2.3. Porcentagem de matéria seca e massa seca das raízes tuberosas

Para a determinação da matéria seca das raízes foram feitas três repetições para cada avaliação, sendo que cada análise foi retirada de uma planta. Retirou-se uma amostra de aproximadamente 50g de raiz que foram cortadas em rodela finas, colocadas em placas de petri previamente pesadas e levadas à estufa a 105°C, por 48 horas. Posteriormente estas placas foram retiradas da estufa, resfriadas em dessecadores e pesadas, obtendo assim o peso da massa seca (%). A determinação da massa seca das raízes foi feita através da multiplicação do valor médio de matéria seca das raízes de cada avaliação pelo valor da massa fresca em gramas de cada planta. Os dados foram apresentados em gramas de massa seca por planta.

2.2.4. Perfis de açúcares

Para a determinação do perfil de açúcares das raízes foram feitas três repetições para cada avaliação, sendo que cada análise foi retirada de uma planta. Os perfis de açúcares foram realizados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Foi utilizado um aparelho da marca VARIAN modelo PRO STAR 410, com duas bombas binárias e injetor automático (AUTO SAMPLER 410), detector IR (índice de refração). Foi utilizada a coluna HPX 87P (tamanho da coluna: 7.8 x 300 mm; granulometria das partículas na coluna: 9µm) e a pré-coluna 125-0119, ambas da marca BIORAD e à temperatura de 85°C. O solvente utilizado foi H₂O. O tempo de retenção foi de 30 minutos, com fluxo de

0,6 mL por minuto. Os padrões utilizados para comparação foram de glicose, frutose e sacarose produzidas pela Synth, e de inulinas (dália e chicória) produzidas pela Sigma, que apresentaram tempo de retenção muito próximos ao do extrato e alcachofra de Jerusalém. Esses padrões foram utilizados, pois não foram encontrados padrões de alcachofra de Jerusalém.

A inulina foi extraída pelo método a quente, que consiste em colocar uma quantidade de raiz e água a 95°C na mesma proporção (1:1), e batidos no liquidificador durante dois minutos. Estas amostras foram peneiradas e colocadas em béquer de 250mL. As enzimas que degradam a inulina foram inativadas por aquecimento (95°C/10min.). Na temperatura ambiente, as amostras foram filtradas com papel filtro com auxílio de vácuo. Posteriormente os extratos foram armazenados em frascos de 100 ml em duplicata e congelados a temperatura de -18°C.

Após o término das coletas, as amostras foram descongeladas para posterior análise cromatográfica. Primeiramente verificou-se o teor de sólidos solúveis do extrato, em °Brix, por refratometria, através de refratômetro tipo Abbé, conforme recomendação feita pela Association of Official Analytical Chemists (1990). Após a determinação do teor de sólidos solúveis de cada amostra, estas foram diluídas para 1°Brix e centrifugadas a 12000 rpm durante 10 minutos. O sobrenadante foi filtrado em membrana (Poli fluoreto de vinilideno – PVDF), 0,22mm de poro, 13mm de diâmetro, hidrofílica, marca MILLI PORE. Em seguida as amostras foram colocadas em frascos de 1,8 mL do injetor automático onde se encaixa a amostra para a leitura dos perfis de açúcares. Os resultados foram expressos em gramas por kilo de matéria fresca.

A determinação da quantidade de inulina por planta foi calculada através da multiplicação do valor médio em gramas de inulina por kilo de massa fresca das raízes de cada avaliação pelo valor da massa fresca de cada planta em kilo. Os dados foram apresentados em gramas de inulina por planta.

2.3. Análises Estatísticas

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado e os resultados foram submetidos à análise de variância, seguido do teste de Tukey a 5% para comparação de médias. Para a análise de altura

de planta foram feitas 10 avaliações por dia de amostragem e 3 avaliações para as demais análises. Para os dados de porcentagem de pegamento não se utilizou análise estatística (Nogueira, 1991).

3. Resultados e discussão

3.1. Micropropagação das plantas

Os testes com o hormônio BAP foram aplicados com a finalidade de promover um aumento no diâmetro do caule, para conferir resistência às plântulas na fase de aclimação. A partir destes testes foi observado que o meio MS, sem adição de hormônios, foi o melhor meio para desenvolvimento das microestacas, visto que com a utilização do hormônio BAP o desenvolvimento das plântulas foi mais lento. Conforme se aumentava a concentração do hormônio, aumentava-se a formação de uma massa de tecidos indiferenciada, denominada calo. As microestacas inoculadas em meios com 1,0 e 2,0 mg.L⁻¹ de BAP foram as que apresentaram maior formação de calo e maior inibição do crescimento. Nas concentrações menores que 1,0 mg.L⁻¹ de hormônio, as plântulas apresentaram um pequeno aumento no diâmetro do caule, porém houve inibição no crescimento, inviabilizando esse tratamento.

3.1.1. Porcentagem de pegamento das plantas

a) Porcentagem de pegamento na biotecnologia

Foram calculadas as porcentagens de pegamento das plântulas na sala de cultura de tecidos e verificou-se uma taxa de pegamento de 76,33%. Entretanto, destas plantas, uma porcentagem de 24,85% não apresentou desenvolvimento de raiz, sendo apenas observado um pequeno desenvolvimento da parte aérea. As microestacas retiradas do ápice das plantas apresentaram rápido crescimento, tanto da parte aérea como

da raiz. As microestacas que foram retiradas da parte lateral da planta apresentaram crescimento mais lento, sendo que algumas não desenvolveram raízes.

Assim sendo, a porcentagem real de pegamento e desenvolvimento na sala de cultura de tecido atingiram um índice de 51,48%, quando se descontou os 24,85% de plântulas que não apresentaram formação de raiz dos 76,33% da taxa de pegamento.

b) Porcentagem de pegamento na câmara de nebulização

Foram calculadas as porcentagens de pegamento das plântulas na câmara de nebulização, e a taxa de pegamento foi de 67,57% .

c) Porcentagem de pegamento no campo experimental

No campo experimental foi verificado uma taxa de pegamento de 94,50%. Foram plantadas 200 plantas, portanto 189 plantas sobreviveram e atingiram a fase adulta.

Portanto, os 575 propágulos iniciais que foram inoculados em cultura de tecido, geraram 189 plantas adultas em campo. A porcentagem de pegamento desde a micropropagação até o desenvolvimento no campo foi de 32,87% .

3.2. Avaliações

As avaliações iniciaram-se na 14ª semana após o plantio das mudas no campo, no dia 15/03/2004. Foram realizadas 12 coletas, uma por semana. A partir da 12ª coleta observou-se o início de apodrecimento das porções iniciais dos tubérculos e ataque por cupins.

3.2.1. Altura das plantas, massa fresca, porcentagem de matéria seca e massa seca das raízes tuberosas

As plantas tiveram floração completa com aproximadamente 90 dias após o plantio (Figura 1).



Figura 1 - Plantas de Alcachofra de Jerusalém com 90 dias após o plantio e floração completa nos canteiros experimentais do CERAT/UNESP/Botucatu.

A partir da floração não se observou crescimento da parte aérea, visto que as análises iniciaram na 14ª semana, com a planta em fase de floração. A altura das

plantas variou entre 110 e 142cm, e não houve diferença significativa entre as médias das semanas (Tabela 2).

Tabela 2 - Altura média em centímetros, massa fresca expressa em gramas por planta, porcentagem de matéria seca e massa seca expressa em gramas por planta de alcachofra de Jerusalém, durante as semanas que sucederam o plantio.

Idade das Plantas (semanas)	Altura média das plantas (cm)	Massa fresca (gramas por planta)	Porcentagem de matéria seca	Massa seca (gramas por planta)
14	128,80 a	946,67 bc	14,61 d	138,31 b
15	128,40 a	835,00 c	17,00 cd	141,95 b
16	125,60 a	850,00 c	18,92 bc	160,82 b
17	127,30 a	1600,00 abc	20,41 ab	326,56 ab
18	128,10 a	1953,33 abc	21,90 a	427,78 ab
19	128,20 a	2500,00 ab	20,34 ab	508,50 a
20		2866,67 a	19,48 abc	558,43 a
21		1930,00 abc	22,03 a	425,18 ab
22		2816,67 a	20,55 ab	578,83 a
23		2183,33 abc	20,68 ab	451,51 ab
24		2266,67 abc	22,25 a	504,33 a
25		1783,33 abc	19,70 abc	351,32 ab
	Dms = 9,01 Cv% = 5,33	Dms = 1624,28 Cv% = 29,38	Dms = 2,85 Cv% = 4,87	Dms = 332,99 Cv% = 29,67

As avaliações da altura das plantas foram feitas até a 19ª semana após o plantio (6ª coleta), pois a

partir desta data a parte aérea das plantas já se apresentava completamente seca e quebradiça (Figura 2).



Figura 2 - Parte aérea das plantas de Alcachofra de Jerusalém totalmente seca com 20 semanas após o plantio nos canteiros experimentais do CERAT/UNESP/Botucatu.

Os valores de massa fresca atingiram maiores índices a partir da 17ª semana, sendo que, estatisticamente, a colheita na 20ª e 22ª semanas após o plantio foi mais produtiva do que a na 14ª, 15ª e 16ª semanas. Entretanto a partir da 17ª até a 25ª semanas não ocorreram diferenças significativas entre os valores de massa fresca. As três primeiras coletas (14ª, 15ª e 16ª semanas) apresentaram os menores valores numéricos de massa fresca, pois os tubérculos ainda estavam em fase de desenvolvimento (Tabela 2).

Foi observado que a quantidade de matéria seca tende a aumentar de acordo com o aumento da idade das plantas, sendo que a partir da 17ª até a 25ª semanas após o plantio não ocorreu diferença significativa entre estes valores, tendo os mesmos variados numericamente entre 19,48% e 22,25%. Os dados apresentados foram inferiores aos apresentados por Oliveira et al. (1999) que afirmaram que os tubérculos de alcachofra de Jerusalém apresentam de 20 a 26% de matéria seca em estágio de colheita. Os valores menores de matéria seca encontrados nas plantas mais jovens confirmam que nesta idade a planta não estava fisiologicamente madura.

Em relação aos valores de massa seca em gramas por planta verificou-se que a 19ª, 20ª, 22ª e 24ª semanas apresentaram maiores valores, diferindo estatisticamente da 14ª, 15ª e 16ª semanas, onde foram observados os menores valores, devido as menores quantidades de matéria seca e de produção por plan-

ta, pois as mesmas ainda se encontravam fisiologicamente imaturas. Portanto verificou-se uma maior massa seca em gramas por planta a partir da 17ª semana sem ocorrer diferenças significadas até a 25ª semana.

O espaçamento utilizado no plantio foi de 0,60 cm entre linhas e 0,50 cm entre plantas e ocorreu uma falha do estande de 6%. Assim sendo, a estimativa de produtividade, com a colheita entre a 17ª e 25ª semana, foi de 49 a 89 toneladas por hectare. A produtividade do experimento em questão foi superior à produtividade alcançada por Kiehn e Chubey (1993) que obtiveram produtividades variando de 46 a 60 toneladas por hectare e 31 a 51 toneladas por hectare para as variedades Columbia e Challenger respectivamente.

3.2.4. Perfis de açúcares

A partir dos dados obtidos por CLAE pode-se verificar a presença de glicose e sacarose, além da inulina. Também foram detectadas pequenas concentrações de frutose.

A inulina compreendeu até 95% dos componentes analisados por cromatografia, e ocorreu diferença significativa apenas entre a 14ª e a 17ª semanas após o plantio, apresentando uma concentração menor na 14ª semana. Portanto entre a 15ª e a 25ª semanas não houve diferença significativa durante o experimento em relação à concentração desse carboidrato.

Já em relação à quantidade média de inulina por

planta verificou-se que da 17ª a 24ª semana não ocorreu diferença significativas, podendo as raízes serem colhidas durante esse período, sem prejuízo da quantidade de inulina por planta. A quantidade média de inulina por planta da 20ª semana após o plantio foi superior a das 14ª, 15ª, 16ª e 25ª semana. Entretanto, numericamente verificou-se que a maior quantidade de inulina por planta ocorreu na 20ª semana.

Em relação à concentração de glicose nas raízes, observou-se um decréscimo desse açúcar de acordo com o aumento da idade das plantas. A glicose foi detectada, em pequenas concentrações, nas cinco primeiras coletas (14ª, 15ª, 16ª, 17ª e 18ª semana). Nas semanas seguintes encontraram-se apenas pequenas concentrações (Tabela 3). Isso pode ser explicado pelo fato da raiz, com o passar do tempo, utilizar a glicose acumulada como fonte de energia, pois o monossacarídeo foi o primeiro açúcar a ser metabolizado

para manter o ciclo vital da planta depois que sua parte aérea secou, e a planta não fez mais fotossíntese para mantimento de seu metabolismo.

Em relação à concentração de sacarose, observou-se o contrário da glicose, ou seja, um aumento na concentração desse açúcar de acordo com aumento da idade das plantas. A primeira e a última semana apresentaram a menor e a maior concentração de sacarose, respectivamente Assim sendo, a 25ª semana após o plantio diferiu estatisticamente da 14ª, 15ª, 17ª e 19ª semanas após o plantio. Após a 18ª semana a concentração de sacarose permaneceu constante (Tabela 3).

Os maiores valores numéricos de sacarose encontrados na 25ª semana indicam que parte da inulina estava sendo metabolizada pela planta para manter o ciclo vital, pois a planta não mais apresentava índices de glicose (Tabela 3).

Tabela 3 - Quantidade em gramas por kilo de matéria fresca de inulina, glicose e sacarose das raízes tuberosas e quantidade média de inulina por planta baseado no valor da massa fresca média durante as semanas que sucederam o plantio

Idade das plantas (semanas)	Inulina (gramas/kg M. Fresca)	Glicose (gramas/kg M. Fresca)	Sacarose (gramas/kg M. Fresca)	Quantidade média de inulina (gramas/planta)
14	78,50 b	0,30 a	2,60 b	74,31 d
15	96,80 ab	0,10 ab	3,70 b	80,83 cd
16	106,80 ab	0,10 ab	4,70 ab	90,78 bcd
17	134,00 a	0,10 ab	4,00 b	214,40 abcd
18	121,70 ab	0,10 ab	4,90 ab	237,72 abcd
19	105,00 ab	0,00 b	3,20 b	262,50 abc
20	122,20 ab	0,00 b	5,00 ab	350,31 a
21	110,00 ab	0,00 b	5,30 ab	211,72 abcd
22	97,30 ab	0,00 b	5,10 ab	274,06 ab
23	87,00 ab	0,00 b	5,30 ab	189,95 abcd
24	102,40 ab	0,00 b	6,00 ab	232,11 abcd
25	84,50 ab	0,00 b	7,80 a	150,69 bcd
	Dms = 50,90 Cv% = 16,65	Dms = 0,02 Cv% = 121,20	Dms = 3,60 Cv% = 25,26	Dms = 183,62 Cv% = 31,58

Conclusões

A Alcachofra de Jerusalém precoce pode ser colhida entre a 17ª e a 24ª semana após o plantio, sem prejuízos nos valores de massa fresca em gramas por planta e de quantidade média de inulina por planta, entretanto numericamente a 20ª semana após o plantio foi à época em que se observaram os maiores valores.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods as analysis of the association of official analytical chemists**. 15ed. Washington, 1990. 2v.
- HIRAYAMA, 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.

3. HOND, E.D.; GEYPENS, B.; GHOOS, Y. Effect of high performance chicory inulin on constipation. **Nutrition Research**, v.20, n.5, p.731-6, 2000.
4. KIEHN, F.A.; CHUBEY, B.B. Variability in agronomic and compositional characteristics of Jerusalem artichoke. In: FUCHS, A. **Inulin and inulin-containing crops**. Amsterdam: Elsevier, 1993. cap.1, p.1-9.
5. MOLDLER, H.W.; JONES, J.D.; MAZZA, G. The effect of long-term storage on the fruto-oligosaccharide profile of Jerusalem artichoke tubers and some observations on processing. In: FUCHS, A. **Inulin and inulin-containing crops**. Amsterdam: Elsevier, 1993. cap.8, p.57-64.
6. MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v.15, p.473-497, 1962.
7. NOGUEIRA, M.C.S. **Curso de estatística experimental aplicada à experimentação agrônômica**. Piracicaba, Universidade de São Paulo, 1991. 168p.