

RELAÇÕES ENTRE FENOLOGIA, FOTOSSÍNTESE E RESPIRAÇÃO NO ALGODÃO SELECIONADO QUANTO A ALTO E BAIXO TEOR DE AMIDO NAS RAÍZES¹

JOSÉ GOMES DE SOUZA² e JORGE BRAVO VIERA DA SILVA³

RESUMO - Uma comparação entre duas cultivares obtidas por seleção recorrente para obtenção de baixa e alta acumulação de amido na raiz, e a cultivar de origem, mostra que em condições de casa de vegetação a taxa da fotossíntese não foi modificada, mas diminuiu com a senescência, assim como a respiração. A respiração da folha, no entanto, foi mais elevada na cultivar com alto amido. A fotossíntese e respiração das folhas associadas a um mesmo simpódio foram idênticas. O processo de seleção aumentou o tamanho das cápsulas na seleção para obter alto amido, tanto na casa de vegetação como em condições de campo. A qualidade da fibra também foi modificada, aumentando de comprimento e diminuindo de maturidade na seleção para obtenção de alto amido. No campo, a produtividade da seleção para alto amido foi conservada em plantas menores, mas decresceu na seleção para baixo amido em plantas mais altas. Verificou-se que a seleção para alto amido na raiz modificou a fenologia da planta por enfraquecimento de um dos drenos "sink", que corresponde ao meristema terminal sem modificar a capacidade fotossintética das folhas.

Termos para indexação: fonte-dreno, qualidade de fibra, maçãs.

RELATIONSHIPS OF PHENOLOGY, PHOTOSYNTHESIS AND RESPIRATION IN COTTON PLANTS SELECTED FOR HIGH AND LOW STARCH CONTENT IN ROOTS

ABSTRACT - A comparison between two cultivars obtained by recurrent selection for low and high starch accumulation in the root system, and the parent cultivar, shows under greenhouse conditions that photosynthetic rate was not modified, but decreased with senescence, as well as did respiration. Leaf respiration activity however is higher in the cultivar selected for high starch content than in the cultivar selected for low starch content. The photosynthetic and respiration in leaves of the same sympodium are similar. The selection process increased the size of bolls in the high starch variety both in greenhouse and in the field. Fiber quality was also modified in the high starch variety, with greater length and a decrease in maturity. Under field conditions selecting for high root starch content decreased height but conserved yield. Selection for low starch accumulation decreased yield. It is verified that selecting for high starch content in roots modified the phenology of the cotton plant decreasing the strength of the terminal bud sink, without modifying photosynthetic ability.

Index terms: source-sink, fiber quality, bolls.

INTRODUÇÃO

Muitos trabalhos já foram publicados sobre a partição e distribuição dos carboidratos no algodoeiro (Masson & Maskell, 1928), mas são pou-

cos os resultados que mostraram a sua influência nas características agrônômicas das plantas. Alguns resultados mostraram que o algodoeiro arbóreo (perene) acumula nas raízes, durante todo o ciclo, maiores reservas amiláceas do que o algodoeiro herbáceo (anual) (Souza & Silva, 1987).

Estudos mais recentes relataram a importância da distribuição da matéria seca na planta do algodoeiro sobre o rendimento (Meredith Junior & Wells, 1989). A relação entre o transporte dos carboidratos e as enzimas amilolíticas foi mostra-

¹ Aceito para publicação em 20 de dezembro de 1993.

² Eng.-Agr., EMBRAPA/CNPA - Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, Caixa Postal 174, CEP 58107-720 Campina Grande, PB.

³ Eng.-Agr., Dr., Univ. Paris VII - 2, Place Jussieu - 75251 Paris, França.

da pelos dados de pesquisa de Souza & Silva (1987) e Moorby (1981) e também foi mostrado que a β -amilase e a invertase são enzimas citoplasmáticas. Trabalhos de Souza & Silva (1987) evidenciaram que a cultivar SU 0450/8909, herbácea, apresentou maior atividade de β -amilase e de invertase em relação à arbórea, cultivar Mocó-9193, de menor rendimento.

Trabalhos de Guinn et al. (1976) apresentaram resultados em que o fato de aumentar a fixação do carbono no algodoeiro implicava efetivamente o incremento do rendimento. Dobrando o teor de gás carbônico do ar, a fotossíntese teve aumento de 31% a 65%, e o peso seco das cápsulas, de 65%.

O teor dos carboidratos nas raízes da cultivar SU 0450/8909 aumentou no primeiro ciclo de seleção, passando de 33,6 mg de glucose g^{-1} P.S. para 41,2 mg, e a herdabilidade desta característica foi de 22,4%, com ganho genético no primeiro ciclo de seleção de 12,1% (Souza et al., 1983).

Trabalhos de Souza & Silva (1992a e 1992b) mostraram que o acúmulo de maiores reservas amiláceas na raiz do algodoeiro herbáceo causou profundas mudanças na fenologia, na morfologia e na fisiologia das plantas, tais como: floração mais rápida, menor altura das plantas, menor área foliar, menos dias para abertura da primeira flor e primeiro capulho e maior peso médio de capulho, conservando o rendimento em condições de casa de vegetação e campo.

O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito das mudanças nas reservas amiláceas na raiz do algodoeiro herbáceo, cultivar SU 0450/8909, sobre a fotossíntese e respiração nas condições de casa de vegetação, bem como avaliar o comportamento, nas condições de campo, da referida cultivar selecionada quanto a alto e baixo teor de amido nas raízes.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos experimentos em condições de casa de vegetação, no Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (CNPQ), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em 1992, e em condições de campo, em 1991, nos municípios Sousa, PB, Ipananguassu, RN, e Surubim, PE. Nos experimentos de

campo, o delineamento foi de blocos ao acaso com os tratamentos: SU.AA₄ (quatro ciclos de seleção para acumular reservas amiláceas na raiz), SU.BA₄ (quatro ciclos de seleção para diminuir as reservas amiláceas na raiz), e SU-0450/8909 (testemunha SU-T), com seis repetições. Cada unidade experimental apresentava uma área de 20 m² com quatro fileiras, sendo duas úteis e duas marginais. Os dados de rendimento (kg/ha) de algodão em caroço, altura de planta (m) e características tecnológicas de fibras foram medidos nas duas fileiras úteis. A altura foi a média de dez plantas das fileiras úteis no final do ciclo. O comprimento, diâmetro das maçãs e número de lojas por maçã foram medidos no experimento de Surubim, PE, sendo tomada a média de dez plantas nas duas fileiras úteis e três maçãs por planta, aos 25 dias após a abertura da flor. Para análise de fibras colheram-se 20 capulhos nas duas fileiras úteis, e a análise foi realizada no laboratório de fibras da EMBRAPA/CNPQ, seguindo as normas ISO (International Organization Standardization).

Em três experimentos de casa de vegetação, cada unidade experimental foi constituída de um vaso com capacidade para 10 kg de solo. Um experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 2 (três genótipos, os mesmos usados nos experimentos de campo, em dois períodos nas duas avaliações), com seis repetições. Na primeira avaliação, a fotossíntese e a respiração foram medidas na primeira folha do caule, aos 56 dias (primeiro período) e aos 73 dias (segundo período) após o plantio. Na segunda avaliação, a fotossíntese e a respiração foram medidas na metade da folha (primeiro período), e na outra metade foi medida posteriormente (segundo período), na primeira folha do primeiro ramo frutífero, aos 62 e 82 dias após o plantio, respectivamente.

Para avaliar a fotossíntese e a respiração, nas quatro folhas do segundo ramo frutífero, aos 75 dias, na cultivar SU 0450/8909, e comprimento e diâmetro da primeira maçã, após a abertura da flor aos 20 dias, do primeiro ramo frutífero, nos genótipos SU 0450/8909, SU-AA₄ e SU-BA₄, e, em condições de casa de vegetação, foram conduzidos dois experimentos em blocos ao acaso com quatro (folhas) e três (genótipos) tratamentos, respectivamente com seis repetições. O comprimento e diâmetro da maçã foi a média de seis plantas em cada genótipo da primeira maçã, no primeiro ramo frutífero, 20 dias após a abertura da flor.

A fotossíntese e a respiração foram medidas em discos foliares de 3,5 cm de diâmetro, através do eletrodo de oxigênio "Hansatech LTD Kings Lynn England", modelo CB1. Na câmara do eletrodo, onde fo-

ram colocados os discos, a concentração de CO₂ obtida era de 1M de NaH₂CO₃ a pH 9,0. Nessa condição, a liberação de O₂ era resultado da atividade cloroplástica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos dados apresentados na Tabela 1 pode-se verificar que não houve alteração na atividade fotossintética dos genótipos selecionados para acumular e diminuir as reservas amiláceas nas raízes. Como o acúmulo das reservas amiláceas nas raízes, após quatro ciclos de seleção recorrente (Souza & Silva, 1992a), causou importantes alterações na fenologia e morfologia da planta, os resultados sugerem que as modificações na morfologia e fenologia do algodoeiro, que ocorreram pela seleção para acúmulo e diminuição das reservas amiláceas estejam relacionadas unicamente com a partição e transporte dos assimilados e não com alteração na taxa fotossintética.

Entretanto, como era esperado, a fotossíntese e respiração decresceram com a idade das folhas, medidas na primeira folha do caule, aos 56 dias após o plantio e aos 73 dias (Tabela 1). Muramoto et al. (1967), também trabalhando com algodoeiro, encontraram um declínio da atividade fotossintética em função da idade da folha.

Os resultados apresentados na Tabela 2 confirmaram que a fotossíntese dos três genótipos não sofreram modificações e que houve diminuição na atividade da fotossíntese, comparando-se a atividade na primeira metade com a segunda metade da folha, aos 62 e 82 dias após o plantio, respectivamente. A senescência das folhas, influenciada pela degradação de clorofila, pode explicar como a fotossíntese limita a produção do algodoeiro (Guinn et al., 1976).

Pode-se observar, na Tabela 3, que as quatro folhas do segundo ramo frutífero apresentaram semelhante fotossíntese e respiração quando as plantas tinham 75 dias após o plantio. Nessa fase, existiam, no referido ramo, a primeira e a segunda maçãs, com comprimento e diâmetro estatisticamente diferentes.

Por esses resultados sugere-se que as folhas dos ramos frutíferos permanecem ativas fotossinteticamente durante o crescimento dos frutos. Nesse sentido, outros estudos mostraram que os

TABELA 1. Fotossíntese líquida e respiração (μ moles de O₂.m⁻².s⁻¹) na 1ª folha do caule de genótipos, de algodoeiro herbáceo, aos 56 dias (1º período) e 73 (2º período) após o plantio. Campina Grande, PB, 1992.

Fatores	Variáveis		
	Fotossíntese	Respiração	
Períodos	Primeiro	19,65 a	1,85 a
	Segundo	12,32 b	1,61 b
Genótipos	SU 0450/8909	15,21 a	1,68 ab
	SU-AA ₄	16,78 a	1,92 a
	SU-BA ₄	15,97 a	1,58 b
C.V. (%)		32,00	17,76

Os valores médios seguidos de mesmas letras, dentro de cada fator, não diferem estatisticamente, a 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 2. Fotossíntese líquida e respiração (μ moles de O₂.m⁻².s⁻¹) na 1ª folha do 1º ramo frutífero de genótipos, de algodoeiro herbáceo, em dois períodos: na 1ª metade (1º período) e 2ª metade da folha (2º período) aos 62 e 82 dias, após o plantio, respectivamente. Campina Grande, PB, 1992.

Fatores	Variáveis		
	Fotossíntese	Respiração	
Períodos	Primeiro	21,34 a	2,09 a
	Segundo	14,91 b	2,23 a
Genótipos	SU 0450/8909	17,39 a	2,08 ab
	SU-AA ₄	19,92 a	2,41 a
	SU-BA ₄	17,08 a	2,00 b
C.V. (%)		18,62	18,88

Os valores médios seguidos de mesmas letras, dentro de cada fator, não diferem estatisticamente, a 5%, pelo teste de Tukey.

frutos do algodoeiro recebem a maior parte dos assimilados das folhas do caule (Souza et al. 1990), embora uma pequena parte venha das brácteas e carpelos (Ashley, 1972; Elmore, 1973;

TABELA 3. Fotossíntese líquida e respiração (μ moles de $02.m^{-2}.s^{-1}$), nas folhas do 2º ramo frutífero e comprimento e diâmetro das maçãs (cm), na cultivar SU 0450/8909, aos 75 dias após o plantio. Campina Grande, PB, 1992.

Folhas	Fotossíntese	Respiração	Maçãs/botões florais	Comprimento	Diâmetro
Folha do caule	15,54 a	2,20 a	--	--	--
1ª folha	15,64 a	2,40 a	1ª	3,90 a	2,80 a
2ª folha	18,56 a	2,31 a	2ª	2,17 b	1,67 b
3ª folha	18,09 a	2,13 a	botão	--	--
C.V. (%)	15,30	7,50	--	10,40	9,95

Os valores médios seguidos de mesmas letras não diferem estatisticamente, a 5%, pelo teste de Tukey.

Morris, 1965) e o transporte dos assimilados das folhas ou brácteas para os frutos se complete quando estes atingem a idade de 30 a 35 dias após o surgimento (Benedict et al., 1976).

O efeito da manipulação genética da raiz para modificar as reservas amiláceas da raiz afetou a partição dos assimilados e o comportamento do crescimento do algodoeiro herbáceo (Souza & Silva, 1992a). Nesse sentido, os dados dos experimentos conduzidos nos municípios de Ipanguassu, RN, Sousa, PB, e Surubim, PE, durante a safra de 1991, indicaram, também, nas condições de campo, que o genótipo SU-AA₄, selecionado para acumular maiores reservas amiláceas na raiz, apresentou menor altura, mantendo o nível do rendimento de algodão em caroço. O inverso ocorreu com o genótipo selecionado para menores reservas amiláceas da raiz (Figs. 1, 2, 3, 4, 5 e 6). A seleção para acúmulo de reservas amiláceas

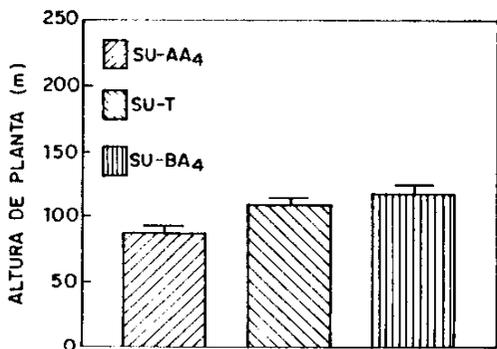


FIG. 1. Efeito da seleção para o acúmulo de amido na raiz e o crescimento do algodoeiro herbáceo. Ipanguassu, RN, 1991.

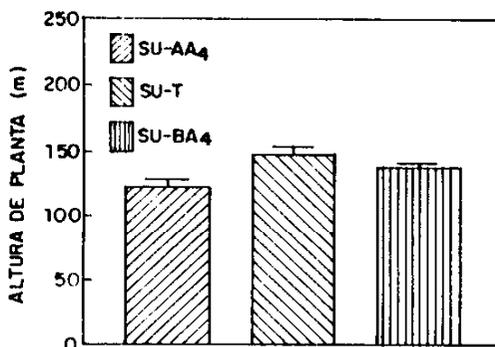


FIG. 2. Efeito da seleção para o acúmulo de amido na raiz e o crescimento do algodoeiro herbáceo. Sousa, PB, 1991.

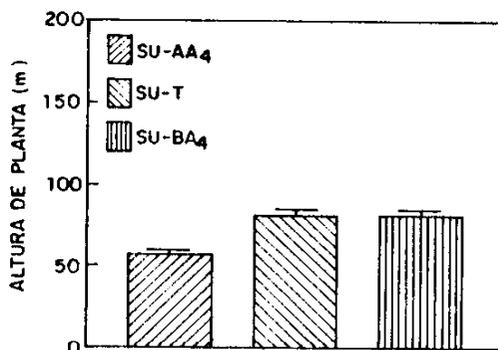


FIG. 3. Efeito da seleção para o acúmulo de amido na raiz e o crescimento do algodoeiro herbáceo. Surubim, PE, 1991.

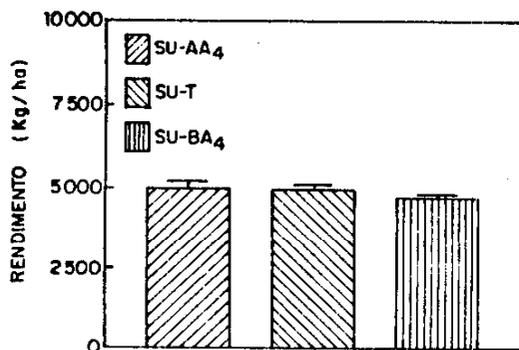


FIG. 4. Efeito da seleção para o acúmulo de amido na raiz e o rendimento do algodoeiro herbáceo. Ipanguassu, RN, 1991.

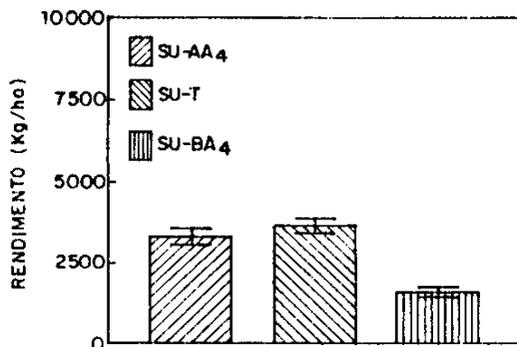


FIG. 5. Efeito da seleção para o acúmulo de amido na raiz e o rendimento do algodoeiro herbáceo. Sousa, PB, 1991.

na raiz modificou também o comprimento e maturação das fibras (Tabela 4). Embora os genótipos tenham apresentado semelhante atividade fotossintética (Tabelas 1 e 2), houve decréscimo na maturação das fibras em razão do genótipo SU-AA₄, que apresentou um período de floração mais rápido e concentrado, implicando um déficit de carboidratos, nesse período, na maturação das fibras, já que a celulose é o maior componente encontrado nas fibras, representando cerca de 94% (Lagiere, 1969).

O genótipo com maior reserva amilácea na raiz apresentou menor número de maçãs no final do ciclo e maior peso médio (Souza & Silva, 1992a). Embora esse genótipo tenha apresentado

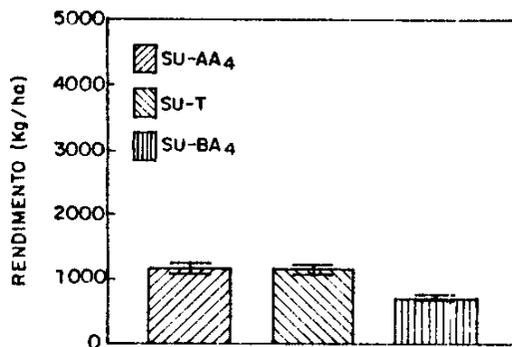


FIG. 6. Efeito da seleção para o acúmulo de amido na raiz e o rendimento do algodoeiro herbáceo. Surubim, PE, 1991.

TABELA 4. Valores médios de comprimento (2,5% mm), uniformidade, resistência (Lb/mg), maturidade (mat. AST%), finura (micro mg/in), peso de 100 sementes, percentagem de fibra e peso de capulho (g). Sousa, PB, 1991.

Genótipos	Comprimento	Uniformidade	Resistência	Maturidade	Finura	Peso 100 sementes
SU-0450/8909	30,15 b	54,13 a	7,21 a	77,94 a	4,81 a	11,60 b
SU-AA ₄	31,52 a	53,80 a	7,19 a	66,01 b	4,54 a	12,70 a
SU-BA ₄	30,37 b	53,62 a	7,81 a	75,99 a	4,66 a	13,35 a
C.V. (%)	2,99	3,80	11,11	9,64	10,14	4,54
M.G.	30,68	53,85	7,40	73,31	4,67	12,55

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

menor altura e área foliar (Souza & Silva, 1992a), não houve decréscimo no rendimento, em razão de produzir maçãs com maior comprimento, diâmetro e número de lojas (Tabelas 5 e 6), tanto em condições de casa de vegetação como de campo.

TABELA 5. Valores médios de comprimento, e diâmetro (mm), em condição de casa de vegetação, da 1ª maçã, aos 20 dias, do 1º ramo frutífero, em genótipos de algodoeiro herbáceo. Campina Grande, PB, 1992.

Genótipos	Comprimento	Diâmetro
SU 0450/8909	44,3 ab	35,7 a
SU-AA ₄	50,6 a	35,9 a
SU-BA ₄	39,5 b	29,1 b
C.V. (%)	9,82	11,79

Os valores médios seguidos de mesmas letras não diferem estatisticamente, a 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 6. Valores médios de comprimento e diâmetro de maçã (mm), número de lojas por maçã, aos 25 dias, de genótipos de algodoeiro selecionado para acúmulo e decréscimo de reservas amiláceas na raiz. Surubim, PE, 1991.

Genótipos	Comprimento da maçã	Diâmetro da maçã	Nº de lojas por maçã
SU-0450/8909	44 b	32 b	4,08 a
SU-BA ₄	42b	30 c	3,72 b
SU-AA ₄	47 a	34 a	4,16 a
C.V. (%)	3,43	2,34	1,56
M.G.	44	32	4

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

1. A atividade fotossintética não sofreu mudança nas plantas selecionadas para acumulação de maior e menor reserva amilácea na raiz.

2. As modificações que ocorreram na morfologia e fenologia da cultivar SU 0450/8909, com o acúmulo de carboidratos na raiz, estão ligadas à maior participação e transporte para a raiz, e não à atividade fotossintética.

REFERÊNCIAS

- ASHLEY, P.A. ¹⁴C-label of photosynthate translocation and utilization in cotton plants. *Crop Science*, v.12, p.69-74, 1972.
- BENEDICT, C.R.; KOHEL, R.J.; SCHUBERT, A.M. Transport of ¹⁴C-assimilates to cotton-seed: integrity of funiculus during seed filling stage. *Crop Science*, v.16, p.23-27, 1976.
- ELMORE, C.D. Contributions to the capsule wall and bracts to the developing cotton fruit. *Crop Science*, v.13, p.751-752, 1973.
- GUINN, G.; HESKETH, J.D.; FRY, K.E.; MAUNEY, J.R.; RADIN, J.W. Evidence that photosynthesis limits yield of cotton. In: BELTWISE COTTON PRODUCTION RESEARCH CONFERENCE, 1976, Las Vegas, Nevada. *Proceedings...* Memphis: National Cotton Council, 1976. p.60-61.
- LAGIERE, R. *El-Algodón*. Barcelona: Blume, 1969. 292p.
- MASSON, T.G.; MASKELL, E.J. Studies on the transport of carbohydrates in the cotton plant. I. Study of diurnal variation in the carbohydrates of leaf, bark and wood, and the effects of ringing. *Annals of Botany*, v.42, p.189-253, 1928.
- MEREDITH JUNIOR, W.R.; WELLS, R. Potential for increasing cotton yields through enhanced partitioning to reproductive structures. *Crop Science*, v.29, p.636-639, 1989.
- MOORBY, J. *Transport system in plants*. London: Longman, 1981.
- MORRIS, D.A. Photosynthesis by the capsule wall and bracteoles of the cotton plant. *Empire Cotton Growing Review*, v.42, n.1, p.49-51, 1965.
- MURAMOTO, H.; HESKETH, J.D.; ELMORE, C.D. Leaf growth, leaf aging, and leaf photosynthetic rates of cotton plants. In: BELTWISE COTTON PRODUCTION RESEARCH CONFERENCE, 1967, Dallas, Texas. *Proceedings...* Memphis: National Cotton Council, 1967. p.161-165.

- SOUZA, J.G. de; BARROS, A.C.Q.T.; SILVA, J.V. da. Reservas de hidratos de carbono e resistência do algodoeiro à seca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.3, p.269-273, 1983.
- SOUZA, J.G. de; SILVA, J.V. da. Atividades enzimáticas, partição de carboidratos e crescimento em progênies de algodoeiro selecionadas para alto e baixo teor de amido nas raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.11, p.1507-1511, 1992b.
- SOUZA, J.G. de; SILVA, J.V. da. Influência da manipulação genética do teor de acumulação de amido na raiz sobre a fenologia do algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.9, p.1303-1309, 1992a.
- SOUZA, J.G. de; SILVA, J.V. da. Partitioning of carbohydrates in annual and perennial cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Journal of Experimental Botany**, v.38, p.1211-1218, 1987.
- SOUZA, J.G. de; SILVA, J.V. da; ALVES NETO, F. Estudos fisiológicos do algodoeiro. I. Importância das diferentes folhas na transferência de assimilados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.12, p.1763-1767, 1990.