



Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária - MAARA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Centro Nacional de Pesquisa de Algodão - CNPA
Campina Grande, Paraíba



**PLASTICIDADE MORFOFISIOLÓGICA DO ALGODOEIRO HERBÁCEO EM
FUNÇÃO DA QUEDA INDUZIDA DAS ESTRUTURAS DE REPRODUÇÃO**

CAMPINA GRANDE - PB
1994

PLASTICIDADE MORFOFISIOLÓGICA DO ALGODOEIRO HERBÁCEO EM
FUNÇÃO DA QUEDA INDUZIDA DAS ESTRUTURAS DE REPRODUÇÃO

Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão
José Gomes de Souza
Demóstenes Marcos Pedrosa de Azevêdo
Laudemiro Baldoíno da Nóbrega



Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária - MAARA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Centro Nacional de Pesquisa de Algodão - CNPA
Campina Grande, Paraíba

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à
EMBRAPA/CNPA

Rua Osvaldo Cruz nº 1143 - Centenário
Caixa Postal 174
Telefone (083) 341-3608
Fax (083) 322-7751
Telex (83) 3231
58107-720 - Campina Grande, PB

Tiragem: 500 exemplares

Comitê de Publicações:

Presidente: Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão

Secretária: Maria José da Silva e Luz

Membros: Demóstenes Marcos Pedrosa de Azevedo

Elêusio Curvelo Freire

Francisco de Sousa Ramalho

José de Alencar Nunes Moreira

José Wellington dos Santos

Luiz Paulo de Carvalho

Odilon Reny Ribeiro Ferreira da Silva

Robério Ferreira dos Santos

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB)

Plasticidade morfofisiológica do algodoeiro herbáceo em função da queda induzida das estruturas de reprodução, por Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão e outros. Campina Grande, 1994.

40p. (EMBRAPA-CNPA. Documentos, 40).

1. Algodão - Fisiologia da Produção. 2. Ecofisiologia. 3. Produtividade. 4. Bioquímica. I. Souza, J.G. de. II. Azevedo, D.M.P. de. III. Nobrega, L.B. da. IV. Título. V. Série.

CDD 633.51

PLASTICIDADE MORFOFISIOLÓGICA DO ALGODOEIRO HERBÁCEO EM
FUNÇÃO DA QUEDA INDUZIDA DAS ESTRUTURAS DE REPRODUÇÃO

RESUMO: O algodoeiro herbáceo (Gossypium hirsutum L. r. latifolium Hutch.) é uma planta de elevada complexidade morfofisiológica, com produção econômica (fibra + semente) originária da parte reprodutiva da planta. Estas partes, formadas por órgãos, botões florais e frutos, especialmente os jovens, e um aparelho, a flor, são submetidos a estresses fisiológicos, bioquímicos, de regulação interna e externa, envolvendo a participação de insetos, como o bicudo (Anthonomus grandis Bohem), vários agentes causadores de doenças, como Fusarium oxysporum slect & vasinfectum (ATK) Syd & Hans e limitações do ambiente. Neste trabalho são apresentadas e discutidas as várias causas do "shedding" do algodoeiro herbáceo, especialmente a causada por agentes externos, como insetos, e são consideradas, também, as reações internas (fisiológicas e bioquímicas) e externas (fitomassa, área foliar etc.) que a planta desta malvácea apresenta quando perde as estruturas de reprodução.

Palavras-chaves: "Shedding", bicudo, doenças, bioquímica,
Gossypium hirsutum latifolium

MORPHO-PHYSIOLOGICAL PLASTICITY OF ANNUAL COTTON CAUSED BY
INDUCED REPRODUCTIVE STRUCTURES REMOVAL

ABSTRACT: Annual cotton (Gossypium hirsutum L.r. latifolium Hutch.) is a plant of high morpho-physiological complexity. Its economical yield (fiber + seeds) is derived from reproductive organs. These parts: flower buds, bolls (specially the young ones) and flowers are submitted to physiological and biochemical stresses when attacked by insect such as boll weevil (Anthonomus grandis Bohem), diseases such as Fusarium oxysporum Shieet & vasinfectum (ATK) Suyd & Hans, and environment limitations. In this paper will be discussed several causes of shedding on cotton, specially the ones caused by insect. Particular attention will be done on internal and external plant response when submitted to reproductive structures removal.

Key words: Shedding, boll weevil, deseases, biochemical, Gossypium hirsutum latifolium.

Resumo	3
Abstract	4
Introdução	6
Considerações gerais e o shedding fisiológico	9
Efeito do shedding induzido por agentes bióticos, espe- cialmente insetos, na produção, no crescimento e no desenvolvimento do algodoeiro herbáceo	12
Referências Bibliográficas	32

PLASTICIDADE MORFOFISIOLÓGICA DO ALGODOEIRO HERBÁCEO EM
FUNÇÃO DA QUEDA INDUZIDA DAS ESTRUTURAS DE REPRODUÇÃO

Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão¹

José Gomes de Souza¹

Demóstenes Marcos Pedrosa de Azevêdo¹

Laudemiro Baldoíno da Nóbrega¹

INTRODUÇÃO

O algodoeiro herbáceo (Gossypium hirsutum L. r. latifolium Hutch) é uma planta de elevada complexidade morfofisiológica, possuindo pelo menos dois tipos de ramificações, simpodiais (reprodutivas) e monopodiais (vegetativas), dois tipos de folhas (dos ramos ou vegetativas e frutíferas ou subtendidas dos frutos) e hábito de crescimento indeterminado, o que leva ao surgimento de frutos (drenos) junto às folhas velhas (fontes), com órgãos vegetativos competindo com reprodutivos ao longo da estação de crescimento pelos fotoassimilados formados, além de apresentar metabolismo fotossintético C3 com elevada taxa de -----

¹Pesquisadores da EMBRAPA/CNPA, Rua Oswaldo Cruz, 1143 Cx. Postal 174, 58.107-720, Campina Grande, PB, Brasil.

fotorrespiração e estrutura do dossel planofilar, com coeficiente de extinção da luz maior que 1. (Elmore et al. 1967, Muramoto et al. 1967, Brown 1973, Black Jr., 1973, Hearn, 1976, Constable & Rawson, 1980a, Mauney, 1986, Souza & Silva, 1988 e Beltrão et al 1988,).

Em função das limitações de natureza interna como a baixa eficiência fotossintética (Hesketh, 1967 e Krizek, 1986) e externa, como a forte horizontalidade das folhas que leva à irregular distribuição da luz ao longo do dossel (Hearn, 1976) e ao hábito indeterminado de crescimento desta malvácea, ocorre crise na transferência de assimilados para os frutos em crescimento e boa parte deles, mais de 60%, cai e, junto com a queda de botões florais, cerca de 20%, configura o fenômeno chamado "shedding" ou queda das estruturas de reprodução da planta do algodoeiro (Constable & Rawson, 1980b, Guinn, 1982, Barreiro Neto et al. 1983).

O "shedding" tem várias causas envolvendo aspectos do ambiente, como redução da luminosidade, condições hídricas desfavoráveis para o crescimento e desenvolvimento da cultura, temperaturas infra e supra-ótimas e oligotrofismo de nutrientes minerais; aspectos internos e externos da própria planta do algodoeiro já comentados anteriormente e que, juntamente com as ambientais promovem modificações significativas nos níveis de hormônios (redução da taxa de promotores/retardadores do crescimento) levando ao surgimento da camada de abscisão, via ativação de enzimas hidrolíticas, tais como celulasas e pectinases e

causas externas biológicas envolvendo insetos e ácaros, domínio das pragas e microrganismos causadores de doenças, tais como bactérias e fungos. (Hearn 1976 e Guinn 1982). Considerando o "shedding" causado por insetos-praga, as mais importantes e que efetiva e diretamente atacam os órgãos/aparelho de reprodução do algodoeiro, são o bicudo [*Anthonomus grandis* (Boheman)] que destrói principalmente os botões florais, fazendo-os cair após a formação da zona de abscisão devido a enzimas produzidas pelas larvas, especialmente a endo-polimetilgalacturonase (King & Lane, 1969 e King 1973) estando estas no segundo ou no terceiro instar (Coakley et al. 1969); a lagarta das maçãs [*Heliothis zea* (Boddie) e *Heliothis virescens* (Fabricius)] que depositam os ovos na superfície das folhas jovens e nos pontos de crescimento e, após a sua eclosão, as larvas destroem botões florais e frutos, promovendo aceleração na produção de etileno, hormônio vegetal regulador e promotor da abscisão de estruturas de reprodução da planta do algodão (Morgan, 1972) e a lagarta rosada [*Pectinophora gossypiella* (Saunders)] cujas larvas se alimentam dentro dos botões florais e frutos, promovendo queda de tais estruturas. Com referência a doenças, vários agentes patogênicos, como *Verticillium albo-atrum* (Reinke & Berth) causador da murcha de verticillium e *Fusarium oxysporum* Shlect f. *Vasinfectum* (ATK) Snyder & Hans, causador da fusariose, ambas doenças conhecidas pela denominação de traqueamicoses do algodão, que obstruem os vasos condutores,

impedindo a circulação de água e nutrientes causam queda de folhas e depois dos botões florais e frutos, além de outros agentes que causam, direta e indiretamente, a queda de estruturas de reprodução das plantas.

Com a indução do "shedding" por agentes bióticos, especialmente por insetos, como o caso do bicudo, e estando as plantas em condições normais para o crescimento (aumento irreversível de fitomassa) e o desenvolvimento (mudança de fases fenológicas), ocorrem profundas modificações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas na planta do algodoeiro, que são refletidas na capacidade de produção. Este trabalho objetiva apresentar e discutir algumas dessas modificações que ocorrem quando há a queda de estruturas de reprodução (botões florais e frutos) devido ao ataque de agentes bióticos, especialmente insetos e particularmente o bicudo.

CONSIDERAÇÕES GERAIS E O "SHEDDING" FISIOLÓGICO

O algodoeiro, especialmente o anual (herbáceo ou "upland") é uma planta de razoável plasticidade fisiológica e, por consequência, fenotípica, adaptando-se aos mais variados ambientes, sendo hoje cultivado desde o paralelo 47º LN na antiga URSS até o paralelo de 30º LS, onde se tem a Argentina, a África do Sul e a Austrália, mesmo levando-se em consideração a origem tropical e subtropical desta

malvacea (Ortolani & Silva, 1965) sendo que o plastocrono de seus diversos órgãos é extremamente dependente dos fatores do ambiente, especialmente da temperatura e da luz (Hesketh et al. 1972) envolvendo a produção de assimilados, sua utilização, via velocidade do processo respiratório e as taxas de crescimento, absoluta e relativa, de todos os seus órgãos.

A planta do algodoeiro herbáceo, mesmo em condições satisfatórias para chegar a produtividades elevadas, acima de 4500kg/ha de algodão em caroço, devido a limitações internas (fisiológicas e bioquímicas) coadjuvada por restrições organográficas (estrutura foliar planofilar) e pelo atual nível de CO₂ da atmosfera (fator limitante, segundo vários autores como Mauney et al. 1978 e Krizek, 1986) deixa cair (shedding) pelo menos 60% das suas estruturas de reprodução, envolvendo frutos jovens e botões florais [Tanskly (1965), citado por Rummel & Curry (1986) e Barreiro Neto et al. 1983]. Vários fatores colaboram para a ocorrência do "shedding" fisiológico, sendo que em todos estão envolvidos o balanço hormonal, quando os inibidores do crescimento e promotores da queda de estruturas das plantas, o etileno e o ácido abscísico (ABA) aumentam de concentração em relação aos promotores do crescimento auxinas (ácido indolilacético, principalmente), giberelinas e citocininas (Guinn 1982) e o desequilíbrio entre a produção de assimilados e a demanda das estruturas de reprodução em crescimento (drenos de elevada atividade) componentes da

teoria nutricional do "shedding" (Hearn, 1976). De acordo com esta teoria, formulada por Mason (1922) a planta do algodão retém somente os frutos que pode suprir com carboidratos, nitrogênio e outros nutrientes, e em qualquer condição ambiental, mesmo teoricamente, o melhor possível, a planta deixa cair a maior parte de suas estruturas de reprodução especialmente frutos jovens. Entre os fatores responsáveis pelo "shedding" fisiológico destacam-se: - posição da estrutura de reprodução na planta e no ramo, sendo que os frutos de primeiro ponto, em qualquer ramo frutífero, tem maior colaboração na produção da planta que os de segundo ponto, e estes de terceiro, e assim por diante, sendo a participação dos de primeiro ponto independente do ambiente e da cultivar de pelo menos 70% da produção (Mauney 1979, Beltrão et al. 1992, Medeiros & Vieira 1993 a) e com os ramos frutíferos do 5º ano ao 11º nó participando com praticamente toda a produção da planta (Medeiros & Silva 1993b); - Variações na estação de cultivo, levando-se em consideração que a taxa de abscisão das estruturas de reprodução aumenta substancialmente do início para o final da estação de cultivo, quando as plantas se aproximam do senectude (Verhalen et al. 1975 e Patterson et al. 1978). É provável que, com o envelhecimento das folhas (fontes de produção de assimilados) ocorra deficiência de carboidratos e aminoácidos e, assim, aumento na taxa da queda dos frutos, pois grandes quantidades dessas substâncias são requeridas para a produção dos frutos e os

mais velhos (maiores) são drenos de maior atividade que as menores, sendo que dificilmente, por problemas fisiológicos, um fruto cai após a idade de 15 dias (Guinn, 1982); - a idade do botão floral e do fruto tem influência significativa na taxa de "shedding", sendo que ela é maior no início e possivelmente as causas envolvem o balanço de hormônios. Frutos com idade entre 5 e 15 dias após a antese apresentam maiores concentrações dos hormônios, ácido indolilacético e giberelinas (Rodgers, 1977, citado por Guinn, 1982) enquanto que nos frutos mais velhos, depois de 15 dias da antese, as concentrações de etileno e ABA são pequenas em relação ao fruto jovem (Guinn, 1982).

EFEITOS DO SHEDDING INDUZIDO POR AGENTES BIÓTICOS, ESPECIALMENTE INSETOS, NA PRODUÇÃO, NO CRESCIMENTO E NO DESENVOLVIMENTO DO ALGODOEIRO HERBÁCEO

Desconsiderando-se o "shedding" fisiológico e aquele que depende de causas externas abióticas, envolvendo estresse hídrico, oligotrofismo edáfico, em especial deficiências de nitrogênio, potássio, cálcio, boro e zinco, (Tsui 1948, Addicott & Lynch, 1955, Johan 1957, Page & Bergeaux 1961 e Guinn, 1982) deficiência luminosa, causada por nebulosidade (Goodman 1955) deficitária distribuição da

luz no dossel do algodoeiro, devido a sua estrutura planofilar e temperatura do ar elevada, que pode causar o "shedding" devido a diversos fatores, tais como inviabilidade do pólen (Powell 1969) e formação de calose no floema, reduzindo a translocação de assimilados (Mc Nairn 1972), os frutos e botões florais do algodoeiro herbáceo, conforme foi colocado anteriormente podem sofrer o "shedding" em razão de fatores bióticos envolvendo insetos e patógenos causadores de doenças. Ao serem atacadas por insetos e agentes causadores de doenças, as plantas do algodoeiro sofrem profundas modificações no crescimento e no desenvolvimento, culminando com reduções significativas na produção econômica (parte útil da planta) pois os principais produtos desta malvácea, em especial a fibra e a semente, são provenientes da parte reprodutiva, sujeita ao "shedding". Ocorrem casos, como um forte ataque do bicudo, com populações elevadas, em que praticamente quase todos os botões florais e frutos jovens são derrubados, levando a planta a um profundo ajustamento fisiológico e bioquímico que se reflete nos padrões normais do crescimento e do desenvolvimento desta malvácea, respectivamente dos tipos alométrico (heterogônico) e heteroblástico (Street & Opik, 1974) e, conseqüentemente, na produção da planta, total ou biológica, e a econômica, além do índice de colheita e do escore de produtividade. Para realizar estudos sobre os efeitos de determinados insetos-praga na planta do algodoeiro herbáceo e na produtividade da cultura desta

malvácea, sem interferência de outros fatores, alguns pesquisadores fazem a remoção total ou parcial em vários períodos de tempo dos botões florais do algodoeiro que, segundo Mistic Júnior & Covington (1968), simula os danos e fornece os mesmos resultados da infestação e danos causados pelos insetos, especialmente o bicudo, cujo alimento preferido é o botão floral do algodoeiro, com a vantagem de se poder quantificar bem os danos em qualquer tempo fisiológico da cultura.

Utilizando várias cultivares de ciclo médio a longo e de hábito de crescimento totalmente indeterminado, em que ocorre competição interna entre os drenos reprodutivos (botões florais, flores e frutos) e os vegetativos (folhas novas até sete dias de expansão, raízes, ramos e caule) segundo Constale & Rawson (1980) verificou-se que a retirada de 10 a até 50% de todos os botões florais e a remoção total de tais estruturas por um período de até nove semanas, não ocasionaram redução na produtividade da cultura, em termos de fibra, porém aumentaram a altura das plantas, a área foliar e as fitomassas epígea e total das plantas [Eaton, 1931, citado por Dunnam et al. (1943), Saad, 1951, Dale 1959, Horowitz, 1962, Brown, 1965 e Mistic Júnior & Covington, 1968]. Em estudos realizados em condições ecofisiológicas no Sertão paraibano, em um Vertissol associado de elevada fertilidade natural, exceto em nitrogênio, colocado via adubação, em dois anos agrícolas, Beltrão et al. (1990a) fazendo simulações de

danos em botões florais envolvendo o arranquio total em determinados intervalos de tempo, verificaram, conforme pode ser observado nas Tabelas 1 e 2, que, independentemente da retirada ou não da gema apical, a remoção dos botões florais proporcionou redução drástica na produtividade de algodão em caroço na primeira colheita, aumentando o ciclo da cultura promovendo, assim, uma redução na sua precocidade. Em um ano com problemas hídricos envolvendo escassez ou excesso de água temporário no solo, como foi em 1986, o que é comum na região Nordeste, a remoção dos botões florais nos primeiros 28 dias do início da fase de botoamento reduziu significativamente o rendimento de algodão em caroço, evidenciando que, mesmo com o uso de cultivares de curto período de floração/frutificação e de elevada precocidade, como é o caso da CNPA Precoce 1, utilizada na pesquisa de Beltrão et al. (1990a) é importante que haja protegimento dos botões florais que surgem nas quatro primeiras semanas do início da fase de botoamento, podendo tais aspectos serem feitos via uso de métodos culturais e químicos, com o uso de inseticidas contra as pragas que atacam tais estruturas, principalmente o bicudo (Beltrão et al. 1993). Em estudos envolvendo a cultivar CNPA Precoce 1 em condições irrigadas (por superfície, via sulcos) em solo aluvião de elevada fertilidade natural, exceto nitrogênio colocado via adubação, Beltrão et al. (1991) verificaram que os botões florais que surgem nas primeiras duas semanas do início da fase de botoamento são os mais importantes para a definição

TABELA 1. Médias dos tratamentos das variáveis rendimentos de algodão em caroço kg/ha, primeira e segunda colheitas e total colhido e precocidade (%) em função dos fatores remoção da gema apical e de botões florais. Sousa, PB, 1986

Fatores	Variáveis			
	1ª colheita (kg/ha)	2ª colheita (kg/ha)	Total colhido (kg/ha)	Precocidade, (%)
Remoção da gema apical				
- Com	753,9a	407,7 b	1.161,6a	62,9a
- Sem	662,4 b	476,2a	1.138,5a	56,2 b
Período de remoção de botões florais₂				
- Sem remoção	1.023,7a	280,6 b	1.304,3a	78,0a
- Remoção nos 10, 7 dias	946,6ab	293,5 b	1.243,1a	75,6a
- Remoção nos 10, 14 dias	782,7 b	324,2 b	1.106,9ab	70,1a
- Remoção nos 10, 21 dias	500,7 c	604,2a	1.104,9ab	44,4 b
- Remoção nos 10, 28 dias	287,1 d	707,3a	994,4 b	29,6 c
Média	708,1	441,9	1.150,0	59,6
C.V (%)	26,82	31,53	18,81	10,60

₁Para análise, os dados foram transformados em $\text{arc sen} \sqrt{\frac{\% X}{100}}$

₂0 Início da remoção dos botões florais aconteceu quando as plantas possuíam no mínimo duas a três dessas estruturas

Em cada coluna e para cada fator, médias assinaladas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, a nível de 5% de probabilidade

FONTE: Beltrão et al. (1990a)

TABELA 2. Médias dos tratamentos das variáveis rendimento de algodão em caroço (kg/ha), primeira, segunda e terceira colheitas e total colhido e precocidade (%), em função dos fatores remoção da gema apical de botões florais. Sousa, PB, 1987

Fatores	1ª colheita (kg/ha)	2ª colheita (kg/ha)	3ª colheita (kg/ha)	Total colhido (kg/ha)	Precocidade, (%)
Remoção da gema apical					
- Com	596a	605a	208a	1.487a	37,9a
- Sem	556a	757a	260a	1.138a	36,4a
Período de remoção de botões florais₂					
- Sem remoção	1.006a	544bc	79c	1.694ab	50,5a
- Remoção nos 1 ^o , 7 dias	985a	578abc	70c	1.733a	49,5a
- Remoção nos 1 ^o , 14 dias	524b	1.012a	103c	1.652ab	35,9b
- Remoção nos 1 ^o , 21 dias	190c	805ab	239b	1.233ab	27,0c
- Remoção nos 1 ^o , 28 dias	175c	365c	680a	1.218b	22,9c
Médias	576	681	234	1.506	37,2
C.V.(%)	38,21	39,75	35,53	34,14	19,88

₁Para análise, os dados foram transformados em $\text{arc sen} \sqrt{\% X}$
₂O início da remoção dos botões florais aconteceu quando as plantas possuíam no mínimo duas a três dessas estruturas

Em cada coluna e para cada fator, médias assinaladas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, a nível de 5% de probabilidade

FONTE: Beltrão et al (1990a)

da produção da planta, conforme pode ser observado na Tabela 3.

Considerando-se os efeitos da remoção de botões florais no crescimento e desenvolvimento da planta do algodoeiro herbáceo, vários estudos têm sido realizados e tem-se observado profundas modificações fisiológicas, morfológicas e bioquímicas nas plantas que perdem, por determinado período de tempo, os seus botões florais, parcial ou totalmente, pois sem botões florais logicamente não há frutos e, não havendo tais estruturas, que são drenos de elevada força e atividade, requerendo para o pleno crescimento e desenvolvimento elevada quantidade de carboidratos e aminoácidos, conforme podem ser visualizadas nas Tabelas 4 e 5, a planta modifica a alocação de assimilados que estão sendo produzidos pelas fontes (folhas maduras do ponto de vista morfofisiológico). Os frutos em crescimento produzem muito pouco, mesmo considerando a produção fotossintética das brácteas, pois representa menos de 10% em média do total requerido (Elmore, 1973, Sathe 1981) sendo necessária a importação de fotossintatos das folhas subtendidas (frutíferas) e principalmente das folhas do ramo (vegetativas) que, dependendo da localização do ramo e do fruto, colaboram com mais de 60% das necessidades de tais estruturas de reprodução (Wuilschleger & Oosterhuis, 1990) vindo o restante das folhas frutíferas, próximo aos

TABELA 3. Média dos tratamentos para a variável rendimento de algodão em caroço (kg/ha), considerando-se os fatores tempo de arranquio e período de arranquio de botões florais. Interação significativa. Sousa, PB, 1987

Fatores	Tempo de arranquio					Média
	T1	T2	T3	T4	T5	
Botões florais arrancados, e depois não arrancados	3722aA	4529aA	4008aA	3056aA	3001aA	3663 A
Botões florais não arrancados, e depois arrancados totalmente	2181bB	4048aA	4487aA	3851abA	4232 aA	3760 A
Média	2952 b	4289 a	4248 a	3454 ab	3617 ab	

Testemunha: 5302 kg/ha

- T1 - Botões florais arrancados ou não por um tempo de 2 semanas a partir do início da fase de botoamento
- T2 - Botões florais arrancados ou não por um tempo de 3 semanas a partir do início da fase de botoamento
- T3 - Botões florais arrancados ou não por um tempo de 4 semanas a partir do início da fase de botoamento
- T4 - Botões florais arrancados ou não por um tempo de 5 semanas a partir do início da fase de botoamento
- T5 - Botões florais arrancados ou não por um tempo de 6 semanas a partir do início da fase de botoamento

Em cada linha, médias assinaladas por mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste tukey, a nível de 5% de probabilidade. O mesmo se verifica em cada coluna, com letras maiúsculas

FONTE: Beltrão et al. (1991)

TABELA 4. Quantidade total de substrato requerido e Co_2 liberado para a produção de 100 g de frutos maduros de algodão nas condições de 12 horas de dia e 12 horas de noite com temperaturas de 30°C e 20°C respectivamente e um período de maturação do fruto de 50 dias

Tipo de respiração	Substâncias envolvidas (g)		
	Carboidratos	Aminoácidos	Co_2 liberado
Crescimento	138,5	15,4	44,1
Manutenção	26,5	-	39,5
Total	165,4	15,4	83,6

FONTE: Mutsaers (1975) modificada pelos autores

TABELA 5. Quantidade de carboidratos e Aminoácidos necessários e quantidade de CO₂ liberado para a produção de 100g de frutos maduros, sem incluir a respiração de manutenção com as sementes com dois conteúdos de óleo 20 e 25%

Período em porcentagem do período de Maturação do Fruto (PMF)*	Teor de óleo na semente				
	Carboidratos	Aminoá- cidos	CO ₂	Carboidratos	CO ₂
0	3,3	1,2	1,4	3,3	1,4
10	8,5	3,3	3,4	8,5	3,4
20	23,1	4,3	6,3	23,1	6,3
30	41,8	5,1	9,7	4,7	9,6
40	64,3	7,0	14,6	63,9	14,4
50	87,2	9,4	21,6	86,5	21,0
60	111,4	12,3	30,6	109,3	28,9
70	127,2	14,8	38,6	124,2	36,1
80	135,9	15,9	43,1	132,5	40,3
90	138,1	15,8	44,1	134,0	40,6
100	138,5	15,4	44,1	134,4	40,6

* O PMF é de 50 dias em média

FONTE: Mutsaers (1975), modificada pelos autores.

frutos, variando a quantidade em função também, além da localização no dossel vegetal, do tipo da folha, se "normal" ou superokra (Horrocks et al. 1978). Em condições de casa-de-vegetação, com controle parcial de temperatura, Beltrão et al. (1990b) verificaram que, independentemente da cultivar CNPA 3H, de ciclo médio-longo e hábito de crescimento indeterminado, e da CNPA Precoce 1, de ciclo curto, período de floração/frutificação compactado e de ciclo agronomicamente determinado, a remoção temporária de todos os botões florais por períodos de 15 a 45 dias após o início da fase de botoamento promoveu aumentos, em média, de 56,5% na área foliar por planta, passando de 4254,9cm² na testemunha para 6659cm². Outra modificação verificada por estes mesmos autores está relacionada com a fitomassa total por planta, onde foi observada interação significativa entre as cultivares testadas e os períodos de remoção dos botões florais, tendo elas deferido entre si dentro de cada período e entre os períodos, conforme pode ser observado na Tabela 6.

TABELA 6. Fitomassa total (g/planta) de duas cultivares de algodão, sob diferentes períodos de remoção de botões florais. Campina Grande, PB, 1986

Cultivares	Períodos de remoção de botões florais				Médias das cultivares
	Sem remoção	Remoção nos 10, 15 dias	Remoção nos 10, 30 dias	Remoção nos 10, 45 dias	
- CNPA 3H	75,0aB	89,7aA	86,5aAB	96,0aA	86,6a
- CNPA Precoce 1	51,2bC	62,5bBC	67,2bAB	76,7bA	64,4b
Médias dos períodos de remoção	63,1B	78,5A	76,8A	86,3A	

Em cada linha (períodos dentro de cultivares) e médias dos períodos de remoção, as médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey a nível de 5% de probabilidade

Em cada coluna (cultivares dentro de períodos) e médias de cultivares, as médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo mesmo teste e nível de significância

FONTE: Beltrão et al (1990b).

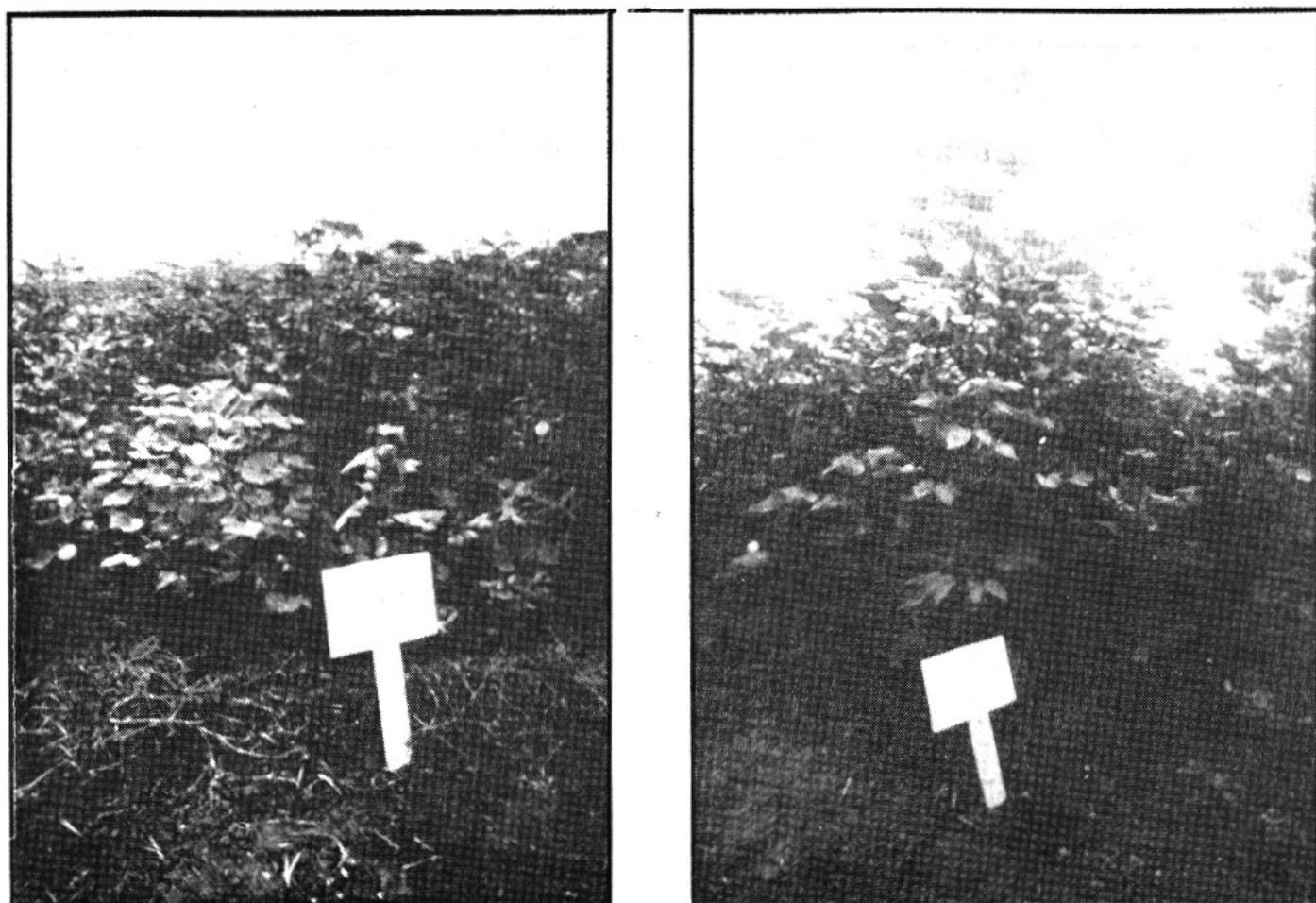


FIGURA 1. Modificações morfológicas ocorridas no algodoeiro herbáceo irrigado, cultivar CNPA Precoce 1, devido à retirada temporária dos botões florais. Boa Ventura, PB, 1987. Esquerda: Plantas "normais" e à direita plantas depois de 25 dias, que tiveram todos os botões florais retirados nos primeiros 45 dias do início da fase de botoamento

Nas figuras 1 e 2 pode-se observar as modificações em altura da planta e área foliar, além da fitomassa epígea, que ocorrem nas plantas do algodoeiro herbáceo mesmo em uma cultivar de ciclo curto (90 a 100 dias da emergência à

primeira colheita) e de hábito de crescimento dito determinado, quando são submetidas a remoções temporárias dos botões florais, demonstrando a grande plasticidade fisiológica e bioquímica que tem o algodoeiro herbáceo com mudanças profundas no seu metabolismo. Observa-se na Figura 1 que as plantas que ficaram sem botões florais durante os primeiros 45 dias, 25 dias depois ainda estavam investindo em tecidos e órgãos vegetativos, com maior altura, fitomassa e área foliar que as plantas "normais", com os botões florais protegidos, inclusive do bicudo. Por outro lado, quando se permitiu que somente os botões surgidos nos primeiros 30 dias do início da fase de botoamento ficassem nas plantas (Figura 2, esquerda) estas ficaram pequenas, menores que as da testemunha (Figura 1) e nas que foram submetidas ao inverno (Figura 2, à direita) pois os botões se transformaram em frutos, o "shedding" foi insignificante e, assim, a alocação dos metabólitos produzidos nas folhas foi para os frutos em expansão, pois são drenos de elevada atividade e força [Taxa de crescimento absoluto (g/dia) = fitomassa total (g) x taxa de crescimento relativo (g/g/dia)] necessitando de cerca de 140 mg/dia/fruto ao longo do período de frutificação, chegando até a mais de 200 mg/dia/fruto nos intervalos de maior expansão e crescimento (Hearn, 1976) além da taxa de respiração de manutenção específica que, em condições de crescimento e desenvolvimento plenos, atinge valor de 10

mg/g/dia de assimilados com uma eficiência de conversão de 0,74g de fitomassa/g substrato (Thornley & Hesketh, 1972).

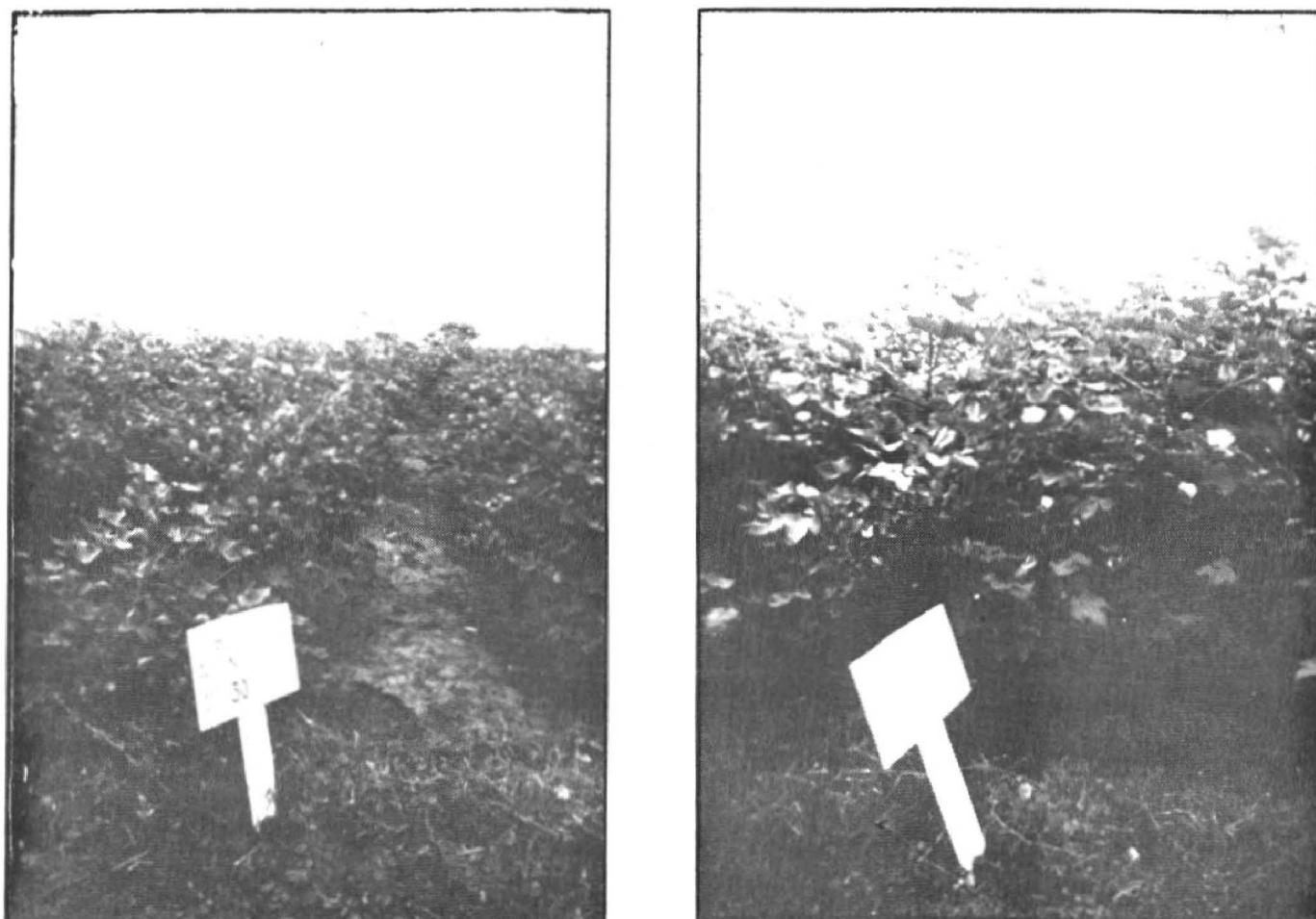


Figura 2. Modificações morfológicas ocorridas no algodoeiro herbáceo irrigado, cultivar CNPA Precoce 1, devido à retirada temporária dos botões florais. Boa Ventura, PB, 1987. Esquerda: plantas que tiveram botões florais apenas nos primeiros 30 dias do início da fase de botoamento, 25 dias depois, e à direita, o inverso, ou seja, plantas que ficaram sem botões florais nos primeiros 30 dias do início da fase de botoamento e depois ficaram com os que surgiram

Em plantas submetidas à retirada dos botões florais, as características do crescimento são tremendamente alteradas, conforme pode ser observado na Tabela 7, dados de Souza et al (1984) considerando uma cultivar de ciclo longo e hábito de crescimento indeterminado, a SU 0450/8909, que teve os botões florais retirados durante boa parte do ciclo, a medida em que surgiam, sendo as plantas colhidas aos 88 e 107 dias após a emergência das plântulas. Verifica-se, na Tabela 7, que houve aumentos consideráveis em todas as características do crescimento, especialmente na taxa de assimilação líquida e na taxa de crescimento absoluto foliar, respectivamente de 241% e 305% com relação às plantas "normais", onde não houve retirada dos botões florais, indicando que, sem tais estruturas, a planta investe em novas folhas, aumenta a fotossíntese e possibilita a ampliação da fitomassa global, conforme pode ser observado na Tabela 8. É por esta razão que, quando em condições de campo, ocorre um ataque grande do bicudo com mais de 60% dos botões florais perfurados, além dos frutos jovens também danificados, as plantas crescem mais em altura, ficam mais robustas, mudando até a coloração das folhas, ficando mais escuras. As modificações morfológicas e organográficas que ocorrem, quando se verificam perdas consideráveis dos botões florais, são, na verdade, reflexos das alterações internas a nível enzimático e bioquímico que se processam na intimidade das organelas celulares, especialmente os cloroplastos, sede do processo

TABELA 7. Médias dos tratamentos da taxa assimilatória líquida (L) em $\text{mg.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, taxa de crescimento absoluto foliar (A) em $\text{cm}^2.\text{dia}^{-1}$, taxa de crescimento relativo foliar (R_m) em $\text{cm}^2.\text{cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, duração da área foliar (D) em $\text{cm}^2.19$ dias e potencial fotossintético (P) em $\text{cm}^2.\text{dia}^{-1}$, no período de 88º dia ao 107º dia da germinação. Campina Grande, PB, 1983

Tratamentos	Características do crescimento									
	L		A		R_m		D		P	
	Valor	%	Valor	%	Valor	%	Valor	%	Valor	%
C ₁ Plantas normais	0,1406	100,00	12,631	100,00	0,00437	100,00	54340,0	100,00	54978,7	100,00
C ₂ Plantas sem botões florais	0,4800	341,39	51,210	405,43	0,01138	260,41	85775,5	157,85	85437,5	155,40

$$\text{Taxa assimilatória líquida} = \frac{W_2 - W_1}{A_2 - A_1} \cdot \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{t_2 - t_1}$$

$$\text{Taxa de crescimento absoluto foliar} = \frac{A_2 - A_1}{t_2 - t_1}$$

$$\text{Taxa de crescimento relativo foliar} = \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{t_2 - t_1}$$

$$\text{Duração de área foliar} = \frac{A_2 - A_1}{\ln A_2 - \ln A_1} \cdot (t_2 - t_1)$$

$$\text{Potencial fotossintético} = \frac{W_2 - W_1}{L}$$

Onde:
W = fitomassa
A = área foliar
t = tempo

FONTE: SOUZA et al. (1984)

TABELA 8. Médias dos tratamentos de fitomassa (g) em função dos fatores envolvidos. Campina Grande, PB, 1983

	C ₁	C ₂
88	15,89bB	31,08aB
107	19,75bA	51,59aA
	88	107
R	3,53bB	14,05aB
PA	43,44bA	60,87aA
	C ₁	C ₂
R	5,21bB	13,33aB
PA	30,79bA	75,12aA
	Média geral	31,11

R = Fitomassa de raízes
 PA = Fitomassa da parte aérea
 C₁ = Plantas normais
 C₂ = Plantas sem botões florais
 88 e 107 = dias após o plantio

Em cada subtabela, duas médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

FONTE: Souza et al.(1984)

fotossintético, e nas mitocôndrias, verdadeiras centrais de energia da célula, via trifosfato de adenosina (ATP) e nicotinamida adenina dinucleotídeo reduzido (NADH + H⁺) além dos compostos intermediários, que são formados e que servem de ponto de partida para a síntese de hormônios, aminoácidos, clorofilas etc. Nas plantas sem botões florais os níveis de proteínas aumentam consideravelmente com incrementos superiores a 100%, conforme pode ser observado na Tabela 9, dados de Souza, et al (1984) para a cultivar SU 0450/8909. Apesar das cultivares de algodoeiros herbáceo e arbóreo apresentarem, em condições de casa-de-vegetação, diferenças consideráveis nos níveis das enzimas envolvidas no metabolismo dos carboidratos, como a β -amilase e a invertase (Souza & Silva, 1988a e b) e com relação ao tipo de folha, "normal" ou superokra (Souza & Silva, 1992) as plantas do algodoeiro herbáceo, quando submetidas a remoção de botões florais, alteram completamente os níveis de suas enzimas envolvidas no metabolismo dos carboidratos, especialmente a invertase, conforme pode ser observado na Tabela 9, onde a atividade de processamento desta proteína funcional elevou-se em mais de 73% com relação à atividade verificada em plantas "normais", sem perdas induzidas (artificiais ou devido a pragas ou doenças) dos botões florais, mostrando claramente que boa parte do metabolismo desta malvácea é alterado, quando ocorrem perdas prematuras das estruturas de reprodução.

TABELA 9. Médias dos tratamentos de área foliar (cm^2), proteína (mg de proteínas. g^{-1} matéria fresca) e invertase (mg de glucose. g^{-1} .MF $^{-1}$.h $^{-1}$) em função dos fatores envolvidos. Campina Grande, PB, 1983

	Área foliar		Proteína	Invertase
	88	107		
C ₁	2740,0bA	2980,0bA	34,69B	1,77B
C ₂	4028,0aB	5001,0aA	70,90A	3,07A
Média geral		3715	57,90	2,42

88 e 107 = dias após o plantio

C₁ = plantas normais

C₂ = plantas sem botões florais

Proteína e invertase foram determinados somente na segunda época

Para a área foliar duas médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Para proteína e a atividade da invertase as médias C₁ e C₂ diferem entre si pelo mesmo teste e nível de significância

FONTE: SOUZA, et al. 1984

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADDICOTT, F.T.; LYNCH, R.S. Physiology of abscission. Annual Review of Plant Physiology, V. 6, p. 211-238, 1955.
- BARREIRO NETO, M.; SOUZA, J.G.; BRAGA SOBRINHO, R.; VIEIRA, R. DE M. Arquitetura da planta e queda de botões, flores e frutos, em algodoeiro herbáceo tolerante à seca. Pesquisa Agropecuária Brasileira, V.18, n.10, p. 1085-1088, 1983.
- BELTRÃO, N.E. de M.; NÓBREGA, L. B. da; ARAÚJO, J.D. de. Participação das folhas subtendidas e folhas dos ramos em três cultivares de algodoeiro herbáceo. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB) Relatório técnico anual - 1985-1986. Campina Grande, PB, 1988. p. 158-162.
- BELTRÃO, N.E. de M.; NÓBREGA, L.B. da; VIEIRA, D.J. AZEVÊDO, D.M.P. de.; SOUSA, R.P. de. Remoção da gema apical e de botões florais em algodoeiro herbáceo de curto período de floração. Pesquisa Agropecuária Brasileira, V. 25, n.7, p. 1047-1054, 1990a.
- BELTRÃO, N.E. de M.; CAVALCANTI, M.A.; SOUSA, R.P. de S.; NÓBREGA, L. B. da. Remoção de botões florais em cultivares de algodoeiro herbáceo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, V. 25, n.11, p. 1619-1626, 1990b.

BELTRÃO, N.E. de M... VIEIRA, D.J... NÓBREGA, L.B. de.
AZEVEDO, D.M.P. de. Influência do arranquio de botões
florais no rendimento e altura de planta em algodoeiro
herbáceo irrigado. In: EMBRAPA. Centro Nacional de
Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB). Relatório
Técnico Anual - 1987-1989. Campina Grande, 1991.
p.113/115.

BELTRÃO, N.E. de M... OLIVEIRA, F. de A... CAMPOS, T.G. de
S... SANTOS, J.W. dos. FORMIGA, H.M.S.; ARAÚJO, J.D. de.
Participação dos frutos de acordo com suas posições na
planta na produtividade do algodoeiro herbáceo em
diversos níveis de unidade do solo. EMBRAPA. Centro
Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB).
Relatório Técnico Anual - 1990/1991. Campina Grande, PB,
1992. p.184-186.

BELTRÃO, N.E. de M.: BEZERRA, J.R.C.; BARRETO, A.N.; LIMA,
E.F.; OLIVEIRA, F. de A.; RAMALHO, F. de S.; SANTANA,
J.C. de. COSTA, J.N.da.; MEDEIROS, J. de C. Recomendações
técnicas para o cultivo do algodoeiro herbáceo de
sequeiro e irrigado nas regiões Nordeste e Norte do
Brasil. Campina Grande, PB: EMBRAPA-CNPA, 1993. 72 p.
(EMBRAPA-CNPA, Circular Técnica, 17)

BLACK JUNIOR, C.C. Photosynthetic carbon fixation in
relation to net CO₂ uptake. Annual Review Plant
Physiology, v.24, p.253-286, 1973.

- BROWN, K.J. Response of three strains of cotton to flower removed. Empire Cotton Growing Review, v.42, p.279-286, 1965.
- BROWN, K.J. Factors affecting translocation of carbohydrates to fruiting bodies of cotton. Cotton Growing Review, v.50, p.32-42, 1973.
- CONSTABLE, G.A.; RAWSON, H.M. Photosynthesis, respiration and transpiration of cotton fruit. Photosynthetica, v.14, n.4, p.557-563, 1980a.
- CONSTABLE, G.A.; RAWSON, H.M. Effect of leaf position, expansion and age on photosynthesis, transpiration and water use efficiency of cotton. Australian Journal Plant Physiology, v.7, p.89-100, 1980b.
- COAKLEY, J.M.; MAXWELL, F.G.; JENKINS, J.N. Influence of feeding, oviposition, and egg and larval development of boll weevil on abscission of cotton squares. Journal of Economic Entomology, v.62, p.244-245, 1969.
- DALE, J.C. Some effects of the continuous removal of floral buds on the growth of the cotton plant. Annals Botany, v.23, p.636-349, 1959.
- DUNNAM, E.W.; CLARK, J.C.; GALHOUN, S.L. Effect of the removal of squares on yield of upland cotton. Journal of Economic Entomology, v.36, no 6, p.900, 1943.

- ELMORE, C.D. Contributions of the capsule wall and bracts to developing cotton fruit. Crop Science, v.13, p.751-752, 1973.
- ELMORE, C.D.; HESKETH, J.D.; MURAMOTO, H. A survey of rates of leaf growth, leaf aging and leaf photosynthesis rates among and within species. Journal Arizona Academy Sciences, v.4, p.215-219, 1967.
- GUINN, G. Causes of squares and boll shedding in cotton. Washington: U.S. Department of Agriculture, s.d. 21p. (USDA. Technical Bulletin, 1672).
- GUINN, G. Fruit age and changes in abscisic acid content, ethylene production, and abscission rate of cotton fruits. Plant Physiology, v.69, p.345-352, 1982.
- HEARN, A.B. Crop physiology. In: ARNOLD, M.H. (ed.). Agricultural research for development; The Namulonge contribution. London, England: Cambridge University Press, 1976. p.76-122.
- HESKETH, J.D. Enhancement of photosynthetic CO₂ assimilation in the absence of oxygen as dependent upon species and temperature. Planta, Berl.: v. 76, p.371-374, 1967.
- HESKETH, J.; BAKER, D.; DUNCAN, W.G. Simulation of growth and yield in cotton: II. Environmental control of morphogenesis. Crop Science, v.12, p.436-439, 1972.

- HOROWITZ, H. Influence of environmental conditions on the formation and shedding of the floral organs of cotton. Coton et Fibre Tropicale, v.17, p.311-342, 1962.
- HORROCKS, R.D.; KERBY, T.A.; BUXTON, D.R. Carbon source for developing bolls in normal and superokra leaf cotton. New Phytologist, v.80, n.2, p.335-340, 1978.
- JOHAM, H.E. Carbohydrate distribution as affected by calcium in cotton. Plant Physiology, v.32, p.113-117, 1957.
- KING, E.E. Endo-polymethyl galacturonase of boll weevil larvae, Anthonomus grandis: An initiator of cotton flower bud abscission. Journal Insect Physiology, v.19, n.12, p.2433-2437, 1973.
- KING, E.E.; LANE, H.C. Abscission of cotton flower buds and petioles caused by protein from boll weevil larvae. Plant Physiology, v.44, n.6, p.903-906, 1969.
- KRIZEK, D.T. Photosynthesis, dry matter production and growth in CO₂ - enriched atmospheres. In: MAUNEY, J.R.; STEWART, J. McD. (eds.) Cotton Physiology. Memphis, TN, The Cotton Foundation Publisher, 1986. p. 123-225.
- MASON, T.G. Growth and abscission in Sea Island cotton. Annals of Botany, v.36, p.457-483, 1922.

- MAUNEY, J.R. Vegetative growth and development of fruiting sites. In: MAUNEY, J.R.; STEWART, J.M. (eds). Cotton physiology. Memphis, TN. The Cotton Foundation, 1986. p.11-28.
- Mc NAIRN, R.B. Phloem translocation and heatinduced callose formation in fieldgrown Gossypium hirsutum L. Plant Physiology, V.50, p.366-370, 1972.
- MEDEIROS, A.A.; VIEIRA, R.M. Número de capulho e peso de algodão em caroço, obtidas na cultivar CNPA Precoce 1 em função do ramo e posição frutífera sob irrigação. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 7, 1993. Cuiabá Resumos. Cuiabá, MT. EMPAER-MT/EMBRAPA, 1993a. p.163.
- MEDEIROS, A.A.; VIEIRA, R.M. Produção de algodão nas cultivares CNPA Precoce 1, IAC 20 e CNPA 6H nos ramos simpodiais. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO . Cuiabá. Resumos. Cuiabá, MT: EMPAER-MT/EMBRAPA-CNPA, 1993b. p.164.
- MISTRIC JÚNIOR, W.J.; COVINGTON, B.M. Effects of square removal on cotton production with reference to boll weevil damage. Journal of Economic Entomology, v.61, n.4, p.1060-1067, 1968.
- MORGAN, P.W.; DURHAM, J.I. Abscission: potentiating action of auxin transport inhibitors. Plant Physiology, v.50, p.313-318, 1972.

- MURAMOTO, H.; HESKETH, J.D.; ELMORE, C.D. Leaf growth, leaf aging, and leaf photosynthetic rates of cotton plants. In: BELTWISE COTTON PRODUCTION RESEARCH CONFERENCES, 1967. Dallas, Texas. Proceedings. Memphis: National Cotton Council, 1967. p.161-165.
- MUTSAERS, H.J.W. Growth and assimilate conversion of cotton bolls (Gossypium hirsutum L.). 1. Growth of fruits and substrate demand. Annals Botany, v.40. p.301-315, 1975.
- ORTOLANI, A.A.; SILVA, N.M. da. Clima das zonas algodoeiras do Brasil. In: Neves, O. da S. et al. Cultura e adubação do algodoeiro, São Paulo, SP: Instituto Brasileiro de Potassa, 1965. p. 235-253.
- PAGE, N.R.; BERGEAUX, P.J. Boron status and needs of the Southern region. Plant Food Review, v.7, p.12-17, 1961.
- PATTERSON, L.L.; BUXTON, D.R.; BRIGGS, R.E. Fruiting in cotton as affected by controlled boll set. Agronomy Journal, v.70 p.118-122. 1978.
- POWELL, R.D. Effect of temperature on boll set and development of Gossypium hirsutum. Cotton Growing Review, v.46. p29-36, 1969.
- RUMMEL, D.R.; CURRY, G.L. Dinâmica populacional e níveis de dano econômico. In: BARBOSA, S.; LUKEFAHR, M.J.; BRAGA SOBRINHO, R. O bicudo do algodoeiro. Brasília, DF: EMBRAPA-DDT, 1986. p.201-219.

- SAAD, S.I. Studies on the physiology of the cotton plant. III. Effect of shading, defoliation and debudding on development, flowering and shedding of the cotton plant. Proceedings Egypt Academic Science, v.7, p. 59-74, 1951.
- SATHE, B.V. Contribution of bracts in boll development of Gossypium hirsutum and Gossypium arboreum Cottons. Indian Journal of Plant Physiology, v.24, n.2, p.134-136, 1981.
- SOUZA, J.G. de; BELTRÃO, N.E. de M.; SILVA, J.V. da. Supressão da floração na assimilação, crescimento e nutrição mineral do algodoeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.19, n.11, p. 1327-1333, 1984.
- SOUZA, J.G. de; SILVA, J.V. da. Estudo do metabolismo no algodoeiro: II. Características fisiológicas de algodoeiros perene e anual. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB). Relatório Técnico Anual, 1985-1986. Campina Grande, 1988a. p.151-152.
- SOUZA, J.G. da; SILVA, J.V. da. Estudos fisiológicos sobre a produtividade do algodoeiro. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB) Relatório Técnico Anual, 1985-1986. Campina Grande, PB, 1988. p.153-157.

- SOUZA, J.G. de; SILVA, J.V. da. Atividades enzimáticas e partição de assimilados nos algodoeiros de folhas super-okra e normal. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB). Relatório Técnico Anual, 1990/1991. Campina Grande, 1992. p.169-171.
- STREET, H.E.; OPIK, H. Fisiologia das angiospermas: crescimento e desenvolvimento. São Paulo; SP: Polígono, 1974. 315p.
- THORNLEY, J.H.M.; HESKETH, J.D. Growth and respiration in cotton bolls. Journal Applied Ecology, v.9, p.315-317, 1972.
- TSUI, C. The role of zinc in auxin synthesis in the tomato plant. American Journal of Botany, v.35. p.172-179, 1948.
- VERHALEN, L.M.; MAMAGHANI, R.; MORRISON, W.C.; NENEW, R.W. Effect of blooming date on boll retention and fiber properties in cotton. Crop Science, v.15, p.47-52, 1975.
- WULLSCHLEGER, S.D.; OOSTERHUIS, D.M. Photosynthetic carbon production and use by developing cotton leaves and bolls. Crop Science, v.30, p.1259-1264, 1990.