

CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO ALGODOEIRO HERBÁCEO EM CONDIÇÕES DE ANOXIA DO MEIO EDÁFICO¹

OTÁVIO ÁLVARES DE ALMEIDA², NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÊDO BELTRÃO³
e HUGO ORLANDO CARVALHO GUERRA⁴

RESUMO - O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch.) é considerado planta sensível à deficiência de oxigênio no meio edáfico. Objetivando verificar e quantificar os efeitos da anoxia no crescimento, desenvolvimento e produção da malvácea em consideração, um experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação. Verificou-se que, independentemente da cultivar CNPA Precoce 1, de ciclo curto, e da CNPA 3H, de ciclo médio, o encharcamento do solo por um período de 120 horas, na fase de botão floral, reduziu a área foliar em 30%, e a fitomassa epigea, em 36%, com relação às testemunhas, além de reduzir a produção de algodão em caroço e em pluma, em 38 e 41%, respectivamente. Quando o estresse anoxítico ocorreu na fase de floração, não houve redução na área foliar; houve aumentos de 22% na altura das plantas e de 28% na fitomassa total das plantas. Neste caso, não houve redução na produção de algodão em caroço nem em pluma.

Termos para indexação: deficiência de oxigênio, *Gossypium hirsutum*, precocidade, produção, área foliar, altura da planta.

GROWTH, DEVELOPMENT AND FIBER PRODUCTION OF ANNUAL COTTON UNDER FLOODING CONDITION

ABSTRACT - Annual cotton is known to be a susceptible plant to oxygen deficit in the soil. The objective of this work was to investigate and evaluate the effects of oxygen shortage on the growth, development and fiber production of this malvaceous plant in greenhouse conditions. The results showed that, independently of the cotton cultivar, CNPA Precoce 1 (early - maturing cultivar) or CNPA 3H (later-one), soil drenching for a period of 120 hours (flower - bud stage) reduced the leaf area (30%) and the biomass yield (36%) in relation to the control (not flooded plants). This treatment reduced also the seed fiber yields by 38 and 41%, respectively. When the oxygen deficit occurred in the flowering stage, the leaf area was not affected; there were, instead, increases in the plant height (22%) and in the final biomass yield (28%). Under these conditions, no seed or fiber yield reductions were observed.

Index terms: oxygen deficit, *Gossypium hirsutum*, precocity, yield, leaf area, plant height.

INTRODUÇÃO

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch.) é uma planta considerada sensível ao estresse anoxítico no meio edáfico (Fisher & Hagan 1965, Hack 1970 e Hearn 1975), dependendo de uma série de fatores, como: estágio de crescimento, duração de estresse, estágio do desenvolvimento da cultura, tipo do solo etc. (Albert & Armstrong 1931, Tackett & Pearson 1964 e Huck 1970). Condições de

¹ Aceito para publicação em 10 de janeiro de 1992
Extraído da Dissertação apresentada pelo primeiro autor,
para obtenção do grau de Mestre, na UFPB.

² Eng. - Civil, M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (CNPMPF), Rua EMBRAPA s/nº, CEP 44380 Cruz das Almas, BA.

³ Eng. - Agr., Dr.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNPA), Rua Osvaldo Cruz, 1143, Caixa Postal 174, CEP 58107.720 Campina Grande, PB.

⁴ Eng. - Agr., Ph.D., Centro de Ciências e Tecnol. da Univ. Fed. da Paraíba (UFPB), Campina Grande, PB.

anoxia no meio edáfico, dependendo da magnitude, total ou parcial, e do tempo de duração do estresse, conduzem as plantas do algodoeiro a sofrerem várias alterações no metabolismo, que se refletem nas taxas de crescimento e diferenciação (desenvolvimento), podendo levar a variações nos níveis de produtividade agrícola. Neste particular, com uma variedade cultivada de *Gossypium arboreum*, Bharambe & Varade (1983) verificaram que com sete dias de alagamento do solo e as plantas com 35 dias da emergência, fase de botão floral, ocorreram várias modificações no metabolismo das plantas, tais como aumento de 54,6% no nível de prolina, redução de 67,8% na atividade da enzima-reductase do nitrato, e redução de 50% na porosidade das raízes, além do decréscimo de 60% na produção de frutos por planta. Outras alterações no metabolismo das plantas do algodoeiro têm sido observadas, quando ocorre deficiência ou ausência de oxigênio no solo, tais como redução na taxa de transpiração, fechamento de estômatos, redução da condutância foliar, redução nos teores de N, Ca, K e Cu, nas folhas e caule, aumento nos teores de P, B, Cl e Ra na parte aérea das plantas, além de outros (Meek et al. 1980, e Ower-Bartlett, citado por Bruyn 1982).

Com relação aos efeitos do encharcamento ou alagamento temporário do solo nos vários estágios de crescimento e estádios do desenvolvimento da planta do algodoeiro herbáceo nos componentes de produção e produção econômica, variável mais importante, as informações são poucas, e, no Brasil, quase nulas. Sobre os efeitos da anoxia temporária do solo nas qualidades tecnológicas da fibra, praticamente não há registros na literatura.

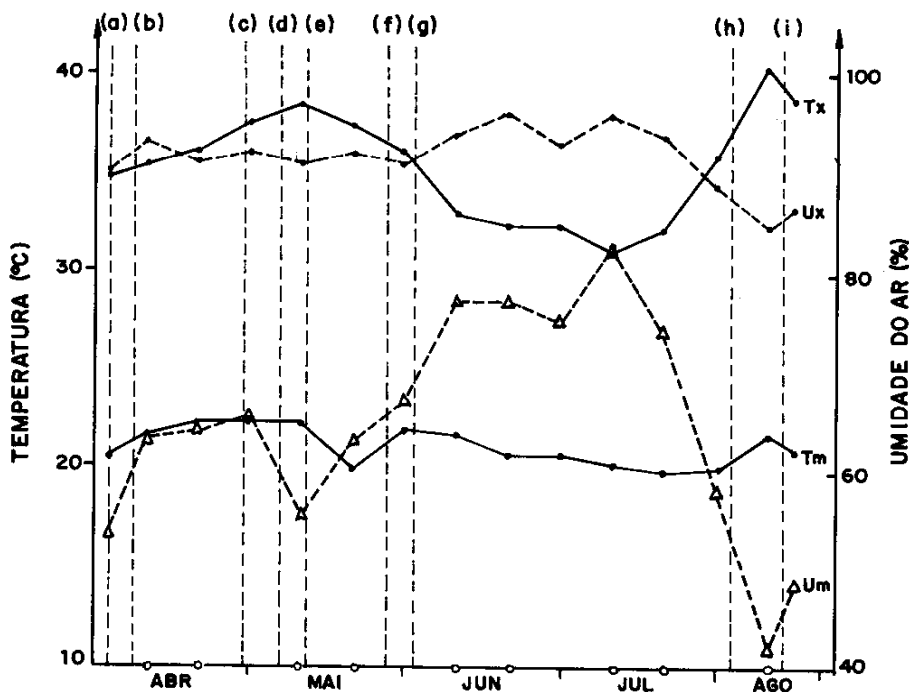
Considerando que o algodoeiro herbáceo poderá ser uma das grandes opções agrícolas para as áreas irrigadas do Nordeste; que dispõe de cerca de 4,7 milhões de hectares de terras I, II e III na classificação de capacidade de uso, passíveis de serem irrigadas (Silva et al. 1988); que é uma planta sensível ao encharcamento do solo, e que não existem, praticamente, informações sobre o assunto com as cultivares plantadas na região, realizou-se o presente trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, pertencente ao Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNPAs), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em Campina Grande, PB, no período de 02.04.87 a 13.08.87. A temperatura e a umidade relativa do ar foram medidas e registradas em um termogrógrafo, verificando-se as flutuações que podem ser observadas na Fig. 1, com médias das mínimas de temperatura do ar de 21,2°C e 65% de umidade relativa do ar (UR) e máxima de 35,7°C e 92% de UR. Como substrato edáfico utilizou-se um solo de natureza arenosa, com 56% de areia grossa, 33% de areia fina, 5% de silte, 6% de argila e 2,60 g/cm³ de densidade real. A curva de retenção de água do solo, determinada pelo método descrito por Richards (1941), é apresentada na Fig. 2. O material apresentou as seguintes características químicas: sem Al trocável, 120 ppm de fósforo "disponível", 540 ppm de potássio trocável, 2,9 meq/100 cm³ de Ca + Mg trocáveis e pH = 6,3 (em água), sendo as análises efetuadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do CNPA. Ao material do solo foi adicionado esterco de curral curtido, na proporção de 10:1, e a mistura foi passada em peneira de 2,0 mm e colocada em caixas de ferro galvanizado nº 20, com dimensões de 50 cm x 50 cm x 25 cm (62.500 cm³), com um dreno no fundo. Cada caixa foi enchida com o substrato até uma altura de 22 cm, deixando-se 3 cm livres para aplicar as lâminas de água.

A planta utilizada foi o algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch.), cultivares CNPA 3H e CNPA Precoce 1. A primeira, originou-se da linhagem CNPA 76/6873, obtida no Campo Experimental de Surubim, PE, resultante do cruzamento entre as cultivares Allen 333-57 e AFC 65-5236, ambos os progenitores originados da África Francesa; tem ciclo longo (140-160 dias) e hábito de crescimento indeterminado. A segunda, é o resultado da aclimação ao Nordeste brasileiro da linhagem GH 11-9-75, procedente dos Estados Unidos da América do Norte. Esta linhagem se deriva da "TAMCOT SP - 37", que foi obtida no Texas, no programa de melhoramento genético, visando resistência múltipla às adversidades e doenças do algodoeiro, e foi introduzida no Brasil em 1982, pelo Dr. Maurice James Lukefahr. Tem ciclo curto (90-110 dias) e hábito de crescimento determinado.

Em cada unidade experimental (caixa) foram semeadas 16 sementes (oito por cova), tratadas com Fenaminosulf + Quintozone [P - (dimetilamina)-ben-



LEGENDA:

Tx - Temperatura média das máximas
 Tm - Temperatura média das mínimas
 Ux - Umidade média das máximas
 Um - Umidade média das mínimas
 a - Semeadura
 b - Emergência
 c - Desbaste

d - Início do encharcamento na fase de botão floral
 e - Fim do encharcamento
 f - Início do encharcamento na fase de floração
 g - Fim do encharcamento
 h - Primeira colheita
 i - Segunda colheita

FIG. 1. Média das máximas e das mínimas da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%), por período de dez dias, durante o ciclo da cultura. Campina Grande, PB, 1987.

zenodiazio sulfonato de sódio (Fenaminosulf) 10% + Pentacloronitrobenzeno (Quintozone) 75%], para a proteção contra a podridão-do-colo (*Phyium* spp., *Rhizoctonia* spp.) e antracnose (*Colletotrichum gossypii*) na dosagem de 1.000 g/100 kg de semente.

Para assegurar plantas vigorosas, foi feito um pré-desbaste treze dias depois da sementeira, mantendo quatro plantas por caixa, e um desbaste final quatorze dias depois, deixando uma planta por setor, duas por unidade experimental.

O substrato foi adubado com a fórmula 90-60-0 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente, utilizando-se os adubos sulfato de amônio e superfosfato triplo. O N foi desdobrado em três doses de 30 kg/ha, sendo a primeira incorporada ao solo com a totalidade do P no momento da sementeira, à profundidade média de 6 cm. As outras duas doses foram aplicadas em cobertura, 27 e 55 dias após a sementeira, respectivamente no desbaste final e no início da floração. Estas aplicações foram feitas em sulcos, a 5 cm das plantas, de ambos os lados, e a 3 cm de profundidade média.

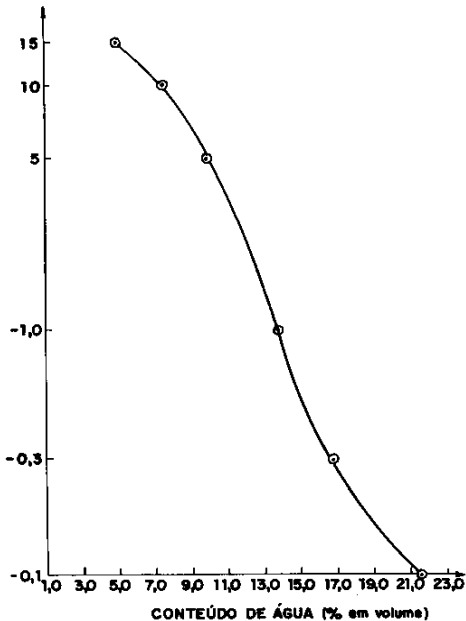


FIG. 2. Curva de retenção de água do material do solo. Campina Grande, PB. 1987.

Foram feitos três tratamentos fitossanitários, sendo dois com Deltamethrine [(S) - ciano - m - fenoxibenzil (1R, 3R) e - (2,2 dibromovinil) 2, 2 - dimetil ciclopropano carboxilato], na dosagem de 10 g/ha, contra o pulgão (*Aphis gossypii*, Glover) e o curuquerê (*Alabama argillacea*, Huebner), uma aplicação no desbaste final, e a outra, quinze dias depois, e um tratamento com Dimeton-S-Metil (Tiofosfato de 0,0-dimetil - S-2-etil-mercaptop - etila isômero tiol), na dosagem de 125 g/ha, contra o ácaro vermelho (*Tetranychus ludeeni*, Zacher), quando a cultura estava na fase de floração.

A umidade do solo desejada foi mantida através de irrigação manual utilizando um regador de plástico de cinco litros de capacidade. A quantidade de água aplicada em cada unidade experimental foi em função da variação do potencial matricial, determinado através de tensiômetros de mercúrio (Reichardt 1985). Por se tratar de um solo de natureza arenosa, o potencial matricial para a capacidade do campo foi estimado como sendo a umidade de 0,1 bar (Hillel 1982, Bernardo 1984, Daker 1984, Reichardt 1985), e as reposições de água foram feitas periodicamente, de forma a manter sempre o solo com uma umidade próxima à

capacidade de campo, o que correspondia a uma leitura de 9,6 cm de Hg.

Todas as unidades experimentais receberam uma primeira irrigação antes da semeadura, a fim de assegurar a umidade necessária para a germinação das sementes, bem como a incorporação no solo da adubação de base, tendo sido aplicada a última irrigação quando da abertura dos primeiros capulhos.

Foi utilizado o delineamento estatístico de blocos ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições, com esquema de análise fatorial 2 x 4, cujos fatores foram duas cultivares de algodoeiro herbáceo e quatro níveis de umidade de solo:

C₁ - cultivar CNPA 3H;

C₂ - cultivar CNPA Precoce 1;

E₀ - testemunha: as plantas foram mantidas do plantio à abertura dos primeiros capulhos com o nível de umidade na capacidade de campo;

E₁ - encharcamento do solo na fase de botão floral: as plantas foram mantidas encharcadas durante cinco dias após começarem a emitir os primeiros botões florais, e com a umidade do solo próxima à capacidade de campo nos demais períodos, até a abertura dos primeiros capulhos;

E₂ - encharcamento do solo na fase de floração: as plantas foram mantidas encharcadas durante cinco dias no início da emissão das primeiras flores e com a umidade do solo próxima à capacidade de campo nos demais estágios de crescimento, até a abertura dos primeiros capulhos; e

E₃ = encharcamento do solo nas fases de botão floral e de floração: as plantas foram mantidas encharcadas durante cinco dias após começarem a emitir os primeiros botões florais e, também, pelo mesmo período de tempo, quando iniciaram a emissão das primeiras flores, sendo mantidas com a umidade do solo próxima à capacidade de campo nos demais períodos até a abertura dos primeiros capulhos.

Foram computadas as seguintes variáveis:

- altura da planta, mensurada com o auxílio de régua graduada no início e término, e cinco dias depois dos encharcamentos, nas fases de botão floral e de floração e, ainda, quando da realização da primeira colheita (03.08.87);

- área foliar, determinada pelo método de Wendt (1967);

- fitomassa total, fitomassa epigea e hipógea, logo após a última colheita dos capulhos. Para tal, a fitomassa fresca foi colocada em estufa com ventilação, a

uma temperatura de 75°C, até o atingimento do peso constante. A fitomassa epígea, em função da senectude das folhas e posterior queda, envolveu somente o caule e os ramos frutíferos e vegetativos;

- número de capulhos por planta na primeira colheita e na final;
- peso de um capulho;
- peso de 100 sementes;
- produção de algodão em caroço e em pluma por planta, na primeira colheita, na segunda colheita e total colhido. A primeira colheita foi realizada quando cerca de 65% (média das repetições) dos frutos estavam abertos na Testemunha (CNPA Precoce 1, sem encharcamento);
- precocidade, pela relação primeira colheita/total colhido x 100;
- percentagem de fibra, obtida após o descarçoamento do algodão em caroço em máquina de rolo.

A qualidade da fibra, representada pelas principais características tecnológicas (resistência, uniformidade, finura e comprimento), foi determinada no Laboratório de Tecnologia de Fibras do CNPA, de acordo com as normas internacionais padronizadas para análise de fibra de algodão, citadas por Perkins Junior et al. (1984). O comprimento de fibra foi determinado em um fibrógrafo 530 Spin Lab, a SL 2,5% mm. Pela relação de comprimento a 50% e 2,5%, determinou-se a uniformidade, que é expressa em percentagem. A finura foi determinada em Fibronaire, marca Sheffield, e a resistência no Pressley, marca J.N. Doebrich Co., expressa em $\frac{Lb}{mg}$.

As análises estatísticas dos dados foram feitas segundo os métodos convencionais de comparação das variâncias pelo teste F, e dos contrastes entre médias duas a duas, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (Pimentel-Gomes 1982). Os dados originais da variável número de capulhos por planta foram transformados em \sqrt{x} , e os da relação fitomassa hipógea/epígea e precocidade foram transformados em $\arcsin \sqrt{x\%}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à variável altura da planta, verificou-se que os fatores estudados foram independentes, não havendo interação significativa entre eles. A partir da floração até a primeira colheita, observou-se que a cultivar CNPA 3H foi sempre mais alta que a CNPA Precoce 1, conforme pode ser verificado na Tabela 1. Tal

comportamento caracteriza o hábito de crescimento indeterminado da CNPA 3H, que investiu mais nos órgãos vegetativos que a CNPA Precoce 1, de curto período de floração e hábito de crescimento determinado. Com relação ao fator "encharcamento", verificou-se que na fase de botão floral não houve diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 1), fato que não ocorreu quando o estresse anoxítico foi implementado na fase de floração e na ocasião da primeira colheita, quando foi observada maior altura nas plantas submetidas ao estresse do encharcamento na fase de floração (Tabela 1).

No tocante à área foliar, observou-se, na Tabela 2, que o efeito da falta de oxigênio no meio edáfico foi rápido, pois com cinco dias do término do tratamento, encharcamento na fase de botão floral, a área foliar já foi significativamente menor que na testemunha, evidenciando que a anoxia reduziu a taxa de crescimento foliar, independentemente da cultivar de algodão, com diferenças no hábito de crescimento. Quando o encharcamento foi na fase de floração, não houve efeitos depressivos na área foliar. Conforme era esperado no final, por ocasião da primeira colheita, a CNPA Precoce 1 apresentou menor área foliar que a CNPA 3H, pois suas folhas são menores que as desta última cultivar, que também possui hábito de crescimento indeterminado.

Na Tabela 3 pode-se observar os resultados obtidos para fitomassa total, epígea e hipógea. Verifica-se que, quando o encharcamento foi na fase de botão floral, independentemente da cultivar, houve redução da fitomassa epígea das plantas, e o contrário ocorreu quando o estresse foi na fase de floração, fato que também ocorreu para as variáveis fitomassas hipógea e total. Verificou-se, ainda, que a relação entre a fitomassa hipógea e epígea não foi alterada pelas condições impostas às unidades experimentais.

Com referência aos componentes da produção, verificou-se, conforme pode ser visualizado na Tabela 4, que não houve diferenças significativas entre as cultivares, tanto na primeira colheita quanto no total colhido. Na primeira colheita, que é a mais importante, pois possui frutos mais velhos, maiores e de maior maturi-

TABELA 1. Média dos tratamentos da variável altura média das plantas (cm), antes, durante e depois do encharcamento, nas fases de botão floral e floração e na primeira colheita. Campina Grande, PB, 1987.

Fatores	Encharcamento em botão			Encharcamento em floração			Primeira colheita
	Antes	Durante	Depois	Antes	Durante	Depois	
Cultivares							
C ₁ (CNPA 3H)	43,62a	54,17a	63,42a	97,81a	108,56a	116,16a	129,88a
C ₂ (CNPA Precoce 1)	41,96a	49,62a	58,51a	88,22b	96,84b	101,78b	105,09b
Encharcamentos							
E ₀	43,19a	51,88a	63,75a	94,44ab	101,75ab	106,81ab	108,50bc
E ₁	41,19a	50,56a	58,46a	84,62b	92,62b	97,88b	102,50c
E ₂	-	-	-	104,12a	117,12a	124,75a	132,19a
E ₃	44,00a	53,25a	60,69a	88,88ab	99,31ab	106,44ab	126,75ab
Médias	42,79	51,90	60,97	93,02	102,70	108,97	117,48
CV (%)	11,07	13,19	13,43	12,14	12,50	12,89	14,47
DMS	-	-	-	15,77	17,93	19,62	23,70

Obs.: As condições antes, durante e depois referem-se ao dia do início do encharcamento, dia do término e cinco dias após o término dos encharcamentos, respectivamente.

- Em cada coluna e para cada fator, as médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.
- E₀ = Testemunha
- E₁ = Encharcamento na fase de botão
- E₂ = Encharcamento na fase de floração
- E₃ = Encharcamento nas fases de botão e floração.

dade, o encharcamento na fase de botão floral, independente da cultivar, reduziu significativamente o número de capulhos (Tabela 4), o que, sem dúvida, contribuiu para a redução da produção das plantas.

Considerando outro componente da produção, o peso médio de um capulho, verificou-se que na segunda colheita não houve influência dos tratamentos (Tabela 4). No entanto, na primeira colheita, com o que diz respeito ao peso de um capulho, houve interação significativa entre os fatores estudados, indicando que a cultivar CNPA 3H teve o peso de um capulho reduzido, com relação ao controle, quando o estresse anoxítico foi na fase de botão floral e diferiu, nesta mesma condição, do peso de um capulho da CNPA Precoce 1 (Tabela 5), o que indica que a cultivar de hábito de crescimento in-

determinado foi mais sensível à falta de oxigênio no solo na fase de iniciação da reprodução da planta.

A variável peso de 100 sementes não foi alterada pelos tratamentos do fator "encharcamento", conforme pode ser visto na Tabela 6, e que a CNPA Precoce 1 apresentou sementes mais pesadas (8%), que a CNPA 3H.

Considerando a produção de algodão em caroço (sementes + fibras), verificou-se que as cultivares, tanto na primeira colheita quanto no total colhido, não diferiram entre si (Tabela 6). No entanto, independentemente da cultivar, o estresse anoxítico por 120 horas no estágio de botão floral reduziu significativamente a produção de algodão em caroço, tanto na primeira colheita quanto no total colhido, e o mesmo ocorreu na produção de algodão em pluma

TABELA 2. Média dos tratamentos da variável área foliar média por planta (cm²) antes, durante e depois dos encharcamentos nas fases de botão floral e de floração e aos 80 dias da semeadura das plantas. Campina Grande, PB, 1987.

Fatores	Encharcamento em botão			Encharcamento em floração			80 dias da semeadura
	Antes	Durante	Depois	Antes	Durante	Depois	
Cultivares							
C ₁ (CNPA 3H)	1.188,59a	1.802,68a	2.735,68a	4.993,48a	6.559,62a	8.574,36a	11.749,45a
C ₂ (CNPA Precoce 1)	1.192,73a	1.866,54a	2.597,72a	4.579,36a	5.794,31b	7.835,25a	9.435,35b
Encharcamentos							
E ₀	1.166,30a	2.024,10a	3.345,49a	5.499,45a	6.950,68a	9.334,34a	11.112,64ab
E ₁	1.209,77a	1.677,78a	2.317,80b	3.822,30b	5.092,10b	6.495,86b	8.569,82b
E ₂	-	-	-	6.243,06a	8.074,54a	10.784,44a	12.559,85a
E ₃	1.195,90a	1.801,95a	2.336,81b	3.580,88b	4.590,54b	6.204,57b	10.127,28ab
Médias	1.190,66	1.834,61	2.666,70	4.786,43	6.176,96	8.204,80	10.592,40
CV (%)	25,89	17,28	19,53	17,67	13,14	20,24	17,80
DMS	-	-	675,80	1:181,16	1.133,65	2.318,67	2.633,71

Obs.: As condições **antes**, **durante** e **depois** referem-se ao dia do início do encharcamento, dia do término e cinco dias após o término dos encharcamentos, respectivamente.

- Em cada coluna e para cada fator, as médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

- E₀ = Testemunha

E₁ = Encharcamento na fase de botão

E₂ = Encharcamento na fase de floração

E₃ = Encharcamento nas fases de botão e floração.

(Tabela 6). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Hodgson (1982). Todavia, quando o estresse do encharcamento foi na fase de floração, não houve redução na produção, tanto de algodão em caroço quanto de algodão em fibra, conforme pode ser observado na Tabela 6, o que mostra que o estágio do desenvolvimento do algodão é um importante fator na resposta da planta-linhagem ("strain") ao estresse anoxítico, no meio edáfico. Na segunda colheita houve interação significativa entre os fatores estudados para a variável produção, sendo que a CNPA Precoce 1 foi bem mais sensível que a CNPA 3H, quando o estresse de oxigênio no solo foi na fase de botão floral (Tabela 7), possivelmente devido ao seu menor ciclo e maior precocidade que a CNPA 3H. Na Tabela 8 verifica-se que a cultivar CNPA Preco-

ce 1 foi bem mais precoce que a CNPA 3H, quando o estresse foi na fase de botão floral e no total (efeito médio), fato, aliás, esperado, pois aquela cultivar possui curto período de floração/frutificação. Por outro lado, a CNPA 3H somente teve sua precocidade alterada quando o estresse foi na fase de botão floral.

Além disso, verificou-se que a cultivar CNPA Precoce 1 apresentou, independentemente das condições de umidade do solo, raízes secundárias e terciárias bem mais superficiais que a CNPA 3H, conforme pode ser observado na Fig. 3. Como estas raízes são responsáveis pela absorção da água, dos nutrientes e do oxigênio molecular dissolvido no solo, e a principal via de entrada do oxigênio molecular no solo é por difusão (Grable 1966), quando o solo começou a secar (após a abertura dos drenos depois dos

TABELA 3. Média dos tratamentos das variáveis fitomassa epígea (g), hipógea (g) e total (g) e da relação fitomassa hipógea/epígea (%), obtidas na última colheita. Campina Grande, PB. 1987.

Fatores	Fito- massa epígea	Fito- massa hipógea	Fito- massa total	Relação fitomassa hipógea/ epígea
Cultivares				
C ₁ (CNPA 3H)	50,56a	20,27a	70,84a	39,94a
C ₂ (CNPA Precoce 1)	45,50b	20,02a	65,52a	41,89a
Encharcamentos				
E ₀	49,81b	15,39b	65,20b	33,74a
E ₁	36,62c	19,00ab	55,62b	46,59a
E ₂	63,56a	26,79a	90,35a	40,42a
E ₃	42,12bc	19,41ab	61,54b	42,92a
Médias	48,03	20,15	68,18	40,92
CV (%)	11,76	32,41	13,47	22,86
DMS	7,90	9,10	12,80	-

Obs.: Os dados originais da variável relação fitomassa hipógea/epígea, foram transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x\%}$.

- Em cada coluna e para cada fator, as médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

- E₀ = Testemunha

E₁ = Encharcamento na fase de botão

E₂ = Encharcamento na fase de floração

E₃ = Encharcamento nas fases de botão e floração

encharcamentos), as primeiras camadas receberam logo o oxigênio da atmosfera e, assim, a CNPA Precoce 1 pode ter sido beneficiada em função da superficialidade das suas raízes. Essa diferença, que, inclusive, foi estatisticamente significativa para o fator cultivar, deve ser de cunho genético, pois, conforme salienta Russell (1977), ocorrem diferenças varietais em várias espécies cultivadas.

Tais resultados se revestem de importância prática para o cultivo do algodoeiro irrigado, o que indica que o uso de uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado como a CNPA 3H, e a maioria das cultivares disponíveis atualmente, um manejo inadequado de água, levando a efeitos anoxiônicos na fase de botão

TABELA 4. Média dos tratamentos das variáveis número médio de capulho colhido por planta, na primeira colheita e total, e peso médio de um capulho por planta (g) na segunda colheita. Campina Grande, PB. 1987.

Fatores	Nº de capulhos		Peso médio de um capulho
	1ª colheita	Total	2ª colheita
Cultivares			
C ₁ (CNPA 3H)	3,10a	3,73a	4,41a
C ₂ (CNPA precoce 1)	3,06a	3,57a	4,23a
Encharcamentos			
E ₀	3,34ab	3,76ab	4,24a
E ₁	2,74c	3,38b	4,08a
E ₂	3,43a	4,07a	4,29a
E ₃	2,83bc	3,39b	4,68a
Média	3,08	3,65	4,32
CV (%)	12,28	8,07	17,92
DMS	0,53	0,41	-

Obs.: Dados originais da variável número médio de capulhos colhidos por planta foram transformados em \sqrt{x} .

- Em cada coluna e para cada fator, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

- E₀ = Testemunha

E₁ = Encharcamento na fase de botão floral

E₂ = Encharcamento na fase de floração

E₃ = Encharcamento nas fases de botão e floração

floral, poderão ampliar o período vegetativo da cultura, reduzindo a precocidade e, com isto, a cultura passará mais tempo no campo exposta às pragas e a outros fatores negativos que possam ocorrer.

Com referência à percentagem de fibra, verificou-se, conforme pode ser visualizado na Tabela 9, que não houve diferenças significativas entre as cultivares nem entre os encharcamentos.

Com relação às principais características tecnológicas das fibras, foi observado que não houve diferenças significativas para a resistência da fibra, considerando-se os dois fatores estudados, que foram independentes entre si.

Com respeito à uniformidade e à finura para

TABELA 5. Média dos tratamentos considerando-se os fatores cultivar e encharcamento e sua interação dos dados da variável peso médio de capulho por planta (g), na primeira colheita. Campina Grande, PB. 1987.

Cultivares	Encharcamentos				
	E ₀	E ₁	E ₂	E ₃	Média
C ₁ (CNPA 3H)	5,90aA	4,62bB	5,48abA	5,58abA	5,39B
C ₂ (CNPA precoce 1)	5,75aA	6,52aA	5,60aA	5,55aA	5,86A
Média	5,82a	5,57a	5,54a	5,56a	-

Obs.: DMS (E.d.C.) = 1,1

DMS (C.d.E.) = 0,8

- Em cada linha (encharcamento dentro de cultivares e suas médias), médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade. O mesmo ocorre para coluna (cultivar dentro de encharcamento e suas médias), com letras maiúsculas.

- E₀ = TestemunhaE₁ = Encharcamento na fase de botão floralE₂ = Encharcamento na fase de floraçãoE₃ = Encharcamento nas fases de botão e floração**TABELA 6. Média dos tratamentos das variáveis peso de 100 sementes (g), produção média por planta do algodão em caroço (g) na primeira colheita e total e produção média por planta de algodão em pluma (g). Campina Grande, PB. 1987.**

Fatores	Peso de 100 sementes (g)	Produção algodão em caroço (g)		Produção algodão em pluma (g)
		1ª colheita	Total	
Cultivares				
C ₁ (CNPA 3H)	11,06b	51,37a	71,49a	27,62a
C ₂ (CNPA precoce 1)	11,99a	54,00a	68,23a	26,37a
Encharcamentos				
E ₀	11,80a	64,91a	77,51a	30,39a
E ₁	11,31a	39,32b	56,16b	21,52b
E ₂	11,08a	65,29a	85,82a	33,42a
E ₃	11,92a	41,21b	59,96b	22,64b
Média	11,53	52,70	69,86	27,00
CV (%)	5,82	15,86	12,39	14,89
DMS	-	11,67	12,08	5,61

Obs.: Em cada coluna e para cada fator, as médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

- E₀ = TestemunhaE₁ = Encharcamento na fase de botãoE₂ = Encharcamento na fase de floraçãoE₃ = Encharcamento nas fases de botão e floração

o fator "cultivar", verificou-se (Tabela 9) que a CNPA Precoce 1 teve menor uniformidade de fibra e fibras mais finas, o que está dentro do esperado, tratando-se de um genótipo de curto período de frutificação. A redução da finura, decorrente do encharcamento na fase de botão floral (Tabela 9), está, possivelmente, associada a uma taxa maior de fibras imaturas, causada pelo aumento da precocidade. Com relação ao comprimento das fibras (Tabela 9), verificou-se que a CNPA Precoce 1 apresentou fibras mais longas, e que as plantas submetidas aos dois estresses anoxíticos, condição E₃, apresentaram fibras mais longas, independentemente das cultivares testadas.

Verificou-se, ainda, que as plantas do algodoeiro herbáceo, independentemente da cultivar e do estágio de desenvolvimento, responderam ao estresse anoxítico por 120 horas, com o aumento da área das lenticelas e com o surgimento de raízes adventícias, visando, possivelmente, reduzir os danos causados pela falta de oxigênio no solo, decorrente do processo fermentativo (Russell 1977), da produção de etanol (Bolton & Erickson 1979) e do desbalançamento hormonal (Brandford & Yang 1980). Na Fig. 4 podem ser observadas as excrescências lenticelares e raízes adventícias acima do colo

TABELA 7. Média dos tratamentos considerando-se os fatores cultivar e encharcamento e sua interação, dos dados da variável produção média por planta de algodão em caroço (g) na segunda colheita. Campina Grande, PB, 1987.

Fatores	Encharcamentos				Média
	E ₀	E ₁	E ₂	E ₃	
Cultivares					
C ₁ (CNPA 3H)	11,96aA	25,30bA	24,68bA	16,54aA	20,12A
C ₂ (CNPA precoce 1)	11,14aA	9,61aA	16,39aA	20,95aA	14,52B
Média	12,55a	17,46a	20,53a	18,74a	-

Obs.: DMS (E.d.C.) = 11,64

DMS (C.d.E.) = 8,66

- Em cada linha (encharcamento dentro de cultivares e suas médias), médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Tukey, a nível de 5% de probabilidade. O mesmo ocorre para coluna (cultivar dentro do encharcamento e suas médias), com letras maiúsculas.

- E₀ = Testemunha

E₁ = Encharcamento na fase de botão floral

E₂ = Encharcamento na fase de floração

E₃ = Encharcamento nas fases de botão e floração

TABELA 8. Média dos tratamentos, considerando-se os fatores cultivares e encharcamentos e sua interação, dos dados da variável precocidade (%). Campina Grande, PB, 1987.

Fatores	Encharcamentos				Média
	E ₀	E ₁	E ₂	E ₃	
Cultivares					
C ₁ (CNPA 3H)	67,2aA	48,5bB	58,2abA	57,1abA	57,7B
C ₂ (CNPA precoce 1)	67,0aA	67,6aA	64,0abA	54,3bA	63,2A
Média	67,0a	58,0b	61,1ab	55,7b	-

Obs.: DMS (E) = 7,76

DMS (E.d.C.) = 10,98

DMS (C.d.E.) = 8,17

- Os dados originais foram transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x\%}$.

- Em cada linha (encharcamento dentro de cultivares e suas médias), médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Tukey, a nível de 5% de probabilidade. O mesmo ocorre para coluna (cultivar dentro do encharcamento e suas médias), com letras maiúsculas.

- E₀ = Testemunha

E₁ = Encharcamento na fase de botão floral

E₂ = Encharcamento na fase de floração

E₃ = Encharcamento nas fases de botão e floração

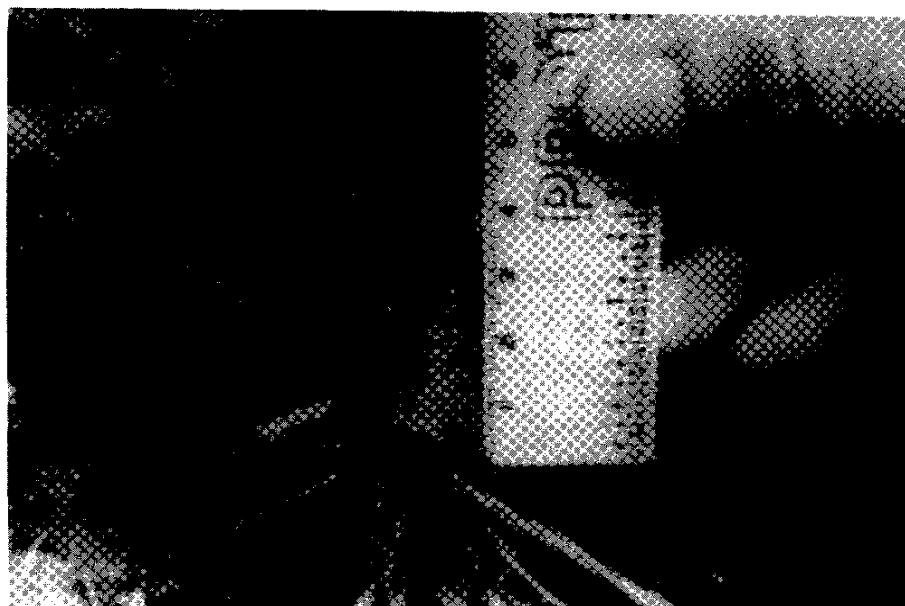
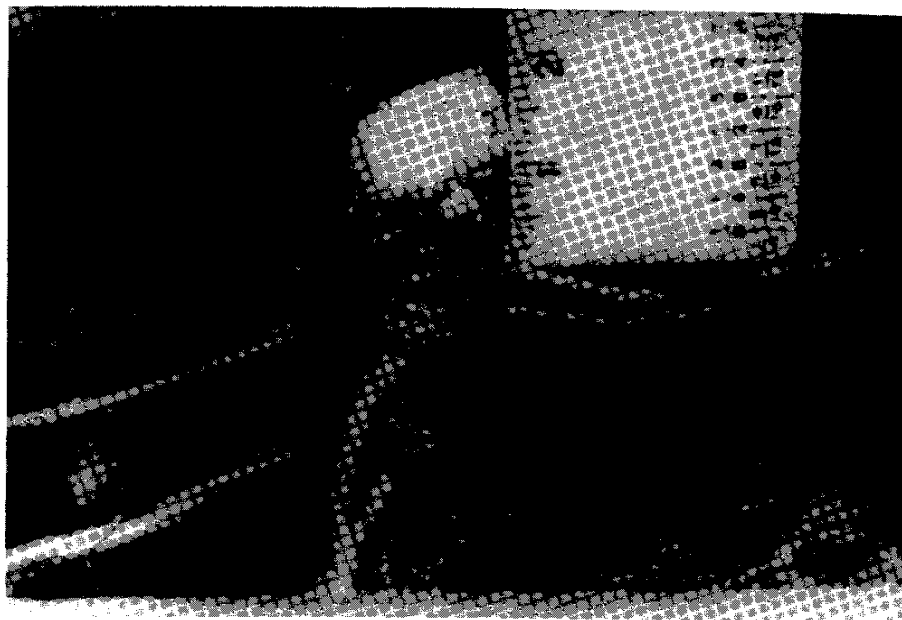


FIG. 3. Detalhes da iniciação das raízes secundárias do algodoeiro herbáceo, cultivares CNPA Precoce 1 (acima) e CNPA 3H (abaixo), independente das condições de anoxia no meio edáfico. Campina Grande, PB. 1987.

TABELA 9. Média dos tratamentos das percentagens de fibra (%), resistência (lb/mg), uniformidade de comprimento (SL 50/SL 2,5%), finura (Índice Micronaire) e comprimento de fibra (SL 2,5% mm). Campina Grande, PB. 1987.

Fatores	% de fibra	Resistência	Uniformidade	Finura	Comprimento
Cultivares					
C ₁ (CNPA 3H)	38,36a	7,10a	57,58a	4,52a	28,79b
C ₂ (CNPA precoce 1)	38,56a	7,22a	55,72b	3,93b	29,82a
Encharcamentos					
E ₀	39,08a	7,11a	56,71a	4,34ab	28,31b
E ₁	38,31a	7,09a	57,55a	3,76b	29,41ab
E ₂	38,91a	7,21a	56,00a	4,49a	28,84b
E ₃	37,54a	7,22a	56,34a	4,31ab	30,56a
Média	38,46	7,16	56,65	4,22	29,30
CV (%)	5,11	7,28	3,07	9,36	4,59
DMS	-	-	-	0,60	1,90

Obs.: Em cada linha e para cada fator, as médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

- E₀ = Testemunha

E₁ = Encharcamento na fase de botão

E₂ = Encharcamento na fase de floração

E₃ = Encharcamento nas fases de botão e floração

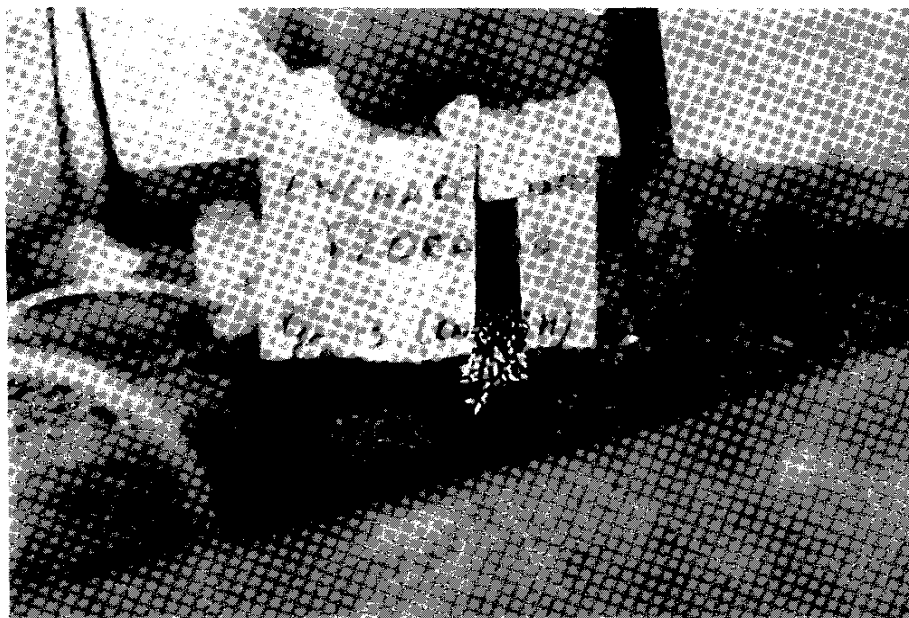


FIG. 4. Detalhes do surgimento de raízes adventícias acima da região do colo e ampliação da área das lenticelas no algodoeiro herbáceo submetido à falta de oxigênio no meio edáfico. Campina Grande, PB. 1987.

do algodoeiro herbáceo, cultivar CNPA 3H, submetida ao estresse anoxítico na fase de floração, sendo, possivelmente, um mecanismo de defesa da planta aos danos causados pela falta temporária de oxigênio no solo, elemento essencial para a respiração oxidativa mitocondrial dos biosistemas.

CONCLUSÕES

1. O algodoeiro herbáceo, representado pelas cultivares CNPA Precoce 1 e CNPA 3H, respectivamente de hábitos de crescimento determinado e indeterminado, é sensível à anoxia temporária do solo (120 horas), na fase de botão floral.

2. A falta de oxigênio no meio edáfico por um período de 120 horas na fase de botão floral possibilitou alterações significativas no algodoeiro herbáceo, tais como reduções de 30% na área foliar, 36% na fitomassa epigea, 38% na produção de algodão em caroço, e de 41% na produção de fibras com relação às testemunhas (CNPA 3H e CNPA Precoce 1 sem estresse anoxítico).

3. A precocidade da cultivar CNPA 3H foi reduzida em 27,8% com relação à testemunha, com o encharcamento do solo na fase de botão floral.

4. A falta temporária de oxigênio no solo (120 horas), na fase de floração, não reduziu a produção do algodoeiro herbáceo.

5. Das características tecnológicas da fibra, somente o comprimento foi alterado pela anoxia temporária do solo, aumentando em 7,4% em relação às testemunhas, quando foram permitidos estresses nas fases de botão floral e de floração nas mesmas plantas.

REFERÊNCIAS

- ALBERT, W.B.; ARMSTRONG, G.M. Effects of high soil and lack of soil aeration upon fruiting behaviour of young cotton plants. *Plant Physiology*, Bethesda, v.65, p.585-591, 1931.
- BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. 3. ed. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1984. 463p.
- BHARAMBE, P.R.; VARADE, S.B. Effect of water submergence periods on yield and biochemical change of cotton plant. *Indian Journal of Agricultural Science*, v.33, n.3, p.179-181, 1983.
- BOLTON, E.E.; ERICKSON, A.E. Ethanol concentration in tomato plants during soil flooding. *Agronomy Journal*, v.62, p.220-229, 1979.
- BRANDFORD, K.J.; YANG, S.F. Xylem transport of l-amino-cyclopropane - 1 - carboxylic acid, an ethylene precursor, in waterlogged tomato plants. *Plant Physiology*, v.65, p.322-326, 1980.
- BRUYN, L.P. de. The effect of over-irrigation on the growth and production of *Gossypium hirsutum*. *Irrigation Science*, v.3, p.177-184, 1982.
- DAKER, A. *Irrigação e drenagem: a água na agricultura*. 6. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 543p.
- FISHER, R.A.; HAGAN, R.M. Plant water relations. Irrigation management and crop yield. *Experimental Agriculture*, v.1, p.101-117, 1965.
- GRABLE, A.R. Soil aeration and plant growth. *Advances in Agronomy*, v.18, p.57-106, 1966.
- HACK, H.R.B. Emergence of crops in clay soils on the Central Sudan rainlands in relation to soil water and air-filled pore space. *Experimental Agriculture*, v.6, n.4, p.287-302, 1970.
- HEARN, A.B. Response of cotton to water and nitrogen in tropical environment. I. Frequency of watering and method of application of nitrogen. *Journal of Agricultural Science*, v.84, p.407-417, 1975.
- HILLEL, D. *Introduction to soil physics*. Orlando, Flórida: Acad. Pres., 1982. 364p.
- HODGSON, A.E. The effect of duration, timing and chemical amelioration of short-term waterlogging during furrow irrigation of cotton in a cracking grey clay. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.33, p.1019-1028, 1982.
- HUCK, M.G. Variation in taproot elongation rate as influenced by composition of the soil air. *Agronomy Journal*, v.62, p.818-828, 1970.
- MEEK, B.D.; OWEN-BERTLETT, E.C.; STOLZY, L.H.; LABANAUSKAS, C.K. Cotton yield and nutrient uptake in relation to water table depth. *Soil Science Society America Journal*, v.44, p.301-305, 1980.

- PERKINS JUNIOR, H.H.; ETHRIDGE, D.E.; BRAGG, C.K. Fiber. In: KOHEL, R.J.; LEWIS, C.F. *Cotton*. Madison, Wisconsin: USA, 1984. p.437-509.
- PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de Estatística Experimental*. Piracicaba: Nobel, 1982. 430p.
- REICHARDT, K. *Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera*. 4. ed. rev. e ampliada. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466p.
- RICHARDS, L.A. Pressure-membrane apparatus construction and use. *Agricultural Engineer*, v.28, p.451-454, 1941.
- RUSSELL, R.S. *Plant root systems: their function and interaction with the soil*. London: McGraw-Hill, 1977. 298p.
- Grande, PB: EMBRAPA-CNPA, 1988. 28p. (EMBRAPA-CNPA. Documentos, 35).
- SILVA, M.J. da; BELTRÃO, N.E. de M.; SANTOS, E.O. dos. *Perspectivas da irrigação na cultura algodoeira no Nordeste brasileiro*. Campina
- TACKETT, J.L.; PEARSON, R.W. Oxygen requirements of cotton seedling roots for penetration of compacted soil cores. *Soil Science Society of America Proceedings*, v.29, n.5, p.600-605, 1964.
- WENDT, C.W. Use of relationship between leaf length and leaf area to estimate the leaf area of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), Castors (*Ricinus communis* L.), and sorghum (*Sorghum vulgare* L.). *Agronomy Journal*, v.59, p.484-486, 1967.