

# MODIFICAÇÕES NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO ALGODOEIRO HERBÁCEO SOB SATURAÇÃO HÍDRICA DO SUBSTRATO EM CASA DE VEGETAÇÃO<sup>1</sup>

NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÊDO BELTRÃO, DEMÓSTENES MARCOS PEDROSA DE AZEVEDO<sup>2</sup>, LAUDEMIRO BALDOÍNO DA NÓBREGA e JOSÉ WELLINGTON DOS SANTOS<sup>3</sup>

**RESUMO** - Objetivando verificar e quantificar os efeitos da falta temporária de oxigênio no sistema radicular do algodoeiro herbáceo (*Gossypium* spp.) cultivar híbrido sintético, CNPA Acala I, produtora de fibra extra-longa e recomendada para o plantio em áreas irrigadas e em regiões de elevada precipitação pluvial, realizou-se a presente pesquisa, em condições de casa de vegetação. Verificou-se que a produção de algodão em caroço e a precocidade das plantas foram reduzidas significativamente, à medida que se aumentou o tempo do estresse anoxítico causado pelo encharcamento do substrato; a maior queda na precocidade ocorreu quando as plantas estavam com apenas duas folhas verdadeiras. Fato semelhante foi verificado com o número de capulhos por planta, que foi reduzido em 50% em comparação com a testemunha.

**Termos para indexação:** precocidade, produção de algodão em caroço, área foliar, fenologia, deficiência de oxigênio.

## CHANGES IN GROWTH AND DEVELOPMENT OF ANNUAL COTTON UNDER SUBSTRATE FLOODING CONDITIONS

**ABSTRACT** - To verify and quantify the effects of a temporary lack of oxygen in the root system of herbaceous cotton (*Gossypium* spp.), synthetic hybrid cultivar CNPA Acala I, producer of extra long fiber and recommended for planting in irrigated areas and in regions of high rainfall, the present research was done under greenhouse conditions. The results showed that production of cotton seed and plant precocity were significantly reduced with increase in flood stress caused by substrate waterlogging. The maximum precocity reduction was registered at the two-true-leaf stage of plants. The same occurred in the number of bolls per plant, which was reduced by 50% in comparison with the check.

**Index terms:** precocity, cotton production, leaf area, phenology, oxygen deficiency.

## INTRODUÇÃO

Entre as plantas cultivadas, uma das mais sensíveis ao estresse anoxítico no ambiente edáfico é o algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r.

*latifolium* Hutch.), que pode sofrer profundas alterações no metabolismo, com potencial de redução do crescimento e do desenvolvimento e, conseqüentemente, do rendimento econômico da planta (sementes + fibras). Em condições de anaerobiose edáfica, causada tanto pela saturação quanto por compactação, as raízes do algodoeiro não respiram oxidativamente, via mitocondrial, e a planta paralisa o crescimento, em especial o radicular (Tackett & Pearson, 1964; Huck, 1970). Entre as modificações causadas pela redução ou deficiência total de oxigênio no solo no metabolismo do algodoeiro, desta-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 26 de setembro de 1996.

<sup>2</sup> Eng. Agr., Dr., Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (CNP), Caixa Postal 174, CEP 58107-720 Campina Grande, PB.

<sup>3</sup> Eng. Agr., M.Sc., Embrapa-CNP.

cam-se o aumento do teor de prolina e a redução drástica da atividade da redutase no nitrato (Bharambe & Varade, 1983), o fechamento dos estômatos (Owen-Bartlett, citado por Bryn, 1982) com conseqüente redução da taxa de transpiração e murchamento foliar (Reicosky et al., 1985) e a redução dos teores de N, Ca, K e Cu nas folhas (Meek et al., 1980).

Os efeitos da saturação do solo na produção, componentes da produção e taxa de "shedding" das estruturas de reprodução do algodoeiro herbáceo, têm sido estudados por vários pesquisadores (Albert & Armstrong, 1931; Brown, 1938; Meek et al., 1980; Reicosky et al., 1985; Almeida et al., 1992). Na maioria dos estudos têm-se, até o presente, pesquisado os efeitos da deficiência ou ausência temporária do oxigênio no solo sem a verificação simultânea de fatores que podem interferir na capacidade da planta do algodoeiro herbáceo de resistir ao estresse anoxítico. Entre tais fatores destacam-se o tempo de duração do estresse e o estágio de desenvolvimento das plantas, além da cultivar e das condições do ambiente (Bolton & Erickson, 1970).

Visou-se, neste trabalho, estudar os efeitos isolados e conjuntos dos fatores duração do estresse anoxítico, e o estágio de desenvolvimento do algodoeiro herbáceo na produção, nos componentes da produção e na fenologia desta malvácea.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação do CNPA-Embrapa, em Campina Grande, PB, em 1987.

A temperatura (T) e a umidade relativa (UR) do ar locais foram medidas e registradas em um termômetro gráfico.

Foram observados valores médios, durante a condução do ensaio, de 21°C de temperatura (mínima) e 37,2°C (máxima) e UR 92%, ou seja, dentro dos limites favoráveis para o crescimento e o desenvolvimento do algodoeiro (Ortolani & Silva, 1965).

Como substrato edáfico, utilizou-se material de um solo de textura arenosa, identificado como Regossolo (Brasil, 1972) oriundo do município de Campina Grande, PB. Ao solo, passado em peneira de 2,0 mm, adicionou-se esterco de curral curtido, na proporção de 10% em relação ao volume de solo.

Os atributos físicos e químicos do material do solo utilizado antes e depois da colocação do esterco e dos fertilizantes químicos encontram-se na Tabela I e nas dosagens de 90, 60 e 30 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, utilizando-se, como fontes, os adubos sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio. O N foi parcelado, sendo aplicados 30 kg/ha no plantio e 60 kg/ha aos 40 dias da emergência. O P e 1/3 do N e K foram colocados entre 3 a 4 cm ao lado das sementes e a 5 cm de profundidade. O substrato edáfico preparado foi colocado em caixas de ferro galvanizado nº 20, com dimensões de 50x50x25 cm (62.500 cm<sup>3</sup>) com um dreno no fundo e abertura controlada. As caixas foram enchidas com o substrato até a altura de 22 cm, deixando-se 3 cm livres para aplicação das lâminas de água. Em cada caixa foram semeadas 16 sementes, oito em cada caixa, e tratadas com fungicidas, mistura de fenamosulf + quintozone nas proporções de 10 e 75%, na dosagem de 1 kg/100 kg de sementes. Após o desbaste, ficaram duas plantas/caixa. Os atributos físicos e químicos do material do solo utilizado como substrato no experimento encontram-se na Tabela I.

A cultivar utilizada foi a CNPA Acala 1, de composição genética complexa, envolvendo quatro espécies do gênero (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium*, *Gossypium barbadense*, *Gossypium thurberi* e *Gossypium nankim*) de ciclo médio, crescimento indeterminado, e produtora de fibra extra-longa, de elevada resistência e bom grau de finura, recomendada para plantios em condições de irrigação e de sequeiro com boa pluviosidade, acima de 1.000 mm, bem distribuídos no período do cultivo. Foram realizadas três pulverizações com inseticidas-acaricidas, para controle do pulgão (*Aphis gossypii* Glover), do curuquerê (*Alabama argillacea* Hübner) e do ácaro-vermelho (*Tetranychus ludeni* Zacher) com produtos e dosagens recomendados por Bleicher & Jesus (1983). Com exceção dos períodos de saturação do meio edáfico, que variaram com os tratamentos, a umidade foi mantida próximo à capacidade de campo, tendo-se como base o valor, em relação ao volume, equivalente ao potencial matricial de 0,1 bar, e o monitoramento, feito por tensiômetro de mercúrio (Reichardt, 1985).

Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, com três repetições e 17 tratamentos, com esquema fatorial 4x4 + 1, cujos fatores foram: quatro estádios do desenvolvimento (plantas com duas folhas verdadeiras, plantas com quatro folhas verdadeiras, plantas em fase de botão floral e plantas no início de floração) e quatro períodos de tempo de saturação do substrato edáfico (dois, quatro, seis e oito dias) além de uma testemunha absoluta, sem saturação.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: período de tempo decorrido da emergência das plantas ao aparecimento da primeira flor e do primeiro capulho, número de capulhos

**TABELA 1.** Atributos físicos e químicos do material de solo utilizado como substrato no experimento. Campina Grande, PB, 1987.

Atributos	Unidade de expressão	Condição	
		Natural	Após a adição de esterco e adubos químicos
Fósforo disponível	ppm	9,0	50,00
Potássio trocável	ppm	94,0	470,00
Cálcio+magnésio trocáveis	meq/100 cm <sup>3</sup>	2,7	4,20
pH	-	5,9	6,3
Matéria orgânica	%	1,15	1,96
Areia grossa	%	60,0	58,0
Areia fina	%	29,0	30,0
Silte	%	10,0	10,0
Argila	%	1,0	1,0
Densidade aparente	g/cm <sup>3</sup>	1,62	1,60
Densidade real	g/cm <sup>3</sup>	2,56	2,56
Capacidade de campo	% H <sub>2</sub> O (volume)	7,01	8,99
Ponto de murcha	% H <sub>2</sub> O (volume)	2,60	3,57
Condutividade elétrica	mmho/cm	0,74	2,43

por planta, altura da planta e diâmetro caulinar por ocasião da primeira colheita, fitomassa epigéia e área foliar por planta aos 80 dias da emergência, determinada pelo método de Wendt (1967), além de porcentagem de fibra, precocidade pela relação entre a primeira colheita e o total colhido, expressa em porcentagem, e rendimento de algodão em caroço.

Para a maioria das variáveis analisadas, foram aplicados o teste F e o de Tukey, a 5% de probabilidade (Pimentel-Gomes, 1982).

Os dados das variáveis produção total de algodão em caroço por planta, precocidade e peso de um capulho, foram tratados quantitativamente, via modelo polinomial quadrático (Paniago et al., 1987).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Podem-se observar, na Tabela 2, os resultados das análises de variância, período de tempo decorrido para o aparecimento da primeira flor, do primeiro capulho, número de capulhos por planta, porcentagem de fibra, altura da planta, diâmetro caulinar, área foliar e fitomassa epigéia. Verifica-se, ainda, que houve interação significativa entre os fatores estudados no tocante às três primeiras variáveis. Com relação

ao período de tempo decorrido entre a emergência das plantas e o aparecimento da primeira flor, observou-se que, quando as plantas estavam nos estádios de duas e quatro folhas verdadeiras, na medida em que o tempo do estresse anoxítico no meio radicular aumentou, houve ampliação do período de floração das plantas, com uma diferença de dez dias no primeiro estágio, e de 15 dias no segundo, o que indica que a duração do estresse causa dano ao metabolismo vegetal, e que este dano depende do estágio de desenvolvimento da planta, pois no estágio de botão floral houve uma inversão, ou seja, o aumento do tempo de estresse e o período da floração foram reduzidos, conforme pode ser visualizado na Tabela 3.

Fato semelhante ocorreu com relação à variável "tempo decorrido para o aparecimento do primeiro capulho", conforme pode ser observado na Tabela 4, com redução ainda maior quando o estresse anoxítico ocorreu na fase de floração, especialmente quando os períodos de falta de oxigênio nas raízes foram de seis e oito dias. Observou-se que no tratamento-testemunha absoluta, as plantas abriram o primeiro capulho, em média, aos 92 dias da emergência, contra 102 dias dos demais, média do fatorial.

**TABELA 2.** Resumo das análises de variância do tempo para o aparecimento da primeira flor (em dias da emergência); tempo para o aparecimento do primeiro capulho (em dias da emergência) e número de capulhos por planta, percentagem de fibra, altura da planta (cm), área foliar (cm<sup>2</sup>) e fitomassa epigéa (g). Campina Grande, PB, 1987.

Fonte de variação	G.L. <sup>1</sup>	Quadrado médio							
		Aparec. da 1ª flor <sup>2</sup>	Aparec. 1º capulho <sup>2</sup>	Número de capulhos <sup>2</sup>	% Fibra	Altura planta	Diâmetro caulinar	Área foliar	Fitomassa epigéa
Blocos	2	0,0161 ns	0,0105 ns	0,3678 ns	10,03 ns	49,08 ns	0,19 ns	2.397.965,00 ns	565,82 ns
Estádios de desenvolvimento (ED)	3	0,4103**	0,2174**	0,5024 ns	12,81 ns	116,63 ns	0,88 ns	5.206.913,46**	674,33 ns
Período de saturação (PS)	3	0,4342**	0,6769**	0,2008*	2,22 ns	134,96 ns	0,52 ns	2.018.416,18 ns	474,28 ns
ED x PS	9	0,3036**	0,1037**	0,9163*	4,48 ns	96,06 ns	1,05 ns	1.005.761,52 ns	475,68 ns
Testemunha vs fatorial	1	0,5001**	0,6205**	0,8094 ns	10,44 ns	96,76 ns	0,31 ns	3.251.957,35 ns	824,02 ns
Tratamentos	16	0,3604**	0,2648**	0,8854*	5,99 ns	107,25 ns	0,87 ns	2.123.737,50*	534,44 ns
Resíduo	32	0,0380	0,0178	0,4056	12,43	61,08	0,49	851.159,38	488,49
C.V. (%)		2,78	1,32	19,30	10,72	8,93	7,06	16,16	20,66

<sup>1</sup> Considerando-se a variável aparecimento da primeira flor, os graus de liberdade do fator estágio de desenvolvimento, do resíduo e total, foram menores, pois não ocorreu estágio floração.

<sup>2</sup> Dados originais transformados em X<sup>0,5</sup>.

ns = não-significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

\* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

\*\* = significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

**TABELA 3.** Efeitos do período de saturação e estádios de desenvolvimento sobre o aparecimento da primeira flor (dias após a emergência). Campina Grande, PB, 1987.

Estádio de desenvolvimento	Período de saturação			
	2 dias	4 dias	6 dias	8 dias
Planta com 2 folhas verdadeiras	6,77 cAB	6,90 bcA	7,17 abA	7,47 aA
Planta com 4 folhas verdadeiras	6,53 cB	6,97 bA	7,53 aA	7,63 aA
Planta na fase de botão floral	7,03 bcA	7,17 abA	7,43 aA	6,73 cB

<sup>1</sup> Dados originais transformados em X<sup>0,5</sup>; em cada linha, médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; em cada coluna, médias seguidas de letras maiúsculas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação à variável "número de capulhos por planta", um dos principais componentes da produção, verificou-se interação significativa entre os fatores estudados, sendo que redução drástica e significativa ocorreu no estágio de duas folhas verdadeiras e com estresses mais prolongados, especialmente de oito dias de duração (Tabela 5). Neste caso, estando as plantas ainda muito novas, com mecanis-

**TABELA 4.** Efeitos do período de saturação e estádio de desenvolvimento sobre o tempo para o aparecimento do primeiro capulho (dias após a emergência)<sup>1</sup>. Campina Grande, PB, 1987.

Estádio de desenvolvimento	Período de saturação			
	2 dias	4 dias	6 dias	8 dias
Planta com 2 folhas verdadeiras	9,83 bA	10,00 bA	10,33 aAB	10,53 aAB
Planta com 4 folhas verdadeiras	9,73 bA	9,93 bA	10,50 aA	10,67 aA
Planta na fase de botão floral	9,93 bA	10,03 bA	10,23 aB	10,27 aB
Planta na fase de floração	9,83 aA	9,97 aA	9,87 aC	9,90 aC

<sup>1</sup> Dados originais transformados em X<sup>0,5</sup>; em cada linha, médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey.

mos de reparabilidade metabólica em possível formação, os danos são irreversíveis pois, não tendo oxigênio para a respiração radicular, que, segundo Scott & Evans (1955), desaparece depois de dez horas de saturação do solo, as raízes começam a respirar anaerobicamente, o que, além de produzir pouca energia na forma de ATP e NADH<sub>2</sub> permite, via fermentação alcoólica, com a participação da

**TABELA 5.** Efeitos do período de saturação e estádios de desenvolvimento sobre o número de capulhos por planta<sup>1</sup>. Campina Grande, PB, 1987.

Estádio de desenvolvimento	Período de saturação			
	2 dias	4 dias	6 dias	8 dias
Planta com 2 folhas verdadeiras	4,37 aA	3,53 abA	2,83 bA	2,43 bB
Planta com 4 folhas verdadeiras	3,40 aA	2,93 aA	2,67 aA	2,73 aAB
Planta na fase de botão floral	3,87 aA	2,89 aA	3,17 aA	3,37 aAB
Planta na fase de floração	3,17 aA	2,77 aA	3,70 aA	3,97 aA

<sup>1</sup> Dados originais transformados em  $X^{0,5}$ ; em cada linha, médias seguidas por letras minúsculas iguais, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade; em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey.

desidrogenase alcoólica (Amorim, 1979), a produção de etanol, que é tóxico às membranas celulares.

Ainda na Tabela 2, têm-se os resumos das análises de variância dos dados das variáveis percentagem de fibra, altura de planta, diâmetro caulinar, área foliar e fitomassa epigéia por espécie. Verifica-se que não houve efeitos significativos em relação às fontes de variação estudadas, exceto quanto ao estádio de desenvolvimento e o período, considerando-se a variável área foliar. A área foliar foi sensivelmente reduzida quando o estresse anoxítico ocorreu na fase de floração, independentemente do tempo de duração do estresse, conforme pode ser observado na Tabela 6. A percentagem de fibra média do experimento foi de 33%, com a testemunha absoluta atingindo 34,7%, embora sem diferenças significativas dos demais tratamentos. As plantas, independentemente das condições impostas às unidades experimentais atingiram, por ocasião da primeira colheita, a altura média de 87,5 cm e 9,9 mm de diâmetro caulinar.

Com respeito à variável peso de capulho, foi obtida uma equação de regressão múltipla com coeficiente de determinação de 81,61%, com a seguinte equação:

$$Z = 6,292 - 0,078x - 0,856y + 0,00043x^2 + 0,0454y^2 + 0,016xy$$

sendo x o tempo fenológico da planta da emergência à floração, em dias, e y a duração, em dias, do estresse anoxítico. Verifica-se que a relação é

**TABELA 6.** Efeito do estádio de desenvolvimento da planta e do período de saturação sobre a área foliar ( $\text{cm}^2/\text{planta}$ ) aos 80 dias da emergência das plantas de algodoeiro herbáceo. Campina Grande, PB, 1987.

Fator	Área foliar
Estádios do desenvolvimento	
Plantas com duas folhas verdadeiras	6.409,8 A
Plantas com quatro folhas verdadeiras	6.705,2 A
Plantas na fase de floração	5.255,0 B
Plantas na fase de botão floral	5.711,8 AB
Períodos de saturação	
2 dias	6.593,4 A
4 dias	5.728,4 A
6 dias	5.719,4 A
8 dias	6.040,7 A
Médias	6.084,6
CV (%)	15,16

<sup>1</sup> Para cada fator, as médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

interativa e que a duração do estresse tem forte participação na redução do peso do capulho. Sem o estresse anoxítico, o peso de um capulho foi de 6,29 g, conforme pode ser observado nesta equação.

Considerando-se a precocidade, verifica-se, na Fig. 1, que a relação desta variável com as variáveis tempo fenológico da planta (x) e tempo de duração do estresse anoxítico no meio edáfico (y) foi de natureza interativa, sendo que a precocidade foi sendo reduzida à medida que se aumentou o tempo de duração do estresse, e foi menor quando as plantas estavam menores, mais jovens. A testemunha absoluta teve precocidade maior que 60% contra a média do fatorial de apenas 46%, o que indica que a falta de oxigênio nas raízes promove modificações intensas na planta, que se refletem no crescimento e no desenvolvimento vegetal. O algodoeiro herbáceo, sendo planta sensível ao estresse anoxítico no meio edáfico, sofre grandes alterações no metabolismo, que depende da duração do estresse e da época de aplicação do referido estresse.

Mesmo com pouco tempo de anoxia, cerca de dois a quatro dias, fato que pode ocorrer, na prática, com uma irrigação inadequada ou precipitações intensas em áreas sujeitas à saturação do solo, devido à baixa drenagem e a outros fatores, ocorre fechamento de

estômatos com redução na taxa transpiratória, com murchamento foliar, em face da redução do potencial hídrico (Reicosky et al., 1985), conforme pode ser observado na comparação entre as plantas das Figs. 2 e 3; devido à falta de oxigênio, a redução na taxa de absorção de nutrientes é drástica, em especial para o nitrogênio (Meek et al., 1980). As plantas tornam-se cloróticas e há redução na fotossíntese, devido ao fechamento dos estômatos, à redução do crescimento e ao atraso do desenvolvimento (Fig. 3). A produção econômica da planta, envolvendo fibra + sementes, foi alterada pelo estresse anoxítico, tendo a relação de dependência das variáveis independentes "tempo do estágio fenológico das plantas" (x) e o "tempo de duração do estresse" (y) configurada na equação e que podem ser observadas na Fig. 4. Verifica-se que até a fase de produção de botões florais, média de 25 dias da emergência das plantas, à medida que se aumentou o tempo de duração do estresse, houve maior redução na produção, e, a partir daquele momento fenológico, as plantas ficaram mais resistentes ao estresse anoxítico. A produção da planta, que é resultado do seu complexo metabolismo, envolvendo produção e consumo de energia, via fotossíntese e respiração, síntese de proteínas, partição de assimilados e envolvimento hormonal, pode ser, assim, reduzida pelo estresse anoxítico, dependendo de sua magnitude e do estágio fenológico da cultura. Dependendo da cultivar, como o caso da Deltaphine 16, o estresse anoxítico pode reduzir a produção em mais de 18% (Hodgson, 1982) com apenas 32 horas de falta de oxigênio nas raízes, na fase de botões florais, ou mais, cerca de 38% com estresse de 120 horas na mesma fase do desenvolvimento (Almeida et al., 1992).

### CONCLUSÕES

1. O algodoeiro herbáceo, mesmo representado por uma cultivar sintetizada para o cultivo em regiões mais chuvosas e em regime de irrigação, como é o caso da CNPA Acala 1, é sensível ao estresse anoxítico do meio edáfico, e os danos dependem da duração do estresse e do estágio de desenvolvimento das plantas.

2. A produção econômica da planta, envolvendo fibras + sementes, é reduzida em até 40%, dependendo da duração do estresse e do estágio fenológico da cultura.

3. O número de capulhos por planta e o peso de um capulho são reduzidos pelo estresse anoxítico causado pelo encharcamento, com magnitudes variáveis, dependendo da duração do estresse e do estágio de desenvolvimento das plantas.

### REFERÊNCIAS

- ALBERT, W.B.; ARMSTRONG, G.M. Effects of high soil moisture and lack of soil aeration upon fruiting behaviour of young cotton plants. *Plant Physiology*, v.65, p.585-591, 1931.
- ALMEIDA, O.A. de.; BELTRÃO, N.E. de M.; GUERRA, H.O.C. Crescimento, desenvolvimento e produção do algodoeiro herbáceo em condições de anoxia do meio edáfico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.27, n.9, p.1259-1272, 1992.
- AMORIM, H.V. de. Respiração. In: FERRI, M.G. (Coord.). *Fisiologia Vegetal*. São Paulo: EPU/EDUSP, 1979. p.249-277.
- BHARAMBE, P.R.; VARADE, S.B. Effect of water submergence periods on yield and biochemical changes of cotton plant. *Indian Journal of Agricultural Science*, v.53, n.3, p.179-181, 1983.
- BLEICHER, E.; JESUS, F.M.M. de. Manejo das pragas do algodoeiro herbáceo para o Nordeste brasileiro. Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1983. 26p. (Embrapa-CNPA. Circular Técnica, 8).
- BOLTON, E.F.; ERICKSON, A.E. Ethanol concentration in tomato plants during soil flooding. *Agronomy Journal*, v.62, p.220-229, 1970.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. *Levantamento exploratório: reconhecimento dos solos do Estado da Paraíba*. Rio de Janeiro, 1972. 683p. (Boletim Técnico, 15).
- BROWN, H.B. *Cotton*. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1938. 592p.

- BRYN, L.P. de. The effect of over-irrigation on the growth and production of *Gossypium hirsutum*. *Irrigation Science*, v.3, p.177-184, 1982.
- 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-BARTLETT, E.C.; STOLZY, L.H.; LABANAUSKAS, C.K. Cotton yield and nutrient uptake in relation to water table depth. *Soil Science Society of America Journal*, v.44, n.2, p.301-305, 1980.
- ORTOLANI, A.A.; SILVA, N.M. da. Clima das zonas algodoeiras do Brasil. In: NEVES, O. da S. *Cultura e adubação do algodoeiro*. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa, 1965. p.235-253.
- PANIAGO, C.F.A.; ANDRADE, D.F. de; TSURUTA, J.H. *Software científico-SOC/NTIA*. Campinas: Embrapa-CNPTIA, 1987.
- PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de Estatística Experimental*. Piracicaba: Nobel, 1982. 430p.
- REICHARDT, K. *Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera*. 4.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466p.
- REICOSKY, D.C.; MEYER, W.S.; SHAEFER, N.L.; SIDES, R.D. Cotton response to short-term waterlogging imposed with a water-table gradient facility. *Agricultural Water Management*, v.10, p.127-143, 1985.
- SCOTT, A.D.; EVANS, D.D. Dissolved oxygen in saturated soil. *Soil Science Society of America Journal*, v.19, n.1, p.7-12, 1955.
- 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.28, 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.), and Sorghum (*Sorghum vulgare* L.). *Agronomy Journal*, v.29, p.484-486, 1967.