

Comportamento produtivo de genótipos de algodão sob condições salinas

Aleksandra Gomes Jácome^{1*}, Rosa Honorato de Oliveira², Pedro Dantas Fernandes³ e Antônio Carlos Andrade Gonçalves¹

¹Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

²Unesp, C.P. 237, 18603-970. Unesp/FCA, Botucatu, São Paulo, Brasil. ³DEAg-CCT-UFPA, C.P. 10087, 58109-275, Campina Grande, Paraíba, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: agjacom@bol.com.br

RESUMO. A salinização dos solos tem resultado na redução da produtividade das culturas das áreas irrigadas principalmente no semi-árido do Nordeste. Este trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade de cinco genótipos de algodão (CNPA Precoce 1, CNPA Precoce 2, CNPA 7H, CNPA Acala 93/15 e Embrapa 113-Algodão.7MH) expostos a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0 dS m⁻¹ à 25°C), em experimento conduzido em casa-de-vegetação. Adotou-se o esquema fatorial 5 x 5, em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Foram analisadas as variáveis: número e fitomassa de capulhos, peso de algodão em caroço, peso de pluma, peso de 100 sementes e percentagem de fibra. Os resultados obtidos indicam ser o algodoeiro sensível à salinidade, o que foi expresso pelas variáveis número e fitomassa de capulhos, peso de algodão em caroço e peso de pluma. Entre os genótipos, a cultivar CNPA Precoce 2 tem uma tendência a ser mais sensível ao estresse salino. Enquanto a cultivar CNPA 7H foi a mais tolerante, sendo seguida em ordem decrescente pela Embrapa 113-Algodão 7MH, CNPA Acala 93/15 e CNPA Precoce 1.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*, estresse salino, produtividade.

ABSTRACT. Productive behavior of cotton genotypes irrigated with salt water.

Salinity of soil all over the drought Brazilian Northeast has caused low agricultural productivity of irrigated cultures. The aim of this research was to study five cotton genotypes (CNPA Precoce 1, CNPA Precoce 2, CNPA 7H, CNPA Acala 93/15 and Embrapa 113-Algodão 7MH) exposed to different amounts of salt (2.0, 4.0, 6.0, 8.0 and 10.0 dS/m⁻¹ under 25°C), cultivated in a greenhouse. It has been used different amounts of salt degree and different genotypes. The factor 5 x 5 has been adopted and three repetitions under total random delineation. Analysis was applied to the following variables: total height, fiber number and matter weight, yield fiber weight, plume weight, 100 seeds weight and fiber percentage. Results obtained in this research show how sensitive cotton yield is to amounts of salt in irrigation according to the variation of yield, with emphasis on fiber number and matter weight, yield fiber weight and plume weight which occurred over all groups of genotypes. Among these, cultivar CNPA Precoce 2 has suffered stronger effects to salt contents. The genotype CNPA 7H was the most tolerant.

Key words: *Gossypium hirsutum*, saline stress, yield.

Introdução

O uso da irrigação tem contribuído significativamente para o aumento da produção agrícola e incorporação ao sistema produtivo de áreas cujo potencial para exploração da agricultura é limitado em função de seus regimes pluviométricos. Entretanto, a irrigação tem gerado vários problemas ao meio ambiente, principalmente a salinização do solo (Rhoades *et al.*, 1992).

As regiões semi-áridas são consideradas áreas potenciais para exploração da agricultura irrigada. Entretanto, suas fontes hídricas possuem, normalmente,

elevados teores de sais de modo que a irrigação com essas águas incorporam quantidades significativas de sais. Os maiores problemas com sais são freqüentemente encontrados nessas regiões; contudo, não são desconhecidas em regiões semi-úmidas, principalmente em bacias férteis de rios. Um dos meios mais efetivos para controlar o problema da salinidade consiste na introdução de cultivares tolerantes (Rhoades *et al.*, 1992).

Na região Nordeste do Brasil uma das alternativas seria a cultura do algodão por ter grande representatividade, tanto do ponto de vista social quanto econômico, especialmente em áreas irrigadas da região

semi-árida (Queiroz e Büll, 2001). Embora seja considerada uma cultura tolerante, pode sofrer reduções substanciais no seu crescimento e na produção quando exposta à condição de salinidade. No entanto, a resposta à salinidade varia com o genótipo e o estágio de desenvolvimento da cultura (Gheyi, 1997; Queiroz e Büll, 2001).

Com base nessas informações esta pesquisa objetivou avaliar a tolerância de genótipos de algodoeiro aos diferentes níveis de sais da água de irrigação.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido em condições de casa de vegetação, do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, em Campina Grande, Estado da Paraíba, no período de maio a novembro de 1998. O solo utilizado foi proveniente de Genipapo Cuités, distrito de Campina Grande-PB, sendo classificado como um Regossolo de textura franco arenosa, originalmente classificado como salino-sódico. As características físico-hídricas e químicas do solo, obtidas segundo Embrapa (1993), estão apresentadas na Tabela 1. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, no esquema fatorial 5 x 5, constituído por cinco genótipos de algodoeiro (CNPA Precoce 1, CNPA Precoce 2, CNPA 7H, CNPA Acala 93/15 e Embrapa 113-Algodão. 7MH) e cinco níveis de salinidade em termos de condutividade elétrica da água de irrigação (2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0 dS m⁻¹ à 25°C), com três repetições.

A unidade experimental foi representada por um vaso plástico com capacidade para 20 kg de solo, contendo uma planta em cada recipiente. O vaso continha furos na sua base para facilitar a drenagem e a lixiviação. À base inferior de cada vaso foi acoplado um outro recipiente para a coleta da água drenada. As irrigações com água salina foram feitas diariamente, de acordo com a água evapotranspirada de cada vaso, determinada através de pesagens, elevando-se o teor de água disponível a 90%. Os níveis de sais utilizados nas irrigações foram obtidos a partir da diluição de uma solução estoque (adição de NaCl e CaCl₂ 2H₂O na proporção de 7:3, em termos equivalentes), previamente preparada em laboratório.

Para evitar acúmulo de sais no solo, fez-se mensalmente uma lixiviação, utilizando os níveis de salinidade da água de irrigação correspondente a cada tratamento. Para a sua realização, elevou-se a umidade a uma lâmina superior a 20% da capacidade de campo, coletando-se o volume percolado para análise da condutividade elétrica, de acordo com a metodologia de Richards (1954). O experimento foi avaliado no final da colheita, quando não havia mais frutos a abrir na maioria

dos genótipos. Foram avaliadas as seguintes variáveis: número e fitomassa de capulhos, peso de algodão em caroço, peso de pluma, peso de 100 sementes e percentagem de fibra. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias dos genótipos comparadas pelo teste de Tukey, enquanto às relacionadas a níveis de salinidade, por ser um fator quantitativo, foram analisadas por regressão polinomial.

Tabela 1. Características físico-hídricas e químicas do material do solo franco-arenoso utilizado no experimento

Características do solo	Valores
Areia	64,42%
Silte	18,09%
Argila	17,49%
Classificação textural	franco arenoso
Densidade global (g/cm ³)	1,54
Porosidade	43,59%
Capacidade de Campo (0,33atm)	8,48%
Ponto de murcha (15,00atm)	2,40%
pH em H ₂ O (1:2,5)	5,92
ANÁLISE DO EXT. DE SATURAÇÃO	
Condutividade elétrica (dS/m)	5,66
Cloroeto (mmol _c L ⁻¹)	51,00
Carbonato (mmol _c L ⁻¹)	0,00
Bicarbonato (mmol _c L ⁻¹)	0,80
Sulfato (mmol _c L ⁻¹)	Pres.
Cálcio (mmol _c L ⁻¹)	12,00
Magnésio (mmol _c L ⁻¹)	15,50
Potássio (mmol _c L ⁻¹)	0,38
Sódio (mmol _c L ⁻¹)	33,96
Relação de Adsorção de Sódio (mmol _c L ^{-0,5})	9,15
CÁTIONS TROCÁVEIS	
Cálcio (cmol _c kg ⁻¹)	8,18
Magnésio (cmol _c kg ⁻¹)	2,56
Sódio (cmol _c kg ⁻¹)	2,06
Potássio (cmol _c kg ⁻¹)	0,16
Alumínio (cmol _c kg ⁻¹)	0,00
Percentagem de Sódio Trocável	14,16%

Resultados e discussão

Os resultados da análise do solo feita no final do experimento (Tabela 2) estão comparados com as características químicas do solo original (Tabela 1). Verifica-se que não houve influência significativa dos tratamentos sobre o pH em H₂O (1:2,5), revelando apenas um pequeno decréscimo do pH à medida que aumentou a concentração de sais da água de irrigação (Tabela 2). Observa-se, ainda, que o pH deste experimento está na faixa de 5,24 a 6,36, portanto, dentro da faixa considerada ideal para a cultura do algodão, segundo Ayers e Westcot (1991).

Quanto à CEes (Condutividade elétrica do extrato de saturação) (Tabela 2), observa-se um aumento gradual conforme os níveis de salinidade da água utilizada na irrigação. É interessante destacar que foram encontrados valores elevados de CE do extrato de saturação em todos os tratamentos, inclusive naqueles irrigados com água sem restrições para a agricultura, como a de 2 dS m⁻¹, diferindo das conclusões de Ayers e Westcot, 1991. Estes afirmam ser 1,5 a relação entre a

condutividade elétrica do extrato de saturação e a condutividade elétrica da água de irrigação aplicada, para uma fração de lixiviação de 15%. De acordo com Maas e Hoffman (1977), a máxima salinidade permissível no extrato de saturação do solo para que não ocorra redução na produção do algodoeiro é de 7,7 dS m⁻¹ a 25°C, quando somente a salinidade for fator limite. O aumento significativo na CEes foi, provavelmente, devido aos níveis de adubação utilizados e normalmente requeridos pela cultura, que ocasionaram acréscimos na salinidade do solo. Vale salientar que, na última avaliação, as amostras de solo foram coletadas aproximadamente aos 60 dias após ser feita a última lixiviação. Nesse período, houve acumulação de sais, o que pode, em parte, explicar os altos valores de CEes encontrados nos tratamentos.

Tabela 2. Resultados da análise físico-química do solo submetido a níveis de salinidade e cultivado com cinco genótipos de algodoeiro

Genótipos	Níveis Salinos	pH H ₂ O ¹	CE _{es} ²	CE _p ³	V _{H2O} ⁴	PST ⁵
	dS/m	-	dS/m	dS/m	L	%
CNPA PRECOCE 1	2	6,36	6,75	11,73	24,78	10,78
	4	5,94	14,80	17,40	20,62	21,02
	6	5,33	14,80	18,00	18,10	21,03
	8	5,38	17,80	24,80	14,18	23,69
	10	5,69	19,97	30,50	10,96	25,35
CNPA PRECOCE 2	2	5,96	10,80	12,22	27,70	14,86
	4	5,72	12,90	16,40	23,14	15,60
	6	5,72	18,67	31,20	19,22	16,23
	8	5,42	20,30	33,80	15,86	17,38
	10	5,66	22,30	34,50	13,07	21,89
CNPA 7H	2	5,66	8,87	8,90	27,01	11,68
	4	5,88	13,33	15,90	22,38	12,67
	6	5,60	16,10	17,70	17,87	18,79
	8	5,51	17,53	30,70	12,76	19,38
	10	5,24	20,00	34,60	12,39	19,25
CNPA ACALA 93/15	2	5,62	7,97	8,57	23,78	11,78
	4	5,79	12,63	15,00	19,55	16,58
	6	5,45	12,90	20,20	17,23	17,21
	8	5,34	15,87	21,50	15,04	19,67
	10	5,40	17,20	29,90	12,91	19,48
EMBRAPA Alg. 7MH	2	6,12	7,40	7,70	24,89	9,43
	4	5,65	12,60	14,20	19,11	14,19
	6	5,35	16,67	16,70	15,62	15,04
	8	5,58	18,60	31,10	13,23	18,75
	10	5,39	18,67	31,70	12,48	20,71

¹ pH em água (1:2,5) da pasta de saturação no final do experimento. ² CE_{es} - Condutividade elétrica do extrato de saturação no final do experimento. ³ CE_p - Condutividade elétrica da água drenada em dS/m a 25°C, sendo a coleta realizada aproximadamente aos sessenta dias antes do final do experimento. ⁴ V_{H2O} - Volume de água utilizado nas irrigações. Água consumida em três etapas, entre a última lixiviação e a coleta final do experimento (sessenta dias após a lixiviação).m³. ⁵ PST - percentagem de sódio trocável

Verifica-se, também, que o aumento da salinidade na água de irrigação proporcionou elevação na CE da água drenada. Esse fato também impossibilita a comparação com os estudos de Ayers e Westcot (1991), citados anteriormente.

Os resultados na Tabela 2 ainda permitiram acrescentar que o aumento da salinidade na água de irrigação acarreta decréscimos nos volumes utilizados nas irrigações, provavelmente devido à redução nos

processos de absorção e transpiração das plantas, que variou com os genótipos utilizados.

Segundo Hoorn e Alphen (1988) e Ayers e Westcot (1991) vários experimentos têm demonstrado a estreita relação entre a salinidade e a inibição da absorção de água pelas plantas. A disponibilidade de água no solo é afetada à medida que aumenta a concentração salina da solução do solo e diminuiu seu potencial osmótico e, conseqüentemente, o potencial hídrico, podendo atingir um nível em que as raízes das plantas não disponham de um gradiente de potencial suficiente para absorver a água do solo, ou seja, a diminuição desses fatores limita a absorção de água, provavelmente por reduzir a formação do gradiente de tensão das raízes ao solo. Plantas submetidas ao estresse hídrico (induzido pelo estresse salino) pela sensibilidade do seu sistema radicular exibem rápido aumento da resistência estomática, acompanhada pela mudança do potencial hídrico na folha, indicando que essa reação é resultado da produção de ácido abscísico, um hormônio que se transloca das raízes aos ramos e folhas (Pugnaire *et al.*, 1993).

Prisco (1980), Medeiros (1996) e Arruda (1999), trabalhando com algodoeiro, relatam que o consumo de água pelas plantas reduz com o aumento da salinidade na água de irrigação utilizada na cultura. Segundo esse último autor, a redução ocorre com maior velocidade até uma salinidade em torno de 10 dS m⁻¹. A partir desse nível, a redução do consumo de água é menor, embora continue com a mesma tendência, ou seja, diminui com o aumento da CE. Para Prisco (1980), a redução do potencial hídrico, nessa situação, está associada, provavelmente, à presença de íons solúveis permeáveis nas células da raiz.

Quanto ao percentual de sódio trocável, observa-se um acréscimo da PST (percentagem de sódio trocável), com o aumento do nível de salinidade da água de irrigação, o mesmo observado por Queiroz e Bull (2001). Segundo Maas e Hoffman (1977), o algodão sobrevive a PST de 40 a 60. Neste experimento, a PST variou de 9,43% a 25,35% em relação a 2,0 e 10,0 ds/m⁻¹, respectivamente, devido provavelmente aos altos teores de sódio (1,17 g.L⁻¹ e 5,84 g.L⁻¹) utilizados nessas CE da água de irrigação.

Analisando os dados da análise de variância para número e fitomassa de capulhos (Tabela 3), notam-se diferenças significativas entre os fatores genótipos e níveis de salinidade, embora não tenha sido registrado efeito estatisticamente significativo para a interação desses fatores, indicando que os genótipos não foram influenciados pelo efeito da salinidade. Quanto às variáveis peso médio de algodão em caroço e peso de pluma observam-se efeitos significativos tanto para níveis de salinidade quanto para a interação dos fatores genótipos e níveis de salinidade, contudo sem ocorrer

diferenças entre os genótipos. Foram constatados efeitos significativos apenas entre os genótipos para as variáveis peso médio de 100 sementes e percentagem de fibra.

O número médio de capulhos por planta produzido por cada genótipo nos diversos níveis salinos encontra-se na Tabela 4. A cultivar CNPA Precoce 2 foi estatisticamente superior aos demais genótipos nos níveis 2 e 4 dS/m⁻¹. A partir de então, não houve diferença significativa entre os genótipos, demonstrando que, de maneira geral, o aumento da condutividade elétrica provoca uma redução significativa no número de capulhos por planta. Para as cultivares CNPA 7H, CNPA Precoce 2 e CNPA Precoce 1 essa redução foi linear. Dentre estas, a cultivar CNPA 7H foi a mais afetada, tendo as maiores reduções, mesmo no nível mais baixo da CE. Além desta cultivar, outra sensível foi a CNPA Precoce 2, com redução de 42,54% no nível de 6 dS m⁻¹. Esses resultados evidenciam a sensibilidade dessas cultivares a baixos níveis de salinidade da água de irrigação.

Esse comportamento pode estar associado ao efeito da salinidade da água de irrigação sobre a fisiologia da planta, promovendo distúrbios metabólicos, principalmente em relação à absorção de água e nutrientes do solo pelas plantas (Medeiros, 1996; Silva, 1996) que resultou, provavelmente, na produção de menor número de capulhos e/ou na redução da área foliar que, segundo Kramer (1969), implica na redução da superfície fotossintetizadora, da diminuição na síntese de assimilados e, conseqüentemente, no rendimento da cultura do algodoeiro. Verifica-se ainda, que os genótipos CNPA Ac 93/15 e Embrapa 113 Algodão 7MH foram os mais tolerantes tendo, comparativamente, as menores reduções relativas do número de capulho no nível de 2 dS m⁻¹.

Os genótipos CNPA 7H e CNPA Acala 93/15 tiveram estatisticamente os maiores valores médios de peso de capulhos/planta (Tabela 5), em todos os níveis salinos, sendo seguidos em ordem decrescente pelas cultivares CNPA Precoce 1, Embrapa 113-Algodão 7MH e CNPA Precoce 2.

Tabela 3. Resumo da análise de variância das variáveis de produção dos genótipos de algodoeiro submetidos a níveis de salinidade

F.V.	GL	Quadrados médios					
		N.C	F.C (g)	P.A.C (g)	P.P (g)	P.S (%)	P.F (g)
Genótipos (G)	4	41,00**	5151**	4364,33NS	779,62NS	67,02**	577,92**
Níveis (N)	4	236,65**	1,66**	4423,33**	672,78**	20,25NS	148,69NS
G x N	16	28,28NS	1,68NS	246,89**	420,44**	14,43NS	138,75NS
G/N1	4	45,42**	10,17**	133,06NS	248,73NS	2,65*	35,14**
G/N2	4	46,59**	16,33**	140,08NS	256,69NS	6,95*	11,69**
G/N3	4	4,49NS	11,08**	128,32NS	217,36NS	9,16*	120,72**
G/N4	4	47,12NS	13,23**	121,80NS	203,52NS	89,58**	814,90NS
G/N5	4	10,49NS	7,44**	120,52NS	23,09NS	16,41**	150,48**
N/G1	4	34,60NS	0,67NS	1462,66**	247,51**	0,68NS	1,72NS
Linear	1	124,03*	2,30NS	5721,48**	958,81**	0,65NS	0,12NS
Quadrático	1	10,50NS	0,24NS	119,69NS	24,99NS	1,38NS	1,68NS
Cúbico	1	0,13NS	0,28NS	9,19NS	3,82NS	0,77NS	0,26NS
Desv.regressão	1	3,73NS	0,36NS	0,28NS	2,41NS	0,50NS	4,94NS
N/G2	4	59,07NS	4,44**	1012,50**	160,65**	1,27NS	2,43NS
Linear	1	202,80**	0,43NS	2789,82**	424,13**	1,68NS	0,43NS
Quadrático	1	21,43NS	3,43*	0,54NS	2,78NS	2,33NS	3,90NS
Cúbico	1	4,03NS	9,30**	1031,36*	192,03**	0,16NS	4,18NS
Desv.regressão	1	8,01NS	4,61*	188,77NS	23,67NS	0,88NS	1,22NS
N/G3	4	29,60NS	1,29NS	1184,61**	190,40**	0,75NS	1,62NS
Linear	1	108,30*	0,48NS	4536,24**	713,46**	2,35NS	0,85NS
Quadrático	1	0,24NS	0,55NS	64,13NS	12,71NS	0,38NS	0,77NS
Cúbico	1	8,53NS	0,41NS	65,42NS	17,79NS	0,21NS	3,89NS
Desv.regressão	1	1,54NS	0,58NS	72,63NS	17,66NS	0,62NS	2,43NS
N/G4	4	12,10NS	1,28NS	784,91**	150,83**	3,39NS	7,97NS
Linear	1	38,53NS	1,47NS	2849,93**	363,31**	0,26NS	23,768NS
Quadrático	1	6,10NS	0,34NS	207,17NS	41,60NS	8,60NS	2,53NS
Cúbico	1	0,30NS	0,19NS	76,16NS	18,10NS	1,24NS	5,29NS
Desv.regressão	1	3,47NS	1,10NS	6,37NS	0,33NS	3,45NS	0,29NS
N/G5	4	9,57NS	1,66NS	842,45**	128,90**	0,35NS	59,51NS
Linear	1	36,30NS	4,96*	2914,62**	502,66**	1,00NS	0,43NS
Quadrático	1	0,21NS	0,46NS	97,83NS	0,31NS	0,20NS	86,86NS
Cúbico	1	0,33NS	0,53NS	1,16NS	0,71NS	0,33NS	0,36NS
Desv.regressão	1	1,72NS	1,22NS	356,20NS	11,91NS	0,17NS	150,37*
Resíduo	48	25,54	0,72	60,47	26,71	2,86	30,28
CV%		17,28	11,33	12,71	14,92	7,59	3,43

N.C - Número de Capulho; F.C - Fitomassa de Capulho; P.A.C - Peso do Algodão em Carvão; P.P - Peso de Pluma; P.S - Peso de 100 Sementes; P.F - Percentagem de Fibra; NS - Não-Significativo (p > 0,05); ** - Significativo (p < 0,01); * - Significativo (p < 0,05)

Embora os genótipos CNPA 7H, CNPA Ac 93/15 e CNPA Precoce 1 tenham produzido menor número de capulhos, estes eram mais pesados (maior fitomassa), observando-se, inclusive, que tiveram as menores reduções relativas de fitomassa, comparando-se os diversos tratamentos com o nível inicial (2 dS m⁻¹), sendo, portanto, os mais tolerantes aos níveis de salinidade estudados. Os genótipos CNPA Precoce 2 e Embrapa 113-Algodão 7MH foram considerados os mais sensíveis, principalmente este último que teve redução de 23,22% já no nível de 6 dS m⁻¹.

Entretanto, Vasconcelos (1990), ao estudar algumas cultivares de algodoeiro, constatou que, de maneira geral, elas são afetadas pelo sódio trocável, a partir de valores muito baixos; contudo, danos comprometedores na produção só ocorreram em PST superiores a 27,8, sendo que, nas variáveis altura de plantas, número e peso de capulho e a produção em caroço se comportaram melhor na

faixa de PST entre 7 e 17. No entanto, no presente trabalho (Tabela 2), verifica-se que o PST variou de 9,44 a 25,35, nos níveis de 2 dS m⁻¹ e 10 dS m⁻¹, respectivamente. Observa-se, em geral, que a fitomassa de capulhos (Tabela 5) dos genótipos estudados neste experimento foram pouco afetados pelos tratamentos de salinidade. Deduz-se, dessa forma, que a fitomassa de capulho tolera uma faixa superior à sugerida por Vasconcelos (1990).

Nas Tabelas 6 e 7, referentes ao peso médio de algodão em caroço e peso de pluma, vê-se que não houve diferença significativa entre os genótipos. Com relação aos efeitos dos níveis de salinidade dessas duas variáveis, foram ajustadas em modelos lineares com coeficiente angular negativo entre os genótipos, com curvas semelhantes entre si; na medida em que aumentaram os níveis de salinidade, reduzindo os valores dessas variáveis. Efeitos da salinidade foram registrados por Mass e Hoffman (1977) e Andrade (1996).

Tabela 4. Número médio de capulho/planta no final do experimento, regressão polinomial e redução relativa (%) em função do nível de salinidade de 2 dS m⁻¹ (N1) dos genótipos de algodoeiro

Genótipos	Número de Capulhos ¹					Equação de regressão	R ²
	Níveis de Sais (dS m ⁻¹)						
	N1=2	N2=4	N3=6	N4=8	N5=10		
CNPA Precoce1	14,67 b	13,67 b	13,33a	9,33a	6,67a		
CNPA Precoce 2	20,33a	17,67a	11,67a	11,00a	10,67a		
CNPA 7H	14,33 b	10,67 b	10,67a	9,00a	6,00a		
CNPA Ac 93/15	11,67 b	11,67 b	11,33a	8,67a	7,33a		
Embrapa 113-Al.7MH	14,33 b	14,00 b	12,00a	11,67a	10,00a		
Redução Relativa (%) ²							
	N2=4	N3=6	N4=8	N5=10			
CNPA Precoce1	6,82	9,13	36,40	54,53	Y=17,636-1,01*x		0,90
CNPA Precoce 2	13,08	42,60	45,89	47,52	Y=22,065-1,2995**x		0,86
CNPA 7H	25,54	25,54	37,19	58,13	Y=15,633-0,9165*x		0,92
CNPA Ac 93/15	0	2,91	25,71	37,19	Y=m=10,13		ns
Embrapa 113-Al.7MH	2,30	16,26	18,56	30,22	Y=m=12,4		ns

¹d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de salinidade) = 4,69. ²Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ³Redução relativa dos tratamentos em função do nível de 2dS m⁻¹

Tabela 5. Média da fitomassa de capulho (g)/planta avaliada no final do experimento, regressão polinomial e redução relativa (%) em função do nível de salinidade de 2dS m⁻¹ (N1) dos genótipos de algodoeiro

Genótipos	Fitomassa de Capulhos ¹					Equação de regressão	R ²
	Níveis de Sais (dS m ⁻¹)						
	N1=2	N2=4	N3=6	N4=8	N5=10		
CNPA Precoce1	5,77ab	5,60ab	4,97ab	5,17ab	4,60ab		
CNPA Precoce 2	4,50b	3,67 c	3,67 b	3,50 b	3,47 b		
CNPA 7H	7,00a	6,97a	6,27a	5,67a	5,63a		
CNPA Ac 93/15	6,43a	6,43a	5,30a	5,43a	4,70ab		
Embrapa 113-Al.7MH	5,47ab	5,17 bc	4,20b	3,87ab	3,87ab		
Redução Relativa (%) ²							
	N2=4	N3=6	N4=8	N5=10			
CNPA Precoce1	2,95	13,86	10,40	20,28	Y=m=5,22		ns
CNPA Precoce 2	18,44	18,44	22,22	22,89	Y=6,506-0,383**x		0,99
CNPA 7H	0,43	10,43	19,00	15,71	Y=m=4,67		ns
CNPA Ac 93/15	0,00	17,57	15,55	26,90	Y=m=5,13		ns
Embrapa 113-Al.7MH	5,48	23,22	27,42	29,25	Y=5,886-0,225*x		0,91

¹d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de salinidade) = 1,65. ²Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ³Redução relativa dos tratamentos em função do nível de 2dS/m

Tabela 6. Peso (g) de algodão em caroço, média por planta; avaliados no final do experimento, regressão polinomial e redução relativa (%) em função do nível de salinidade de 2 dS m⁻¹ (N1) dos genótipos de algodoeiro

Genótipos	Peso de Algodão em Caroço ¹					
	Níveis de Sais (dS m ⁻¹)					
	N1=2	N2=4	N3=6	N4=8	N5=10	
CNPA Precoce1	85,67a	77,40a	64,53 ^a	47,57a	30,53a	
CNPA Precoce 2	84,27a	72,40a	64,00a	56,57a	33,97a	
CNPA 7H	81,47a	74,37a	66,23a	43,87a	35,23a	
CNPA Ac 93/15	80,27a	72,83a	60,38a	46,97a	34,47a	
Embrapa 113-Al.7MH	77,67a	70,33a	60,53a	49,83a	38,63a	
	Redução Relativa (%) ²					
	N2=4	N3=6	N4=8	N5=10	Equação de regressão	R2
	8,59	23,79	43,82	63,94	Y=90,4-3,91*x	0,72
CNPA Precoce 2	14,08	24,05	32,87	59,69	Y=87,18-4,82**x	0,70
CNPA 7H	8,71	18,71	46,15	56,76	Y=97,17-6,155**x	0,96
CNPA Ac 93/15	9,27	24,78	41,49	57,06	Y=86,22-4,87**x	0,91
Embrapa 113-Al.7MH	9,45	22,07	35,84	50,26	Y=85,99-4,935**x	0,87

1d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de salinidade) = 17,12. ¹Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ²Redução relativa dos tratamentos em função do nível de 2dS m⁻¹

Tabela 7. Média do Peso de plumas/planta (g) no final do experimento, regressão polinomial e redução relativa (%) em função do nível de salinidade de 2 dS m⁻¹ (N1) dos genótipos de algodoeiro

Genótipos	Peso de Pluma ¹					
	Níveis de Sais (dS m ⁻¹)					
	N1=2	N2=4	N3=6	N4=8	N5=10	
CNPA Precoce1	34,30a	32,57a	25,90a	19,83a	12,40a	
CNPA Precoce 2	33,30a	26,90a	22,10a	19,50a	13,20a	
CNPA 7H	33,20a	28,43a	24,00a	18,37a	14,03a	
CNPA Ac 93/15	28,43a	27,40a	24,00a	19,37a	15,03a	
Embrapa 113-Al.7MH	32,57a	29,87a	23,00a	21,07a	16,50a	
	Redução Relativa (%) ²					
	N2=4	N3=6	N4=8	N5=10	Equação de regressão	R2
	5,04	24,49	42,19	63,85	Y=41,962-2,827**x	0,90
CNPA Precoce 2	19,21	33,63	41,44	60,36	Y=33,68-1,88*x	0,66
CNPA 7H	7,37	16,60	47,25	55,86	Y=38,625-2,4385**x	0,94
CNPA Ac 93/15	3,62	27,71	44,67	57,74	Y=32,686-1,74**x	0,86
Embrapa 113-Al.7MH	8,29	29,38	35,31	49,34	Y=36,884-2,047**x	0,98

1d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de salinidade) = 8,31. ¹Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ²Redução relativa dos tratamentos em função do nível de 2dS m⁻¹

Analisando-se os dados contidos nessas tabelas, com relação à redução relativa, observa-se que a produção de algodão em caroço e de pluma dos genótipos do algodoeiro foi muito reduzida, principalmente quando se compara com os resultados citados por Ayers e Westcot (1991), em que o algodoeiro mantém seu rendimento máximo até 7,7 dS m⁻¹ a 25° C. Andrade (1996) constatou um decréscimo de 19% na produção em caroço de cultivadas de algodoeiro em solo com 8 dS m⁻¹ em relação a um solo com valor baixo de CE.

Entretanto, neste trabalho verificou-se que, com exceção da cultivar CNPA 7H, os demais genótipos apresentaram reduções superiores a 22% no nível de 6 dS/m⁻¹ da água de irrigação, acentuando-se mais as reduções nos níveis 8,0 e 10,0 dS m⁻¹ para todos os genótipos. Esse efeito prejudicial provavelmente deveu-se ao aumento da salinidade que, certamente, diminuiu o potencial osmótico da solução do solo, dificultando a absorção de água pelas raízes, aliado ao fato de terem sido acumulados íons Na⁺ e Cl⁻ nas

folhas, predominante tanto da água de irrigação quanto do teor alto de Na que havia no solo (Tabela 1), classificado como salino-sódico. Esses fatos demonstram a alta sensibilidade de algumas cultivares a esse elemento, além do elevado valor da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) (Tabela 2), que pode estar relacionado à ineficiência das lixiviações de sais realizadas à 20% acima da capacidade de campo, como pelas adubações feitas após estas lixiviações, que permitiram um aumento gradativo da salinidade do solo, fato esse já discutido anteriormente.

Longenecker (1974), também estudando a influência do sódio sobre as características agrônomicas e propriedades da fibra, em duas cultivares de algodoeiro, Acala 15171 e Pima S-2, por um período de dois anos, observou que o sódio reduziu o crescimento, produção, número de frutos, peso de sementes, comprimento de fibra, resistência, finura, além de apresentar frutos pouco desenvolvidos.

Tabela 8. Média do peso médio de 100 sementes/planta (g), em função dos fatores estudados no final do experimento, regressão polinomial e redução relativa (%) em função do nível de salinidade de 2 dS m⁻¹ (N1) dos genótipos de algodoeiro

Genótipos	Peso Médio de 100 Sementes ¹					Equação de regressão	R ²
	Níveis de Sais (dS m ⁻¹)						
	N1=2	N2=4	N3=6	N4=8	N5=10		
CNPA Precoce 1	12,80b	12,50 b	11,90 b	11,77 b	11,77 b		
CNPA Precoce 2	14,60ab	12,73ab	12,43ab	12,33ab	11,93 b		
CNPA 7H	14,00ab	13,90ab	13,93ab	13,90ab	13,83ab		
CNPA Ac 93/15	15,47a	15,53a	15,00a	14,53a	14,33a		
Embrapa 113-Al.7MH	12,10 b	12,03 b	11,70 b	11,80 b	11,17 b		
	Redução Relativa (%) ²					Equação de regressão	R ²
	N2=4	N3=6	N4=8	N5=10			
CNPA Precoce 1	2,34	7,03	8,05	8,05	Y=m=12,15	ns	
CNPA Precoce 2	12,81	14,86	15,55	18,29	Y=m=12,74	ns	
CNPA 7H	0,71	0,50	0,71	1,21	Y=m=14,04	ns	
CNPA Ac 93/15	0,91	3,04	6,08	7,37	Y=m=15,09	ns	
Embrapa 113-Al.7MH	0,58	3,31	2,48	7,69	Y=m=11,73	ns	

¹d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de salinidade) = 2,30. ²Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ³Redução relativa dos tratamentos em função do nível de 2dS m⁻¹

Tabela 9. Percentagem média de fibra/planta no final do experimento, regressão polinomial e redução relativa (%) em função do nível de salinidade de 2dS/m⁻¹ (N1) dos genótipos de algodoeiro

Genótipos	Percentagem de Fibra ¹					Equação de regressão	R ²
	Níveis de Sais (dS m ⁻¹)						
	N1=2	N2=4	N3=6	N4=8	N5=10		
CNPA Precoce 1	42,07a	41,73a	41,67a	40,57a	40,40a		
CNPA Precoce 2	39,23b	39,03 b	38,77b	37,50 b	37,30 b		
CNPA 7H	40,50ab	40,40ab	40,03ab	39,57ab	38,70 b		
CNPA Ac 93/15	40,70ab	39,00 b	39,10 b	36,67b	36,30 b		
Embrapa 113-Al.7MH	42,63a	42,47a	42,33a	42,27a	41,93a		
	Redução Relativa (%) ²					Equação de regressão	R ²
	N2=4	N3=6	N4=8	N5=10			
CNPA Precoce 1	0,81	0,95	3,57	3,97	Y=m=41,09	ns	
CNPA Precoce 2	0,51	1,17	4,41	4,92	Y=m=38,37	ns	
CNPA 7H	0,25	1,16	2,30	4,44	Y=m=39,84	ns	
CNPA Ac 93/15	4,18	3,93	9,90	10,81	Y=m=38,95	ns	
Embrapa 113-Al.7MH	18,44	18,75	19,13	19,78	Y=m=40,17	ns	

¹d.m.s (médias entre os genótipos dentro de cada nível de salinidade) = 2,70. ²Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ³Redução relativa dos tratamentos em função do nível de 2dS m⁻¹

Aplicando-se a análise de regressão e redução relativa (Tabelas 8 e 9) aos dados de peso de 100 sementes e % de fibra, não se constata qualquer efeito dos níveis de salinidade sobre os genótipos, sendo essas variáveis menos afetadas pela salinidade. Na tabela 8, referente ao peso da matéria seca de 100 sementes para os tratamentos empregados, verifica-se que o genótipo CNPA 93/15 produziu sementes mais pesadas que os genótipos Embrapa 113-Algodão.7MH e CNPA Precoce 1. No entanto, esses dois tiveram maior percentagem de fibra em relação aos genótipos CNPA Precoce 2 e CNPA Acala 93/15 (Tabela 9), o que indica que tanto o peso de 100 sementes quanto a % de fibra apresentaram-se como características intrínsecas de cada genótipo e não como resposta ao estresse salino.

Como foi discutido anteriormente, houve, em geral, efeito da salinidade sobre o número e produção de capulhos, algodão em caroço e peso de plumas, principalmente para a cultivar CNPA Precoce 2, que foi a mais afetada pelo níveis salinos

da água de irrigação, além de ter apresentado menor produção de capulhos, percentagem de fibra e peso de pluma. O genótipo CNPA 7H foi o mais tolerante, seguido pelo Embrapa 113-Algodão 7MH, CNPA Acala 93/15 e CNPA Precoce 1.

Referências

- ANDRADE, R.M. *Comportamento do algodoeiro sob duas formas de aplicação e diferentes níveis de salinidade da água de irrigação*. 1996. Dissertação (Mestrado)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.
- ARRUDA, F.P. de. *Emissão/abscisão de órgãos reprodutivos do algodoeiro herbáceo, cv. CNPA 7H, em função do sistema de manejo do solo e dos estresses hídrico e salino*. 1999. Dissertação (Mestrado)–Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, 1999.
- AYRES, R.S.; WESTCOT, D.W. *A qualidade da água na agricultura*. Tradução de H.R. Gheyi, J.F. de Medeiros e F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1991. 218P. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem 29, Revisado 1) Tradução de: Water quality for agriculture.

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande-PB). *Recomendações técnicas para o cultivo do algodoeiro herbáceo de sequeiro e irrigado nas regiões Nordeste e Norte do Brasil*. Campina Grande, 1993. (Embrapa-CNPA, Circular Técnico, 17).
- GHEYI, H. Efeitos dos sais sobre as plantas. In: FAGEIRA, N.K. *Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada*. Campina Grande: (s.n.), 1997.
- HOORN, J.W.; ALPHEN, J.G. Van. *Salinity control: salinity control, salt balance and leaching requirement of irrigated soil*. Wageningen: Agricultural University of Wageningen, 1988. 96p. (Lectures notes for the Twenty-ninth International Course on Land Drainage, Wageningen-The Netherlands, 1990).
- KRAMER, P.J. *Plant e soil water relationships: a modern synthesis*. New York: Macgraw Hitl, 1969.
- LONGENECKER, D.E. The influence of high sodium in soil upon fruiting and shedding, boll characteristics, fiber properties and yields of two cotton species. *Soil Sci.*, Baltimore, v. 118, p. 387-396, 1974.
- MASS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Engineering*, v.103, p.115-134, 1977.
- MEDEIROS, J.F. de. *Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos estados do RN, PB e CE*. 1996. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Agrícola. Campina Grande, 1996.
- PRISCO, J.T. Alguns aspectos da fisiologia do "stress" salino. *Rev. Bras. Bot.*, São Paulo, v.3, p.85-94, 1980.
- PUGNAIRE, F.I.; et al. Constrains by water stress on plant growth. In: PESSARAKLI, P. (Ed.). *Handbook of plant and crop stress*. New York: Marcel Dekker, 1993.
- QUEIROZ, S.O.P. de.; BÜLL, L.T. Comportamento de genótipos de algodão herbáceo em função da salinidade do solo, 2001. *Revista Irriga*, Botucatu, v. 6, n. 2, p. 124-134, 2001.
- RHOADES, J.D.; et al. *The use of saline water of crop production*. Rome: FAO, 1992, 133p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48).
- RICHARDS, L.A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: U. S. Depart. of Agriculture, 1954. 160p. (USDA, Agriculture Handbook, 60).
- SILVA, G.A. *Efeito do estresse salino sobre o crescimento, estado hídrico e nutricional do algodão*. 1996. Trabalho de Graduação (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 1996.
- VASCONCELOS, M.F. de. *Comportamento de cultivares do algodoeiro herbáceo sob diferentes percentagens de sódio trocável*. 1990. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Agrícola. Campina Grande, 1990.

Received on September 09, 2002.

Accepted on May 27, 2003.