

EFEITOS DO SÓDIO NA FISIOLÓGIA DO ALGODOEIRO ARBÓREO
E HERBÁCEO. I – CRESCIMENTO E TOXIDEXJosé Vitaliano de C. Rocha Filho⁽¹⁾, Zoraida M. D. de Medeiros⁽¹⁾
e Hílvaro M. Moreira⁽²⁾

ABSTRACT

Effects of sodium on the physiology of perennial and annual cotton plants. I – Growth and toxicity. A greenhouse experiment was conducted according to a completely randomized block design. The treatments used were as follows: five levels of sodium (0, 40, 80, 160 and 320 ppm) added as NaCl and Na₂SO₄, respectively to a HOAGLAND and ARNON complete nutrient solution. These were used individually as nutrient media for two cotton plant cultivars, namely "CNPA 3M" (perennial cotton) and "CNPA 3H" (annual cotton) originated from the National Center of Research on Cotton, in Campina Grande City, Paraíba State, Brazil. The results showed that the growth rate of the perennial cotton was affected by increased levels of NaCl and Na₂SO₄, respectively, while the growth rate of the annual cotton was affected only by increased levels of NaCl. In both cultivars symptoms of sodium toxicity were observed when the higher levels of this element were added.

Keywords: *Gossypium hirsutum*, perennial cotton, annual cotton, growth responses, salt tolerance, sodium toxicity.

Descritores: *Gossypium hirsutum*, algodoeiro arbóreo, algodoeiro herbáceo, respostas do crescimento, tolerância a sais, toxicidade do sódio.

INTRODUÇÃO

Os solos salinos ocorrem principalmente em regiões áridas e semi-áridas, sendo que estas últimas abrangem 13% do território brasileiro e 75% da área do Nordeste, onde os processos de salinização são freqüentemente intensificados, devido à predominância de solos poucos profundos e pedregosos, escassez de chuvas, alta evaporação e drenagem insuficiente.

A salinidade afeta as plantas em todas as etapas de seu desenvolvimento e para alguns cultivos a sensibilidade varia de uma fase de crescimento à seguinte, limitando a produtividade através da ação de fatores no metabolismo, tais como: pressão osmótica, troca iônica, síntese de proteína e do ácido nucléico, fotossíntese, atividade enzimática e balanço hormonal.

BERNSTEIN (1964) observou que sais do solo, em doses excessivas, provocavam injúrias e reduziavam o crescimento de plantas e, que essa redução, seria decorrente do efeito osmótico dos sais, dos efeitos de íons específicos e ainda da toxidez provo-

⁽¹⁾ Professor de Fisiologia Vegetal do Depto. de Sistemática e Ecologia (DSE) do CCEN/UFPB

⁽²⁾ Estagiário do Laboratório de Fisiologia Vegetal do DSE/CCEN/UFPB

cada pela presença excessiva desses íons. HOFFMAN e PHENE (1971) verificaram que a interação entre a salinidade dos solos e a umidade relativa, influenciou negativamente no crescimento de algodoeiro cultivado naqueles solos. GALE *et alii* (1967), pesquisando o efeito da salinidade na taxa fotossintética, relatam que plantas de algodão cultivadas sob condições de salinização, sofreram uma redução na taxa fotossintética devido ao fechamento dos estômatos, provocada pela presença excessiva de sais.

GAUSMAN e CARDENAS (1968) observaram que a salinidade do solo reduziu o número de células da epiderme das folhas do algodoeiro, bem como o número de estômatos por unidade de área, ocasionando assim, efeitos na redução do crescimento daquelas plantas.

ROCHA FILHO *et alii* (1979), estudando os efeitos de diferentes níveis de sódio sobre o desenvolvimento de duas cultivares de algodoeiro arbóreo ("9193" e "C-71"), verificaram que, a partir de concentrações de 400 ppm de sódio, ocorria uma diminuição na produção de matéria seca de ambas as cultivares.

Alguns autores (p. ex., SANTOS, 1981; SOARES, 1985 e VASCONCELOS, 1990), estudando os efeitos do sódio trocável do solo, sobre plantas de algodoeiro, encontraram diferenças significativas na germinação e no vigor de diferentes cultivares usadas no Nordeste.

Considerando-se a importância da cultura do algodoeiro na região Nordeste, bem como a sua relativa tolerância aos meios salinos e/ou sódicos, este trabalho se propôs a estudar os efeitos das diferentes concentrações de sódio sobre o crescimento e desenvolvimento de duas cultivares de algodoeiros, arbóreo e herbáceo, bem como o de estudar os níveis de tolerância das plantas às diferentes concentrações de cloreto de sódio e sulfato de sódio, adicionados ao meio em que foram cultivadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante os meses de março, abril, maio e junho de 1993, em casa de vegetação, do Departamento de Sistemática e Ecologia, do Centro de Ciências Exatas e da Natureza, da Universidade Federal da Paraíba, no Campus I, em João Pessoa – Paraíba, utilizando-se vasos de barro com capacidade de 8,0 kg. A parte interna de cada vaso foi impermeabilizada com Neutrex (resina atóxica). O delineamento experimental adotado foi o de inteiramente casualizado, num esquema fatorial $4 \times 2 \times 2 + 2$, com quatro repetições, onde os fatores foram quatro níveis de sódio das fontes cloreto de sódio e sulfato de sódio, ambos pró-análise. Os níveis de sódio utilizados foram: 40, 80, 160 e 320 ppm de cada fonte respectiva. As cultivares de algodoeiros utilizadas foram, para o arbóreo (*Gossypium hirsutum* L., r. *marie galante* Hutch.), CNPA 3M e para o herbáceo (*Gossypium hirsutum* L., r. *latifolium* Hutch.), CNPA 3H, procedentes do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão da EMBRAPA, em Campina Grande - Paraíba. A solução nutritiva utilizada foi a de HOAGLAND e ARNON, modificada por SARRUGE (1975).

As sementes das cultivares utilizadas foram postas para germinar, em vasos contendo areia lavada. Aos 10 dias após a germinação, realizou-se o desbaste, deixando-se quatro plantas por vaso. Após o 10^o dia de emergência, iniciou-se a aplicação

das soluções salinas, a uma concentração de 50% da solução nutritiva, que seria utilizada. No 20º dia da emergência, iniciou-se a aplicação definitiva das soluções salinas, correspondente a cada tratamento. Semanalmente, as soluções salinas de cada tratamento eram renovadas e a areia de cada vaso era lavada previamente com água destilada para remover os sais acumulados.

Observações para verificar sintomas de toxidez e os efeitos dos sais sobre peso da matéria seca e altura das plantas foram realizadas aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias.

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente, comparando-se as médias obtidas, pelo teste de TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade, conforme descreve PIMENTEL GOMES (1973).

Foram realizadas correlações simples (r), em todas as combinações possíveis, entre os caracteres fisiológicos de crescimento em altura *versus* doses de sódio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito do sódio sobre o peso seco total das plantas

No algodoeiro arbóreo (cultivar CNPA 3M), quando se usou doses crescentes de sódio, das duas fontes (cloreto e sulfato de sódio), observou-se um aumento nos teores de matéria seca total, em relação ao tratamento testemunha (0 ppm de Na⁺), conforme pode ser observado na Tab. 1 e Fig. 1.

TABELA 1 – Peso seco total (g) dos algodoeiros arbóreo e herbáceo, quando submetidos a doses crescentes de cloreto de sódio e sulfato de sódio (média de quatro plantas).

Doses de sódio (ppm)	Fontes de sódio	Algodoeiro	
		Arbóreo (CNPA 3M)	Herbáceo (CNPA 3H)
0	—	40,68c	17,87
40	NaCl	44,12bc	19,02
	Na ₂ SO ₄	50,78a	16,53
80	NaCl	41,48c	17,98
	Na ₂ SO ₄	47,89ab	17,76
160	NaCl	41,32c	17,12
	Na ₂ SO ₄	45,08c	17,69
320	NaCl	40,25c	17,84
	Na ₂ SO ₄	48,56ab	18,06
Média	NaCl	41,79a	17,99
	Na ₂ SO ₄	48,07b	17,51
d.m.s. (*)		2,27	n.s
d.m.s. (**)		4,48	n.s
C.V. (%)		6,98	9,21

Obs. As médias na mesma coluna, seguidas da mesma letra, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. (*)Fontes de sódio; (**)Doses dentro de fontes de sódio.

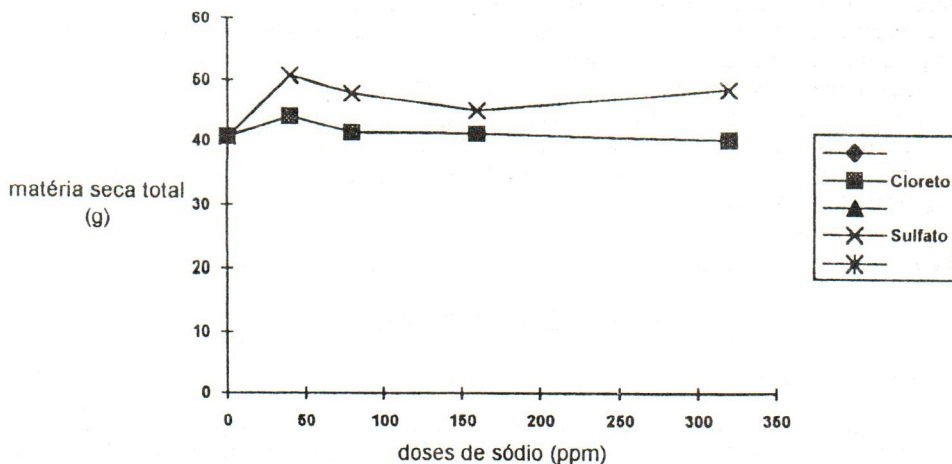


FIGURA 1 – Total de matéria seca (g) produzida pela cv' CNPA 3M (algodoeiro arbóreo), submetida a doses crescentes de sódio, originadas de diferentes fontes.

Observou-se ainda que não houve efeito significativo entre os níveis de sódio, quando se utilizou o cloreto de sódio. No entanto, foi em presença da dose de 40 ppm de sódio que se obteve o maior teor de matéria seca (44,12 g), enquanto o menor teor (40,25 g) foi obtido na presença da dose de 320 ppm de sódio. Quando se utilizou sulfato de sódio, ficou evidenciado um efeito significativo entre os níveis de 40 ppm e 160 ppm de sódio; o primeiro nível de sódio proporcionou uma produção de matéria seca de 44,12 g e o segundo, uma produção de 41,32 g.

Comparando-se o efeito entre as fontes de sódio, verifica-se que o cloreto de sódio foi mais prejudicial ao crescimento do algodoeiro arbóreo, que o sulfato de sódio. ROCHA FILHO *et alii* (1979), estudando o efeito do sódio em cultivares de algodoeiros arbóreos, observou que concentrações acima de 400 ppm de sódio provocavam uma redução significativa na produção de matéria seca.

No algodoeiro herbáceo (cultivar CNPA 3H), observou-se que, quando se utilizou cloreto de sódio, o maior peso seco total foi obtido na presença de 40 ppm de sódio, enquanto nas demais doses (80, 160 e 320 ppm de sódio) observou-se um decréscimo na produção de matéria seca, quando comparado ao tratamento testemunha (Tab. 1 e Fig. 2). No entanto, quando se utilizou sulfato de sódio, ocorreu um decréscimo no peso seco total dos tratamentos 40, 80 e 160 ppm de sódio, quando comparados com a testemunha. RIBEIRO (1982), estudando o efeito do sódio sobre o crescimento de plantas de algodoeiro, encontrou resultados semelhantes.

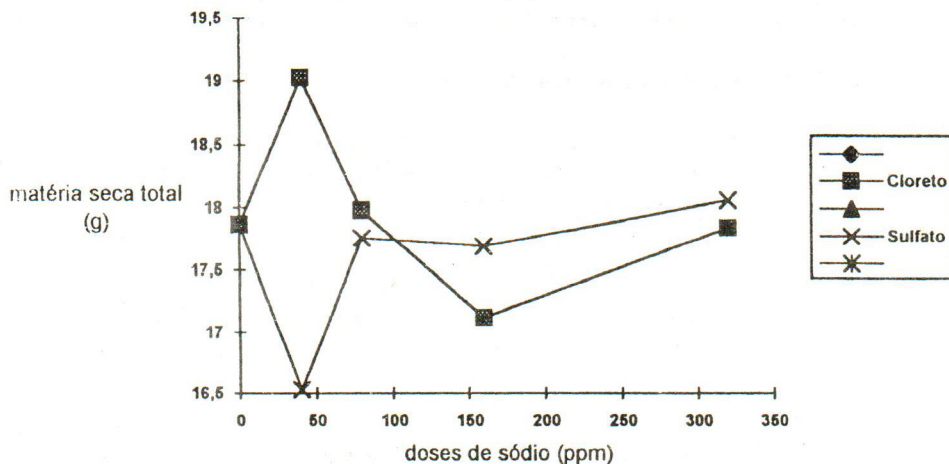


FIGURA 2 – Total de matéria seca (g) produzida pela cv' CNPA 3H (algodoeiro herbáceo), submetida a doses crescentes de sódio, originadas de diferentes fontes.

Efeito tóxico do sódio sobre as plantas

Os sintomas de toxidez foram mais evidenciados no algodoeiro arbóreo do que no herbáceo. Aos 35 dias após o plantio, observou-se o início dos sintomas de toxicidade no algodoeiro arbóreo, iniciando pelas folhas mais velhas, que se apresentavam coriáceas, grossas, de coloração verde-azulada, com os bordos virados para cima e para dentro, com pontuações necróticas no limbo, necrose, iniciando-se pelo ápice e aumentando no sentido das margens, estas apresentando-se cloróticas. Esses sintomas observados se assemelham aos observados por GARCIA (1977) e RIBEIRO (1982). O cloreto de sódio causou injúrias nas folhas a partir do nível de 40 ppm de sódio, enquanto o sulfato de sódio só evidenciou sintomas na presença de 160 e 320 ppm de sódio. Esses resultados coincidem com os relatados por EHLIG e BERNSTEIN (1959) de que concentrações de sais no solo, principalmente cloreto de sódio, provocam necroses nas folhas, perda de cor, brilho e desfolhamento.

Observou-se ainda no algodoeiro arbóreo uma queda acentuada dos frutos ("shedding"). As brácteas apresentavam-se amareladas com necrose nos bordos e manchas pretas nas "maçãs", evidenciando sintomas de deficiência de cálcio. BERNSTEIN e HAYWARD (1958) relatam que a presença excessiva de íons sulfato, limita a absorção de cálcio pelas plantas. Resultados semelhantes foram encontrados por EATON e TAYLOR (1971) e RAINS (1972).

No algodoeiro herbáceo, os sintomas de toxidez devido ao excesso de sódio manifestaram a partir do 55º dia após o plantio. As necroses foram menos intensas, porém iniciando-se pelo ápice das folhas velhas, aumentando no sentido das margens, não sendo constatado toxicidade nas brácteas e nem queda dos frutos.

Efeito do sódio sobre a altura das plantas

Os valores médios obtidos nas determinações das alturas das plantas dos algodoeiros arbóreo e herbáceo, aos 20, 40, 60 80 e 100 dias após o plantio, encontram-se nas Tabs. 2 e 3. Observando-se a Tab. 2, verifica-se que aos 20 dias após o plantio, as plantas de algodão arbóreo apresentavam praticamente a mesma altura, pois estavam recebendo apenas metade da dose salina, não evidenciando, portanto, nenhum efeito significativo. No entanto, aos 40 e 60 dias, quando as plantas já estavam recebendo doses salinas definitivas, verificou-se que o maior crescimento das plantas ocorreu quando se usou 160 ppm de sódio, quer seja de cloreto ou de sulfato de sódio.

TABELA 2 – Altura média das plantas (cm) de algodoeiro arbóreo (CNPA 3M), submetidos a doses crescentes de cloreto de sódio e sulfato de sódio.

Doses de sódio (ppm)	Fontes	Dias após o plantio				
		20	40	60	80	100
0	—	20,65	37,76	58,30	71,73	91,87ab
40	NaCl	23,15	36,98	56,73	73,08	92,73ab
	Na ₂ SO ₄	23,98	37,18	59,34	78,18	102,87a
80	NaCl	24,46	38,18	56,69	72,89	88,98ab
	Na ₂ SO ₄	23,65	38,62	60,37	76,45	96,87ab
160	NaCl	23,75	39,65	63,47	79,97	99,27a
	Na ₂ SO ₄	27,42	41,65	59,89	78,89	99,65a
320	NaCl	23,34	36,90	55,45	68,28	84,60a
	Na ₂ SO ₄	25,01	38,70	60,38	77,43	97,78b
d.m.s. (*)		n.s	n.s	n.s	n.s	5,48
d.m.s. (**)		n.s	n.s	n.s	n.s	14,52
C.V. (%)		12,34	11,03	7,23	6,98	8,78

Obs. As médias na mesma coluna, seguidas de mesma letra, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. (*)Fontes de sódio; (**)Doses dentro de fontes de sódio.

Aos 80 dias após o plantio, observou-se que não houve efeito significativo entre os níveis de sódio. BERNSTEIN (1964) relata que a diminuição do crescimento das

plantas em solo salino é provocada por uma elevação da pressão osmótica do meio e efeitos específicos de alguns íons, que desequilibram o balanço de nutrientes

TABELA 3 – Altura média (cm) das plantas de algodoeiro herbáceo (CNPA 3H), submetidos a doses crescentes de cloreto de sódio e sulfato de sódio.

Doses de sódio (ppm)	Fontes	Dias após o plantio				
		20	40	60	80	100
0	—	23,40	46,32	68,80	79,45	88,34a
40	NaCl	26,12	43,78	66,89	74,70	80,67ab
	Na ₂ SO ₄	23,09	43,79	61,45	69,98	74,10ab
80	NaCl	25,69	47,58	67,88	73,98	74,67ab
	Na ₂ SO ₄	25,12	42,76	64,78	76,02	80,00ab
160	NaCl	22,78	42,10	63,05	69,96	74,89ab
	Na ₂ SO ₄	22,50	41,38	66,00	77,78	83,23ab
320	NaCl	26,32	46,57	68,78	76,54	74,89ab
	Na ₂ SO ₄	27,00	43,76	66,56	77,45	78,56
d.m.s. (*)		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
d.m.s. (**)		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
C.V. (%)		12,43	11,45	6,78	6,98	8,23

Obs. As médias na mesma coluna, seguidas da mesma letra, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. (*)Fontes de sódio; (**)Doses dentro de fontes de sódio.

na planta, provocando distúrbios no seu crescimento. THOMAS (1980) relata que essa redução do crescimento pode ser, também, causada pelo aumento da concentração de cloreto nas folhas.

Para o algodoeiro herbáceo, observou-se que a partir de 40 dias após o plantio, já ocorria um efeito negativo do sódio no crescimento das plantas, principalmente quando foi usado o cloreto de sódio. Aos 60 e 80 dias, não houve diferenças significativas sobre as alturas das plantas, no entanto, aos 100 dias, constatou-se uma redução no crescimento do algodoeiro herbáceo, a partir da dose de 40 ppm de sódio do sal cloreto de sódio, enquanto que o sulfato de sódio proporcionou um aumento no crescimento das plantas nos níveis de 80 e 160 ppm de sódio e uma redução nos níveis de 40 e 320 ppm de sódio (Fig. 3). Já as plantas de algodão arbóreo que se apresentavam mais desenvolvidas, aos 100 dias após o plantio, eram aquelas que receberam sulfato de sódio na dosagem de 40 ppm de sódio (Fig. 4). RIBEIRO (1982), estudando o efeito de sódio em cultivares de algodoeiros mocó e herbáceo, encontrou resultados semelhantes.

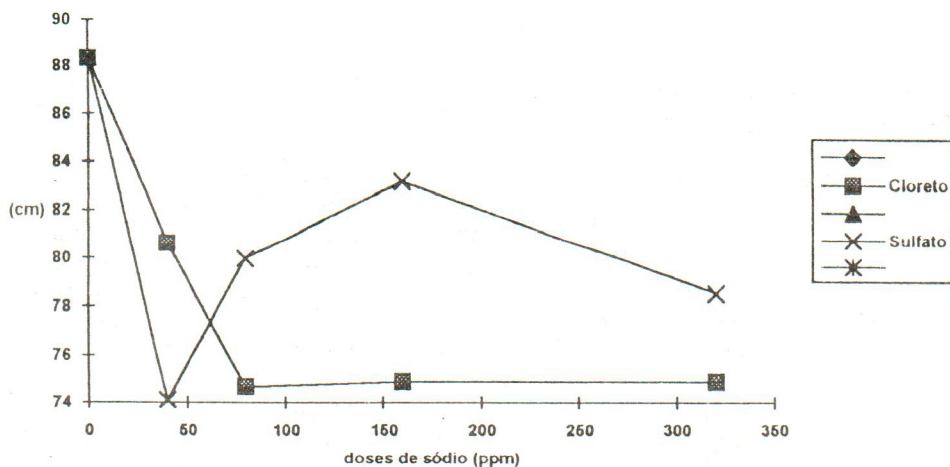


FIGURA 3 – Crescimento (altura final em cm) ocorrido na cv' CNPA 3H (algodoeiro herbáceo), submetida a doses crescentes de sódio, originadas de diferentes fontes de sódio.

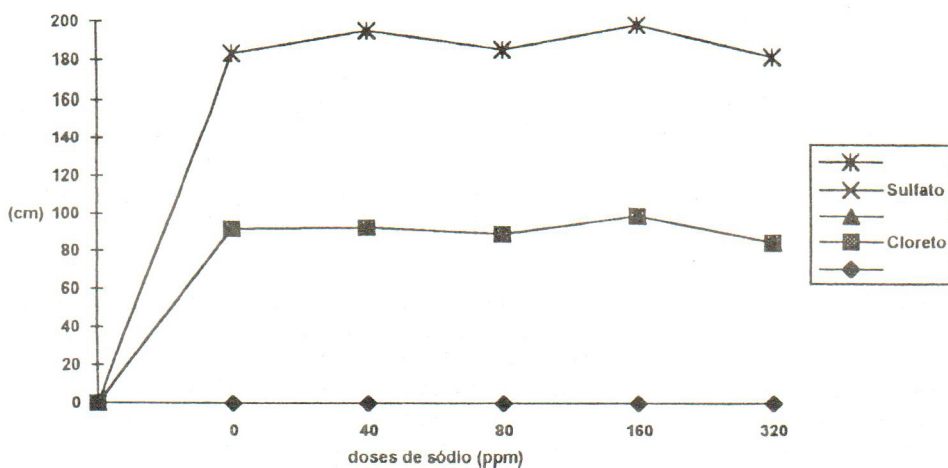


FIGURA 4 – Crescimento (altura final em cm) ocorrido na cv' CNPA 3M (algodoeiro arbóreo), submetida a doses crescentes de sódio, originadas de diferentes fontes de sódio.

CONCLUSÕES

Os sintomas de toxidez nos algodoeiros arbóreo (CNPA 3M) e herbáceo (CNPA 3H) iniciaram respectivamente, aos 35 e 55 dias após o plantio, sendo que o cloreto de sódio provocou injúrias a partir do nível de 40 ppm de sódio, enquanto o sulfato de sódio, a partir do nível de 160 ppm.

O crescimento do algodoeiro arbóreo foi afetado pelas doses crescentes de cloreto de sódio e sulfato de sódio, sendo o nível de 320 ppm de sódio, de ambas as fontes, o mais prejudicial, enquanto no algodoeiro herbáceo, somente o cloreto de sódio reduziu o crescimento das plantas. No algodoeiro arbóreo, a maior produção total de matéria seca foi obtida quando se utilizou sulfato de sódio, enquanto no algodoeiro herbáceo a maior produção de matéria seca foi obtida quando se utilizou cloreto de sódio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNSTEIN, L. 1964 – Effects of salinity on mineral composition and growth of plant. *Plant Analysis and Fertilizer Problems* 4:25-45.
- BERNSTEIN, L e HAYWARD, H.E. 1958 – Physiology of salt tolerance. *Ann. Rev. Plant Physiology* 9:25-46.
- EATON, F.M., OLMSTEAD, W.R. e TAYLOR, O.C. 1971 – Salt injury to plants with special reference to cations versus anions and ion activities. *Plant and Soil* 35(3):533-547.
- EHLIG, C.F. e BERNSTEIN, L. 1959 – Foliar absorption and chloride as a factor sprinkler irrigation. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 74:661-670.
- GALE, J., KOHL, H.C. e HAGAN, R.M. 1967 – Changes in the water balance and photosynthesis of onion, bean, cotton plants under saline conditions. *Physiologia Plantarum* 20:408-420.
- GARCIA, E.M. 1977 – Tolerancia de los cultivos a las sales. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidraulicos, México, 43 p.
- GAUSMAN, H.W. e CARDENAS, R. 1968 – Effects of soil salinity on external morphology of cotton leaves. *Agronomy Journal* 60(6):566-567.
- PIMENTEL, F.G. 1973 – Curso de Estatística Experimental. 5. Ed. Livraria Nobel, São Paulo, 430p.
- HOFFMAN, G.J. e PHENE, C.J. 1971 – Effect of constant salinity levels on water-use efficiency of bean and cotton. *American Society of Agricultural Engineers* 14(6):1103-1106.
- RAINS, D.W. 1972 – Salt transport by plants in relation to salinity. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 23:367-388.
- RIBEIRO, J.L. 1982 – **Efeito do sódio no desenvolvimento dos algodoeiros mocó (*Gossypium hirsutum* L. r. *marie galante* Huchth) e herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Huchth)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 110 p.
- ROCHA FILHO, J.V.C., OLIVEIRA, G.D., SARRUGE, J.R., BELLOTE, A.F.J. e TENÓRIO, Z. 1979 – Efeito do sódio na produção de matéria seca em mudas de cultivares de algodoeiro mocó (*Gossypium hirsutum* L. var. *Maria Galante*, Huchth.) cv' 9193 e C-71. *Anais da E.S.A. Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP*, 36:605-613.
- SARRUGE, J.R. 1975 – Soluções nutritivas. *Summa Phytopatologia*, Piracicaba, 1:231-233.
- SANTOS, J.A.S. 1981 – **Efeito da temperatura, pré-embebição e salinidade na germinação e vigor de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 91 p.

- SOARES, K.T. 1985 – **Efeito de soluções salinas com diferentes potenciais osmóticos na germinação e vigor de sementes de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L).** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 56 p.
- THOMAS, J.R. 1980 – Osmotic and specific salt effects on growth of cotton. *Agronomy Journal*, May/June 72(3):407-412.
- VASCONCELOS, M.F. de 1990 – **Comportamento de cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L) sob diferentes concentrações de sódio trocável.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 76 p.

José Vitaliano de Carvalho Rocha Filho
Zoraida Maria D. de Medeiros
e
Hílvaro Marques Moreira

Laboratório de Fisiologia Vegetal
Departamento de Sistemática e Ecologia
Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Universidade Federal da Paraíba
58059-900 João Pessoa, PB
BRASIL