

EFEITO DA SALINIDADE NA GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE
ALGODÃO HERBÁCEO (*Gossypium hirsutum* L.)

Antônio Ferreira Diniz

Dissertação apresentada como parte dos requisitos necessários
à obtenção do grau de
MESTRE DE FITOTECNIA

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - CEARÁ

1 9 7 9

Esta dissertação, faz parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

O material contido nesta dissertação poderá ser parcial ou integralmente transcrito, desde que seja feita a obrigatória e apropriada citação.

~~Antônio Ferreira Diniz~~

DISSERTAÇÃO APROVADA POR:

~~JOSÉ TARQUÍNIO PRISCO, Ph.D.~~
Orientador

~~Data~~

~~JOÃO BOSCO PITOMBEIRA, Ph.D.~~

~~Data~~

~~JOSE JACKSON L. DE ALBUQUERQUE, M.S.~~

~~Data~~

~~FRANCISCO JOSÉ ALVES F. TÁVORA, Ph.D.~~

~~Data~~

Esta conquista, resultante de ingentes esforços, é uma homenagem à minha adorável e abnegada esposa, a meus filhos e aos meus estimados pais e parentes.

AGRADECIMENTOS

Expressamos os nossos agradecimentos aos Membros do Comitê de Dissertação, representado por Dr. JOSÉ TARQUÍNIO PRISCO (Orientador), Dr. JOÃO BOSCO PITOMBEIRA, Prof. JOSÉ JACKSON LIMA DE ALBUQUERQUE e Dr. FRANCISCO JOSÉ ALVES FERNANDES TÁVORA (Convidado), pela segura e prestimosa orientação na execução dos trabalhos objeto desta Dissertação.

Registramos também nossa gratidão a todo o corpo docente e administrativo do Centro de Ciências Agrárias, pelo alto espírito de cooperação e solicitude.

De maneira particular, agradecemos às seguintes pessoas:

Prof. JONAS PAES DE OLIVEIRA, pela orientação prestada em grande parte do desenvolvimento desta Dissertação;

Prof. ANTÔNIO DE ALBUQUERQUE SOUSA FILHO, ex-Diretor do Centro de Ciências Agrárias;

Prof. JOSÉ BRAGA PAIVA, ex-Chefe do Departamento de Fitotecnia;

Prof. CLAIRTON MARTINS DO CARMO, Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela distinção no relacionamento com os alunos do Curso de Pós-Graduação;

Prof. JOSÉ FERREIRA ALVES, pelas valiosas sugestões em assuntos pertinentes à disciplina que leciona;

Prof. ÍTALO CLÁUDIO FALESI, ex-Diretor do extinto Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte (IPEAN); pelo irrestrito apoio e confiança em nós depositada.

IRENE AYRES DINIZ (esposa), pelo seu exaustivo trabalho em diversas fases da elaboração desta Dissertação;

CLÉRTON DE OLIVEIRA CASTRO e MARIA DAS GRAÇAS DA COSTA MACIEL, auxiliares de laboratório, que colaboraram nos trabalhos de laboratório.

Estendemos um especial agradecimento a todos os parentes e amigos que, embora não citados nesta página, contribuíram, de uma maneira ou de outra, para o êxito deste trabalho.

Finalmente, agradecemos à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, pela oportunidade de concretizarmos o nosso objetivo e pelo apoio financeiro, sem o qual este trabalho não se teria realizado.

CONTEÚDO

	<u>Página</u>
LISTA DE TABELAS	vii
DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS	ix
RESUMO	x
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA	4
Salinidade e Germinação de Sementes	4
Tolerância das Plantas à Salinidade	6
Efeitos Específicos dos Diferentes Sais ...	9
MATERIAL E MÉTODOS	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
Influência da Salinidade na Germinação	16
Influência da Salinidade na Emergência das Ra- dículas	20
Influência da Salinidade na Ocorrência de Plântulas Anormais	22
Influência da Salinidade no Vigor das Semen- tes	24
CONCLUSÕES	29
LITERATURA CITADA	31

LISTA DE TABELAS

Tabela	<u>Página</u>
<p>I Percentagem de germinação de sementes de tres cultivares (IAC-13-1, SU-0450, AFC-38-1295) de algodão herbáceo (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) semeadas em substratos salinizados com soluções de NaCl ou Na₂SO₄ de diferentes potenciais hídricos (0, -2, -4, -6, -8 e -10 bar).</p>	17
<p>II Análises de variância para efeitos da salinidade em tres cultivares (IAC-13-1, SU-0450 e AFC-38-1295) de algodão herbáceo (<i>Gossypium hirsutum</i> L.). Parâmetros estudados: percentagem de germinação, percentagem de sementes com radículas emergidas, percentagem de plântulas anormais, comprimento médio da radícula das plântulas normais e comprimento médio das plântulas normais.</p>	19
<p>III Percentagem de sementes com radículas emergidas de tres cultivares (IAC-13-1, SU-0450 e AFC-38-1295) de algodão herbáceo (<i>Gossypium hirsutum</i> L.), semeadas em substratos salinizados com soluções de NaCl ou Na₂SO₄ de diferentes potenciais hídricos (0, -2, -4, -6, -8 e -10 bar).</p>	21
<p>IV Percentagem de plântulas anormais oriundas de sementes de tres cultivares (IAC-13-1, SU-0450, AFC-38-1295) de algodão herbáceo (<i>Gossypium hirsutum</i> L.), semeadas em substratos salinizados com soluções de NaCl ou Na₂SO₄ de diferentes potenciais hídricos (0, -2, -4, -6, -8 e -10 bar).</p>	23

LISTA DE TABELAS
(Continuação)

Tabela	<u>Página</u>
V Comprimento médio de radículas (cm) de plântulas normais oriundas de sementes de tres cultivares (IAC-13-1, SU-0450 e AFC-38-1295) de algodão herbáceo (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) semeadas em substratos salinizados com soluções de NaCl ou Na ₂ SO ₄ de diferentes potenciais hídricos (0, -2, -4, -6, -8 e -10 bar).	25
VI Comprimento médio de plântulas normais (cm) oriundas de sementes de tres cultivares (IAC-13-1, SU-0450, AFC-38-1295) de algodão herbáceo (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) semeadas em substratos salinizados com soluções de NaCl ou Na ₂ SO ₄ de diferentes potenciais hídricos (0, -2, -4, -6, -8 e -10 bar).	27
VII Coeficiente de correlação (r) e de determinação (r ²) entre níveis de salinidade e diferentes características estudadas na germinação e vigor de sementes de tres cultivares (IAC-13-1, SU-0450, AFC-38-1295) de algodão herbáceo (<i>Gossypium hirsutum</i> L.).	28

DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS

- arc - Arco
- bar - Unidade de potencial hídrico que é igual a 0.987 atm
- NaCl - Cloreto de sódio
- Na₂SO₄ - Sulfato de sódio
- sen - Seno
- Solo salino - Solos cuja condutividade elétrica do extrato de saturação, medida a 25°C, é maior do que 4 mmhos/cm e a percentagem de sódio trocável, à mesma temperatura, é inferior a 15%
- vs - versus
- GL - Grau de liberdade
- meq/l - miliequivalentes por litro
- RAS - Relação de Adsorção de Sódio, que é definida como sendo uma medida da atividade relativa de íons de sódio em relação de troca com o solo.

RESUMO

Executou-se um ensaio de laboratório objetivando estudar o efeito da salinidade na germinação e vigor de sementes de tres cultivares (IAC-13-1, SU-0450, AFC-38-1295) de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.). O referido ensaio foi instalado em germinadores tipo Biomatic, sob temperatura de 30°C, obscuridade e umidade relativa próxima à saturação. Adotando-se um esquema fatorial 3 x 2 x 6, em delineamento inteiramente casualizado, com duas repetições, estudou-se a germinação e vigor das sementes em substratos salinizados, com NaCl ou Na₂SO₄. Foram estabelecidos seis níveis de salinidade, expressos pelos potenciais hídricos de 0, -2, -4, -6, -8 e -10 bar.

Constatou-se que a germinação foi mais inibida nos substratos salinizados com Na₂SO₄ do que naqueles salinizados com NaCl.

Apesar de não se poder concluir taxativamente, os resultados sugerem uma superioridade da cultivar IAC-13-1 sobre as demais (SU-0450 e AFC-38-1295), no que diz respeito a tolerância à salinidade durante o processo germinativo.

A emersão da radícula não parece ser um bom critério para avaliar a germinação quando se estuda os efeitos da salinidade neste processo fisiológico.

Verificou-se que o número de plântulas anormais aumentou com o incremento da salinidade, sendo que o efeito deletério do Na₂SO₄ foi mais pronunciado do que o do NaCl.

Nos substratos salinos utilizados, o vigor das plântulas, tanto quando foi avaliado através do comprimento médio das radículas como quando foi avaliado pelo comprimento

médio das plântulas, apresentou tendência a decrescer com a redução do potencial hídrico, ou seja, com o aumento da salinidade.

Os efeitos deletérios da salinidade na germinação e vigor de sementes de algodoeiro herbáceo dependeram da cultivar, do nível de salinidade e do tipo de sal. Esse interrelacionamento é de fundamental importância e deve ser considerado como básico em programas de melhoramento que visem promover judiciousa seleção de cultivares de algodão herbáceo resistentes à salinidade.

INTRODUÇÃO

A presença de excesso de sais solúveis no solo acarreta, frequentemente, prejuízos ao desenvolvimento e produção das plantas. A concentração de sais, acima da qual o desenvolvimento das plantas é afetado, depende de diversos fatores, tais como, textura do solo, distribuição de sais no perfil do solo, composição dos sais e espécie de planta (Richards, 1954).

Como os solos salinos ocorrem geralmente em regiões de clima árido e semi-árido, verifica-se que as áreas afetadas pelo processo de salinização combinam duas características adversas às plantas que são a salinidade e a aridez (Dregne, 1963, citado por Epstein, 1975).

O processo de salinização dos solos é geralmente causado pela acumulação de cloretos e sulfatos, decorrendo pouco frequentemente da acumulação de carbonatos (Strogonov, 1964). A salinidade se torna um problema de máxima importância para a agricultura, quando, em consequência da irrigação, um solo não salino se torna salino (Richards, 1954). Bernstein et al., (1955), confirmam esse fato, relatando que observaram alterações na salinidade do solo, enfatizando o efeito de irrigações frequentes com água dotada de elevada quantidade de sais solúveis. Esse fato vem ocorrendo na maioria das áreas irrigadas, não somente como consequência do uso, quase sempre inevitável, de águas de irrigação de baixa qualidade, como também devido a outros fatores, tais como, drenagem inadequada e solos de baixa permeabilidade.

Várias informações sobre os efeitos deletérios da salinidade demonstram sua importância como fator limitante da produção agrícola em diversas áreas continentais do globo. Assim Kovda (1937) e Fedorov (1954), ambos citados por Strogonov

(1964), informam que cerca de 10% da superfície do solo na União Soviética apresentam problemas de salinidade e vários distritos da Ásia Central apresentam áreas salinizadas e solos alagadiços que alcançam um total de 89% da área irrigada dessas regiões. Nos Estados Unidos da América do Norte, o problema da salinização é realmente grave em apreciáveis áreas de seus vales irrigados, estimando-se que mais de 25% do total da área irrigada não vem produzindo a contento, dado o problema de salinidade (Black, 1968). Em outras áreas, como na costa sul do Peru, por exemplo, foi verificado que cerca de 83% da área irrigada apresenta problemas de alcalinidade e salinidade (Masson, 1966, citado por Daker, 1970). Desai et al., (1957) informam que os rizicultores indianos, especialmente os dos distritos de baixa precipitação pluviométrica obtêm frequentemente cultura com baixo "stand" em decorrência da salinidade e alcalinidade natural da água de irrigação utilizada.

No Brasil, de maneira geral, não existem dados precisos capazes de possibilitar uma estimativa do total de áreas salinizadas ou em vias de salinização. No caso específico do Nordeste Brasileiro, o problema da salinização dos solos agrícolas já foi constatado em diversas áreas, estimando-se que cerca de 20 a 25% da área irrigada desta região já apresenta esse problema (Pizarro & Damasceno, 1975; Goes, 1978). Todavia em alguns perímetros irrigados, esta percentagem chega a ser bem superior à média da região, como é o caso do perímetro de São Gonçalo na Paraíba e o de Ceraíma na Bahia (Goes, 1978).

Diante da importância econômica dos problemas causados pela salinidade, depreciando os solos em seu valor cultural e mormente quando outras alternativas são economicamente inexecutáveis, há necessidade de informações detalhadas sobre a sensibilidade das culturas a sais, em suas diferentes

fases de desenvolvimento. Como na maioria das vezes a germinação e o desenvolvimento das plântulas são os estágios críticos da produção das culturas sob condições salinas (Ayers, 1952), um estudo acurado sobre essas fases, deve ser procedido quer entre espécies, quer entre variedades de uma mesma espécie, visando assegurar-se um "stand" satisfatório de plantas em áreas salinizadas.

No atual estágio da agricultura mundial, circunstâncias econômicas e técnico-científicas têm contribuído para ensejar a investigação sobre variados aspectos da tolerância das espécies cultivadas, à salinidade. De igual modo, no Nordeste Brasileiro, estudos dessa natureza assumem grande importância, mormente com a cultura algodoeira de vez que esta apresenta grande expansão nas áreas irrigadas.

Portanto, o presente estudo tem como objetivo determinar o efeito dos sais comumente encontrados nos solos salinos, sobre o processo germinativo e vigor de sementes de tres cultivares de algodão herbáceo utilizados na região do Nordeste do Brasil.

REVISÃO DE LITERATURA

Salinidade e Germinação de Sementes

A literatura revela que grande tem sido o interesse dos pesquisadores em estudar o problema da tolerância das plantas cultivadas aos sais (Hayward & Wadleigh, 1949; Ayers et al., 1952; Hayward & Bernstein, 1960; Bernstein & Hayward, 1958; Bernstein, 1962; Lipman et al., 1962; Strogonov, 1964). As opiniões sobre os efeitos da salinidade nas diferentes culturas são, no entanto, bastante controversas. Algumas espécies são tolerantes aos sais durante as últimas etapas do seu desenvolvimento, e extremamente sensíveis durante as fases de germinação e desenvolvimento da plântula. Embora existam consideráveis evidências de que a germinação e o crescimento de plântulas são particularmente sensíveis à salinidade do solo, trabalhos de vários pesquisadores (Ayers & Hayward, 1949; Abel & Mackenzie, 1964) demonstram que não existe correlação entre a tolerância salina na fase de germinação das sementes e aquela apresentada nas fases subseqüentes do desenvolvimento.

Prisco (1969), citando Buffum (1896, 1899), informa que há muito tempo é conhecido o efeito adverso da salinidade sobre a germinação de sementes. Strogonov (1964) relata os efeitos prejudiciais, causados pelo excesso de sal no solo, à germinação de sementes de várias espécies de plantas cultivadas. Trabalhos realizados por Ayers & Hayward (1949) e Lyles & Fanning (1964), revelam que alfafa, cana-de-açúcar, cevada, milho, feijão e sorgo cultivados em solos salinizados apresentam baixa emergência de plântulas.

Os estudos relativos à influência da salinidade na germinação de sementes e vigor das plântulas, fatores de relevante importância para estabelecimento da cultura em con-

dições de salinidade, têm ensejado a formulação de hipóteses como a do efeito da pressão osmótica, do efeito tóxico e da combinação desses dois efeitos.

A ocorrência de uma quantidade excessiva de sais acarreta um abaixamento no potencial hídrico do solo, causando, por conseguinte, uma diminuição no gradiente de potencial hídrico entre o solo e as células das sementes, provocando assim um decréscimo na quantidade de água a ser absorvida pelas sementes (Uhvits, 1946; Mayer & Poljakoff Mayber, 1963; Black, 1968; Prisco & O'Leary, 1970). O insucesso na germinação de sementes em soluções salinas é apontado por Novikov (1942), citado por Strogonov (1964), como resultante de a pressão osmótica ser mais elevada na solução salina do que nas células das sementes. Prisco & O'Leary (1970) relatam que o aumento da pressão osmótica da solução externa causa uma diminuição da absorção de água pelas sementes de feijão "red kidney" (*Phaseolus vulgaris* L.) acarretando como consequência uma redução da velocidade e percentagem de germinação dessas sementes. O efeito inibitório da pressão osmótica na germinação é também apontado por Strogonov (1964) citando trabalhos de Kovda (1946) e Rizhov (1948). Uma extensa revisão de Jensen (1972) relata que a germinação e a emergência de plântulas da maioria das espécies cultivadas, são retardadas progressivamente com o aumento da tensão de água no solo. Esse fato é de grande importância, pois de acordo com Wanjura et al. (1959), o tempo requerido para a emergência constitui um ótimo indicador do vigor e habilidade de produção do algodoeiro.

Observações de campo feitas por Strogonov (1964) levaram-no a concluir que a inibição do processo germinativo em solos salinos, não pode ser explicada somente pela elevada pressão osmótica da solução do solo. Reportando-se à influência negativa da salinidade na percentagem de germinação e na

velocidade de emergência das plântulas, Uhvits (1946) e Ayers & Hayward (1949), referem-se a efeitos físico-químicos da salinidade e não somente a efeitos físicos, como seria o caso da pressão osmótica. A diminuição do processo de absorção de água e a entrada de íons em quantidade suficiente para tornarem-se tóxicos às sementes são, segundo Ayers (1952), as causas principais da inibição da germinação sob condições de salinidade dos solos.

Tolerância das Plantas à Salinidade

Baseados em numerosas investigações, Hayward & Wadleigh (1949) informam que as diversas espécies e variedades de plantas cultivadas apresentam tolerância diferencial aos sais quando testadas sob condições uniformes de salinidade. Porém, de uma maneira geral, quanto ao problema de tolerância à salinidade, tem-se afirmado que a tolerância ao sal entre espécies pode diferir amplamente, fato que não ocorre para a maioria das variedades de uma mesma espécie, cujas diferenças são muito pequenas (Abel & Mackenzie, 1964).

Na literatura referente ao estudo da tolerância das culturas às condições de salinidade são inúmeros os registros de evidências que confirmam a afirmativa de Ayers & Hayward (1949) quanto ao relacionamento complexo e variável manifestado pelas plantas em função do estágio de desenvolvimento vital destas, quando submetidas a influência deletéria do excesso de sais.

Em relação à cultura do arroz, os investigadores têm demonstrado que comparativamente essa cultura é mais tolerante às condições de salinidade no estágio de germinação do que nos estágios de plântula e de formação dos grãos (Kapp, 1947; Pearson, 1959; Pearson & Bernstein, 1959; Pearson et al., 1966).

Ayoub (1977) informa que a lentilha (*Lens esculenta* L.) é moderadamente tolerante à salinidade no estágio de germinação e mais sensível nos estágios subsequentes de desenvolvimento.

Numerosos estudos têm sido conduzidos visando a avaliação da variabilidade entre espécies e variedades no que diz respeito a tolerância a sais (Bernstein & Hayward, 1958, Dewey, 1962a e 1962b; Maliwal, 1967; Blumbla et al., 1968). Dewey (1969) exemplifica que a tolerância interespecífica e intervarietal constitui um ótimo auxílio na seleção de espécies e variedades que certamente obterão sucesso em condições salinas e possibilitarão bases fisiológicas para programas de melhoramento.

De acordo com Ivanov (1974), a tolerância a sais entre espécies e variedades, depende da origem das plantas, sendo essa tolerância mais acentuada em plantas oriundas de clima seco. Essa afirmativa provavelmente fundamenta-se no fato de muitos autores, conforme cita Magistad (1945), haverem notado um certo relacionamento entre plantas tolerantes à seca e plantas tolerantes à salinidade. Por outro lado, Hayward & Bernstein (1958), citando trabalho de Strogonov (1946), informam que o referido autor, estudando a adaptação da cultura do algodão à salinidade, observou que as plantas oriundas de sementes produzidas sob condições salinas, não apresentaram nenhum incremento quanto à tolerância à salinidade.

Diferenças marcantes, relativas às respostas registradas, tanto para espécies, quanto para variedades, em condições de salinidade, têm ensejado a elaboração de escalas de tolerância salina. Desse modo, Kearney & Scofield (1936), e Ayers et al. (1952) consideram, o algodão e a cevada culturas altamente tolerantes à salinidade, o que está de acordo com a

escala de tolerância apresentada por Kovda et al., (1973). Novikov (1942), citado por Strogonov (1964), relaciona o algodão como uma halófito facultativa. Longenecker (1973) informa que, sendo o algodão uma das culturas mais tolerantes à salinidade, não ocorrem reduções substanciais na germinação, desenvolvimento e produção dessa cultura em solos cujos valores de condutividade elétrica do extrato de saturação não ultrapassem a 6 mmhos/cm.

Blumbla et al., (1968) enfatizam que as observações do Punjab, aliadas aos resultados obtidos por estes autores, permitem classificar o algodão como uma cultura sensível à salinidade.

Ayers (1953) avaliou 30 variedades de cevada em processos de germinação e encontrou acentuadas diferenças quanto à habilidade de germinar em solos salinizados.

Wahhab et al., (1957) referem-se a diferenças significativas interespecífica e intervarietal quanto à tolerância salina durante o estágio de germinação de trigo, algodão, e milho. Relatam, ainda os referidos autores, que o algodão, no estágio estudado, foi menos tolerante à salinidade do que o trigo e o milho, sendo que as diferenças constatadas entre as variedades de algodão foram bem menores do que as constatadas entre as variedades de milho e trigo.

Harris (1928) informa que em condições de salinidade a cultivar de algodão "Pima Egipcio" semeada em solos salinos foi definitivamente superior quanto a sua habilidade para estabelecer plântulas, quando comparada com cultivares anuais. Similar superioridade foi demonstrada para a cultivar "Sea Island".

Abel & Mackenzie (1964) investigando a tolerância salina em soja (*Glycine max* (L.) Merrill) durante os estágios de germinação e subsequente desenvolvimento, evidenciaram diferenças entre as seis variedades estudadas. Resultados semelhantes foram obtidos por Mercado & Malabayamas (1971) estudando 6 variedades de arroz.

Maliwal & Paliwal (1974) observaram que os efeitos da salinidade e dos níveis de RAS (Relação de Adsorção de SÓdio), sobre a germinação de 11 cultivares de milho (*Zea mays* L.), variaram consideravelmente entre si. Diferenças varietais foram também encontradas no estudo de 3 variedades de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) empreendido por Ghorashi et al., (1972).

Outros autores como El-Zahab (1973), Sharma et al. (1971), Bari et al., (1973) também encontraram diferenças marcantes entre variedades de diversas espécies, no que diz respeito a germinação, em função do tipo e da concentração do sal.

Efeitos Específicos dos Diferentes Sais

Existem, segundo informam Hayward & Wadleigh (1949) evidências de que certos íons podem ser tóxicos ao embrião ou plântulas quando ocorrem em concentrações suficientemente altas, sendo essa toxidez refletida pela redução da germinação, aliada frequentemente às anormalidades no crescimento e desenvolvimento das plântulas.

Apesar dos inúmeros trabalhos quanto aos efeitos específicos dos diversos sais sobre a germinação de sementes, verifica-se que os resultados apresentados são controvertidos. Assim, Tulaikov (1922), citado por Strogonov (1964), afirma que o efeito dos sais sobre a germinação não depende da comp

sição da solução e sim da pressão osmótica. Todavia, no mesmo trabalho, Strogonov (1964) cita resultados obtidos por Port (1932) e Selavri & Ratsan (1936) que discordam basicamente de Tulaikov (1922).

Ainda de acordo com citações de Strogonov (1964), trabalhos de Sergeev (1936) e de Selavri & Ratsan (1936) relativos à germinação de trigo (*Triticum aestivum* L.) e centeio (*Secale cereale* L.) respectivamente, demonstram claramente que não há correlação entre tolerância ao NaCl versus Na_2SO_4 . Nos experimentos de Selavri & Ratsan (1936), algumas espécies tolerantes ao NaCl, foram pouco tolerantes ao Na_2SO_4 .

Em função da intensidade dos efeitos deletérios causados pelos sais à germinação de sementes, estes, segundo Strogonov (1964) podem ser assim ordenadas: $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl} > \text{solução equilibrada}$. Reporta-se ainda o referido autor aos efeitos de cloretos e sulfatos, os quais se manifestam diferentemente, dependendo das espécies ou das variedades.

Sumariando os resultados de seu estudo quanto a ação deletéria dos diversos íons sobre as culturas, Harris (1915) informa que o cloreto (Cl^-) é o anión mais tóxico, enquanto o cátion mais tóxico é o sódio (Na^+).

Uhvits (1946) observa que as diferenças encontradas quanto à germinação de sementes para os substratos com concentração iso-osmóticas de cloreto de sódio e manitol sugerem que estas evidenciam um efeito tóxico ocasionado pelo sal, o qual cresce com o incremento da concentração salina.

Metha & Desai (1958), em estudo sobre os efeitos das condições salinas do solo na germinação de sementes de oito diferentes culturas, dentre as quais o algodão variando a concentração de cloreto de cálcio e cloreto de sódio, obti-

veram resultados que, de um modo geral, evidenciaram o atraso e o decréscimo da percentagem de germinação em função do incremento da salinidade. Complementando, os autores em referência informam no trabalho em pauta que, exceção feita à percentagem de germinação das sementes de algodão, na qual reflexos positivos ou negativos não foram detectados, as percentagens de germinação das demais culturas revelaram que a influência do íon cloro foi maior do que a do íon cálcio.

Arca & Canepa (1963) constataram que na fase de germinação e emergência de plântulas, sementes de milho e cevada foram mais tolerantes à salinidade ocasionada por cloreto de sódio e nitrato de sódio, do que sementes de algodão e, ainda, que o atraso, bem como o decréscimo da germinação das sementes dessas culturas foram diretamente proporcionais aos aumentos da concentração desses sais.

George & Williams (1969) estudaram os efeitos de sulfato de sódio, cloreto de sódio e cloreto de cálcio na germinação de duas variedades de trevo ("ladino" e "strawberry"), e da variedade de cevada "California Mariout". Eles encontraram que as variedades de trevo foram mais suscetíveis a influência de cloreto de cálcio que a variedade de cevada. Além disso, informam que tanto as variedades de trevo quanto a variedade de cevada mostraram uma maior sensibilidade ao sulfato de sódio do que ao cloreto de sódio.

Abutalibov (1940a), citado por Strogonov (1964) estudando os efeitos da salinidade sobre a germinação do algodoeiro encontrou que baixas concentrações de sulfatos estimulam a germinação de sementes, enquanto que altas concentrações inibem esse processo.

Blagloveshchenskii (1942b), também citado por Strogonov (1964), demonstrou que NaCl é relativamente menos tóxico para as sementes de *Phaseolus aureus* Roxb do que Na₂SO₄, enquanto os cloretos são mais tóxicos do que sulfatos para as sementes de algodão.

De acordo com Gridd-Papp (1965), a semente de algodão é bastante sensível à salinidade pois enquanto o ácido sulfúrico e o cálcio estimulam a germinação, sais de sódio, potássio e magnésio, principalmente carbonatos prejudicam o crescimento da radícula.

Rao et al., (1969) e Narale et al., (1969) são até certo ponto coincidentes quanto às conclusões apresentadas relativas ao efeito da salinidade sobre a germinação de sementes de arroz, pois concluem que, dependendo da concentração e espécie de sal no meio ambiente, a germinação poderá ser função dos efeitos osmótico e tóxico dos sais.

Sharma et al., (1971) também relatam que as diferenças encontradas na germinação de *Phaseolus aureus* Roxb quando submetido a condições de salinidade, ocasionada por diferentes sais em concentrações variadas, indicam que os íons presentes na solução salina têm efeito específico sobre o processo germinativo, e, portanto, a natureza do sal é tão importante quanto sua concentração.

MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos do presente trabalho foram conduzidos no Laboratório de Sementes do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, Ceará, Brasil, durante o mês de dezembro de 1975.

As sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) utilizadas foram provenientes do Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Leste (IPEAL), localizado no município de Cruz das Almas, Estado da Bahia, Brasil. Elas faziam parte das Sementes Básicas I, das cultivares de algodão tipo "upland" IAC-13-1, SU-0450 e AFC-38-1295, utilizadas no Nordeste Brasileiro.

Dois sais compostos de íons, de relevante importância no problema de salinização dos solos, foram testados, sendo eles o cloreto de sódio (NaCl) e o sulfato de sódio (Na_2SO_4).

Os seis níveis de salinidade estudados expressos pelos potenciais hídricos das soluções dos referidos sais, foram: 0 (testemunha), -2, -4, -6, -8 e -10 bar. As quantidades de sais necessárias para obtenção dos níveis de salinidade desejados foram calculadas a partir de dados de Richards (1954).

O experimento foi instalado obedecendo a um esquema fatorial 3 x 2 x 6, em delineamento inteiramente casualizado, constando de 36 tratamentos e 2 repetições, segundo método descrito por Snedecor & Cochran (1967).

Como substrato para germinação, foi utilizado papel toalha, medindo 27 x 23 cm. Foram usadas duas toalhas superpostas servindo de base para distribuição das sementes e uma terceira como cobertura, sendo o conjunto dobrado em forma de rolo.

As sementes, em número de 100 por tratamento, foram postas para germinar em fileiras únicas de 10 unidades por substrato, espaçadas de 2 cm. Cada grupo de 10 rolos, contendo 10 sementes por rolo, foi acondicionado verticalmente em depósitos plásticos, os quais foram dispostos nos germinadores tipo Biomatic (Companhia Importadora de Aparelhos Científicos Ltda, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) com prateleiras horizontais, sob temperatura de 30°C, obscuridade e umidade relativa próxima à saturação.

Todas as observações foram feitas no 7º dia, a partir da data do estabelecimento das unidades experimentais. Nesta ocasião, o material foi classificado, de acordo com Anônimo (1967), em plântulas normais, plântulas anormais e sementes não germinadas (duras, dormentes e deterioradas).

As plântulas consideradas normais apresentaram sempre hipocótilo, radícula e cotilédones bem desenvolvidos com um comprimento total (hipocótilo + radícula) igual ou superior a 5 cm, ao contrário das anormais, que apresentaram aquelas estruturas essenciais tortuosas, atrofiadas e apodrecidas (com comprimento total menor que 5 cm). Foram consideradas sementes com radículas emergidas o conjunto formado pelas plântulas normais, plântulas anormais e sementes em início de germinação.

Para efeito de avaliação da percentagem de germinação, somente as plântulas normais foram consideradas (Colbry et al., 1961). O vigor das sementes foi avaliado com base no comprimento médio das radículas e no comprimento médio das plântulas.

Para efeito de análise estatística, os dados percentuais originais foram transformados mediante aplicação da transformação $\sqrt{\%}$ (Snedecor, 1956). De acordo com os

métodos convencionais e, segundo a técnica descrita por Cochran & Cox (1957), os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância. As médias representativas dos diversos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste Tukey, com limite fiducial de 1% de probabilidade. Também como parte complementar deste estudo, foram efetuados estudos de correlação entre níveis de salinidade e diferentes características estudadas na germinação e vigor das sementes de algodão herbáceo.

De vez que o coeficiente de correlação (r) é uma medida puramente descritiva, foi calculado o quadrado deste coeficiente, representado em termos percentuais e interpretado pelo coeficiente de determinação (r^2).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Influência da Salinidade na Germinação

A percentagem de germinação das sementes das cultivares IAC-13-1, SU-0450 e AFC-38-1295 em substratos salinizados com NaCl ou Na_2SO_4 de diferentes potenciais hídricos encontram-se na Tabela I. Nesta tabela observa-se que em substrato salinizados com NaCl as percentagens de germinação das cultivares IAC-13-1 e AFC-38-1295 não diferiram significativamente do controle quando os níveis de salinidade atingiram potenciais hídricos com valores decrescentes de até -4 bar. No entanto, o mesmo não aconteceu com a cultivar SU-0450 cuja percentagem de germinação decresceu em relação ao controle a partir de -2 bar, demonstrando assim uma possível menor tolerância desta ao NaCl.

De conformidade com o que têm escrito e comentado diversos autores sobre diferenças intervarietais na percentagem de germinação das sementes em função da salinidade (Ayers, 1953; Abel & Mackenzie, 1964; Mercado & Malabayamas, 1971; Ghorashi et al., 1972; Jensen, 1972; Maliwal & Paliwal, 1972; Bari et al., 1973; Kheradnam & Ghorashi, 1973), constatou-se marcantes diferenças entre as cultivares de algodoeiro herbáceo estudadas (Tabelas I e II). Essa evidência conflita, até certo ponto, com os resultados obtidos por Wahhab et al., (1957) e Arca & Canepa (1963) para a germinação de sementes de algodão em condições de salinidade.

Quando foram considerados os substratos salinizados com Na_2SO_4 (Tabela I) verificou-se que de modo análogo ao que ocorreu em substratos salinizados com NaCl, que a percentagem de germinação da cultivar IAC-13-1 não apresentou decréscimo significativo em relação ao nível testemunha nos ní

TABELA I - Percentagem de germinação de sementes de tres cultivares (IAC-13-1, SU-0450, AFC-38-1295) de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) semeadas em substratos salinizados com soluções de NaCl ou Na₂SO₄ de diferentes potenciais hídricos (0, -2, -4, -6, -8 e -10 bar).

Sal	Potencial hídrico (bar)	Cultivar (1)			Médias
		IAC-13-1	SU-0450	AFC-38-1295	
NaCl	0	77,00a	65,00a	62,00a	68,00a
	- 2	77,00a	64,00a	60,50a	65,50a
	- 4	73,50ab	48,00b	57,50a	59,67b
	- 6	67,00b	35,50c	11,00b	37,83c
	- 8	56,00c	30,50d	11,00b	32,50d
	-10	19,00d	25,50d	5,50c	16,67e
Médias		61,58a	44,75b	34,58c	46,69
Na ₂ SO ₄	0	77,00a	65,00a	62,00a	68,00a
	- 2	72,00a	64,00a	50,00b	60,33b
	- 4	71,00a	28,00b	40,00c	46,33c
	- 6	36,50b	19,00c	0 d	18,50d
	- 8	0 c	0 d	0 d	0 e
	-10	0 c	0 d	0 d	0 e
Médias		42,75a	29,33b	25,33c	32,19

(1) Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 1% pelo teste Tukey. Excetuando as médias de cada cultivar, dentro de cada sal, que foram confrontadas na horizontal, todas as demais o foram na vertical.

veis de potenciais hídricos de até -4 bar. Todavia, o mesmo não ocorreu para as percentagens de germinação das cultivares SU-0450 e AFC-38-1295 que decresceram, respectivamente, a partir dos potenciais hídricos de -4 e -2 bar. As sementes das cultivares IAC-13-1 e SU-0450 não germinaram quando o potencial hídrico foi igual ou inferior a -8 bar, já para a cultivar AFC-38-1295 esse efeito inibitório se manifestou com o potencial hídrico menor do que -6 bar.

Confrontando-se as médias referentes as percentagens de germinação das cultivares em substratos salinizados com NaCl ou Na_2SO_4 (Tabela I) observa-se que a cultivar IAC-13-1 revelou-se relativamente mais tolerante que as cultivares SU-0450 e AFC-38-1295. Apesar dessa evidência, não se pode afirmar que a cultivar IAC-13-1 seja realmente mais tolerante que as demais, haja vista que tanto a cultivar SU-0450 quanto a AFC-38-1295 apresentaram no nível controle, germinação bem inferior à apresentada pela cultivar IAC-13-1.

Os sais influenciaram diferentemente a percentagem de germinação, sendo esta relativamente menor nos substratos salinizados com Na_2SO_4 do que naqueles salinizados com NaCl (Tabela II). Esses resultados estão de acordo com os obtidos com sementes de sorgo, por Barbosa (1975) e Souto (1976). Apesar dos sulfatos serem, em muitos casos, mais tóxicos do que os cloretos, isto nem sempre acontece. Por exemplo, Strogonov (1964), baseado em dados de Blagloveschenskii (1942b) e de Abutalibov (1940a), afirma que os cloretos são menos tóxicos do que os sulfatos no que diz respeito à germinação de *Phaseolus aureus*, enquanto que o inverso acontece com o algodão.

Conforme evidencia a Tabela VII a germinação das cultivares e os níveis de salinidade expressos em potenciais hídricos estão positivamente correlacionados e fortemente associados. Verifica-se que o coeficiente de correlação (r) foi altamente significativo e o coeficiente de determinação (r^2) foi igual a 83,57%.

TABELA II - Análises de variância para efeitos da salinidade em tres cultivares (IAC-13-1, SU-0450 e AFC-38-1295) de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.). Parâmetros estudados: percentagem de germinação, percentagem de sementes com radículas emergidas, percentagem de plântulas anormais, comprimento médio da radícula das plântulas normais e comprimento médio das plântulas normais.

Fontes de Variação	G.L.	Q u a d r a d o s M é d i o s				
		% de germinação	% de sementes com radículas emergidas	% de plântulas anormais	Comprimento médio da radícula das plântulas normais	Comprimento total médio das plântulas normais
(Tratamentos)	(35)	951,89**	297,77**	131,22 **	15,09**	67,17**
Cultivares (A)	2	1.437,93**	1.144,18**	107,005**	1,82ns	4,73**
Sais (B)	1	3.521,84**	3.338,13**	15,26 **	13,18**	147,92**
Níveis de Salinidade (C)	5	4.375,84**	359,59**	356,402**	82,12**	399,15**
A vs B	2	27,52**	142,78**	187,16 **	1,82ns	3,51**
A vs C	10	210,18**	91,61**	81,239**	2,79*	4,74**
B vs C	5	498,81**	189,57**	153,884**	26,96**	49,35**
A vs B vs C	10	38,82**	84,10**	62,486**	1,53ns	4,48**
Resíduo	36	2,33	4,59	0,08	0,12	0,07
Coefficiente de Variação (%)	-	4,2	3,35	1	4,28	3,0

ns = não significativo.

* = significativo ao nível de 5%.

** = significativo ao nível de 1%.

Influência da Salinidade na Emerção das Radículas

Alguns autores como Ungar (1967), Stone et al., 1973, consideram um bom critério para a avaliação da germinação a percentagem de sementes com radículas emergidas. Dessa maneira, também usou-se neste estudo o referido critério para se avaliar a germinação de sementes das tres cultivares de algodão herbáceo submetidas a diferentes níveis de salinidade. Os resultados acham-se na Tabela III. Observa-se nesta tabela que os substratos salinizados com NaCl, nos potenciais hídricos de 0, -2 e -4 bar as cultivares IAC-13-1, SU-0450 e AFC-38-1295 evidenciaram a tendência de praticamente não apresentarem decréscimo significativo da percentagem de sementes com radículas emergidas. Por outro lado, observa-se que para a cultivar IAC-13-1 essa tendência foi de certa forma prolongada até o potencial hídrico de -6 bar.

Considerando-se os substratos salinizados com Na_2SO_4 (Tabela III) observa-se que a percentagem de sementes com radículas emergidas das cultivares testadas não apresentaram decréscimo em função do aumento de salinidade. Ao contrário, constatou-se que em determinados potenciais hídricos houve um aumento da percentagem de sementes com radículas emergidas em relação ao controle. Esse fato, ocorreu com as cultivares IAC-13-1 e AFC-38-1295 nos potenciais hídricos de -2, -4 e -6 bar e com a cultivar SU-0450 nos potenciais hídricos de -2 e -6 bar. Ressalta-se que a cultivar AFC-38-1295 apresentou no potencial hídrico de -4 bar 100% de sementes com radículas emergidas.

Considerando-se o efeito isolado dos sais, observou-se que a ocorrência de sementes com radículas emergidas apresentou um percentual estatisticamente maior em substrato salinizado com Na_2SO_4 de que com NaCl (Tabela II).

TABELA III - Percentagem de sementes com radículas emergidas de tres cultivares (IAC-13-1, SU-0450 e AFC-38-1295) de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.), semeadas em substratos salinizados com soluções de NaCl ou Na₂SO₄ de diferentes potenciais hídricos (0, -2, -4, -6, -8 e -10 bar).

Sal	Potencial hídrico (bar)	Cultivar (1)			Médias
		IAC-13-1	SU-0450	AFC-38-1295	
NaCl	0	88,00a	80,50a	73,50a	80,67a
	- 2	89,00a	81,50a	73,00a	81,17a
	- 4	87,50a	75,50ab	72,00a	78,33a
	- 6	84,00ab	63,50bc	28,50b	58,66b
	- 8	76,00b	62,00c	33,50b	57,17b
	-10	75,50bc	60,00c	36,50b	59,17b
	Médias	83,33a	70,42b	52,83c	68,86
Na ₂ SO ₄	0	88,00b	80,50b	73,50cd	80,67c
	- 2	96,50a	96,00a	81,50b	91,33b
	- 4	97,00a	83,50b	100,00a	93,50a
	- 6	97,00a	94,00a	87,00b	92,66b
	- 8	89,50b	78,00b	78,50c	82,00c
	-10	88,50b	82,00b	83,50b	84,67c
	Médias	92,75a	85,67b	84,00b	87,47

(1) Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 1% pelo teste Tukey. Excetuando as médias de cada cultivar dentro de cada sal que foram confrontadas na horizontal, todas as demais o foram vertical.

Esses resultados ensejaram aceitar-se como válida a afirmativa de que os sulfatos estimulam a germinação (Strogonov, 1964 citando Abutalibov 1940a) caso a emersão de radícula seja utilizada para avaliação desse fenômeno a exemplo do que têm feito alguns pesquisadores. Verifica-se, todavia, que a avaliação da germinação através da percentagem de sementes com radículas emergidas não é um bom critério pois, esse agrupamento engloba plântulas que por certo originarão plantas raquíticas e deficientes em campo, Prisco (1969).

Os potenciais hídricos e a percentagem de sementes com radículas emergidas apesar de positivamente correlacionados apresentam uma associação de apenas 9,30% (Tabela VII).

Influência da Salinidade na Ocorrência de Plântulas Anormais

Na Tabela IV encontra-se a percentagem média de plântulas anormais decorrente da ação de substratos salinizados com soluções de diferentes potenciais hídricos obtidos através dos sais NaCl ou Na₂SO₄. Os resultados revelam uma tendência generalizada para um aumento na ocorrência de plântulas anormais com o decréscimo do potencial hídrico. Analisando-se o efeito dos potenciais hídricos das soluções obtidas através da adição do NaCl, verifica-se que o acréscimo de plântulas anormais em relação ao nível testemunha (0 bar) na cultivar AFC-38-1295 torna-se acentuado a partir de -4 bar, o mesmo não ocorrendo para as cultivares IAC-13-1 e SU-0450 nas quais o acréscimo praticamente ocorreu a partir de -2 bar. Para os substratos salinizados com Na₂SO₄ observa-se que a ocorrência de maior percentual de plântulas anormais para as cultivares AFC-38-1295 e SU-0450 foi registrado no nível de -6 bar, enquanto para a cultivar IAC-13-1 foi no nível de -8 bar. Em todos os casos estudados o acréscimo do percentual se verificou a partir de -2 bar.

TABELA IV - Percentagem de plântulas anormais oriundas de sementes de tres cultivares (IAC-13-1, SU-0450, AFC-38-1295) de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.), semeadas em substratos salinizados com soluções de NaCl ou Na₂SO₄ de diferentes potenciais hídricos (0, -2, -4, -6, -8 e -10 bar).

Sal	Potencial hídrico (bar)	Cultivar (1)			Médias
		IAC-13-1	SU-0450	AFC-38-1295	
NaCl	0	11,00f	15,50d	11,50e	12,67f
	- 2	12,00ef	17,00c	12,50e	13,83e
	- 4	14,00d	27,50b	14,50d	18,67d
	- 6	17,00c	28,00b	17,50c	20,83c
	- 8	20,00b	31,50a	22,50b	24,67b
	-10	56,50a	34,50a	31,50a	40,83a
Médias		21,75b	25,67a	18,33c	21,92b
Na ₂ SO ₄	0	11,00e	15,50d	11,50e	12,67g
	- 2	13,50d	19,50c	15,50c	16,17e
	- 4	14,00d	20,00b	24,00b	19,33d
	- 6	48,00b	30,50a	37,50a	38,67a
	- 8	61,50a	16,50d	13,50d	30,50b
	-10	33,00c	19,00c	16,00c	22,67c
Médias		30,16a	20,17b	19,67c	23,34a

(1) Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 1% pelo teste Tukey. Excetuando as médias de cada cultivar dentro de cada sal, que foram confrontadas na horizontal, todas as demais o foram na vertical.

Apreciando-se as respostas obtidas para sais (Tabela II), verifica-se uma maior percentagem de plântulas anormais em Na_2SO_4 do que em NaCl . Esse fato evidencia que o Na_2SO_4 provocou, em relação ao NaCl , maiores danos às plântulas (hipocótilo, radícula e cotiledones), tornando-as tortuosas, apodrecidas e atrofiadas.

Com relação a ação dos diferentes níveis de salinidade constatou-se que os resultados obtidos com substratos salinizados com NaCl (Tabela IV) assemelham-se aos encontrados por diversos autores como Uhvits, 1946; Khudairi, 1958, Strogonov, 1964; Ghorashi *et al.*, 1962. Todavia, o mesmo não foi observado em substratos salinizados com Na_2SO_4 cujos resultados cresceram até o nível -6 bar para as cultivares SU-0450 e AFC-38-1295.

Embora exista uma correlação negativa significativa entre a % de plântulas anormais e os potenciais hídricos, esta associação é bastante fraca sendo apenas 12,98% determinada pelo coeficiente de determinação (Tabela VII).

Influência da Salinidade no Vigor das Sementes

Para o estudo do vigor das sementes das tres cultivares de algodão herbáceo submetidas a diferentes condições de salinidade, utilizou-se o comprimento médio das radículas e o comprimento médio das plântulas normais, sete dias após as sementes terem sido postas no germinador.

Os resultados da Tabela V mostram que em substratos salinizados com NaCl o comprimento médio das radículas das cultivares IAC-13-1, SU-0450 e AFC-38-1295 decresceu em função do aumento do nível de salinidade. Registrou-se que a cultivar AFC-38-1295 apresentou decréscimos significativos no comprimento da radícula em relação ao controle a partir do potencial hídrico de -4 bar, enquanto que para as cultivares IAC-13-1 e SU-0450 fato semelhante foi registrado a partir de -2 bar.

TABELA V - Comprimento médio de radículas (cm) de plântulas normais oriundas de sementes de tres cultivares (IAC-13-1, SU-0450 e AFC-38-1295) de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) semeadas em substratos salinizados com soluções de NaCl ou Na₂SO₄ de diferentes potenciais hídricos (0, -2, -4, -6, -8 e -10bar).

Sal	Potencial hídrico (bar)	Cultivar (1)			Médias
		IAC-13-1	SU-0450	AFC-38-1295	
NaCl	0	6,55a	8,95a	8,05a	7,85a
	- 2	5,20b	7,20b	7,15a	6,52b
	- 4	4,45b	4,90c	3,75b	4,37c
	- 6	3,15c	3,55d	3,65b	3,25d
	- 8	2,95c	3,50d	3,00b	3,15d
	-10	2,90c	3,45d	2,90b	3,08d
Médias		4,20	5,26	4,65	4,70
Na ₂ SO ₄	0	6,55a	8,95a	8,05a	7,85a
	- 2	6,50a	5,15b	7,10a	6,25b
	- 4	6,35a	4,80b	6,95a	6,03b
	- 6	4,25b	4,60b	0 b	2,95c
	- 8	0 c	0 c	0 b	0 d
	-10	0 c	0 c	0 b	0 d
Médias		3,94	3,92	3,68	3,85

(1) Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 1% pelo teste Tukey.

Quando foram considerados os substratos salinizados com Na_2SO_4 (Tabela V) constatou-se que as cultivares IAC-13-1 e AFC-38-1295 não apresentaram decréscimo do comprimento médio das radículas quando o potencial hídrico foi de até -4 bar. Verificou-se entretanto que para a cultivar SU-0450 o decréscimo se verificou a partir -2 bar. Ressalta-se ainda que nos substratos salinizados com Na_2SO_4 a cultivar AFC-38-1295 não emitiu radículas a partir de potenciais hídricos de -6 bar, enquanto para as cultivares IAC-13-1 e SU-0450 tal fato ocorreu a partir de -8 bar.

Quando o vigor foi avaliado através da mensuração do comprimento médio das plântulas, incluindo a radícula e o epicótilo, observou-se que em substratos salinizados com NaCl (Tabela VI) as cultivares AFC-38-1295 e SU-0450 somente apresentaram decréscimo nesse parâmetro quando o potencial hídrico da solução era igual ou menor do que -4 bar, sendo que a cultivar IAC-13-1 apresentou esse decréscimo logo a partir de -2 bar.

Evidenciou-se em substratos salinizados com Na_2SO_4 com diversos potenciais hídricos (Tabela VI) que as tres cultivares apresentaram decréscimo do comprimento médio das plântulas em relação ao nível testemunha já a partir do potencial hídrico de -2 bar.

Verificou-se ainda que a cultivar AFC-38-1295 não apresentou nenhuma plântula normal a partir de -6 bar, sendo o mesmo fato registrado para as cultivares IAC-13-1 e SU-0450 a partir de -8 bar.

Apesar da elevada correlação observada para níveis de salinidade vs comprimento médio de radículas verifica-se que a associação entre essas variáveis é de apenas 47,06%. Todavia, há uma correlação positiva entre níveis de salinidade vs comprimento médio de plântulas que estão fortemente associados pois, apresentam um coeficiente de determinação (r^2) igual a 81,90% (Tabela VII).

TABELA VI - Comprimento médio de plântulas normais (cm) oriundas de sementes de tres cultivares (IAC-13-1, SU-0450, AFC-38-1295) de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) semeadas em substratos salinizados com soluções de NaCl ou Na₂SO₄ de diferentes potenciais hídricos (0, -2, -4, -6, -8 e -10 bar).

Sal	Potencial hídrico (bar)	Cultivar (1)			Médias
		IAC-13-1	SU-0450	AFC-38-1295	
NaCl	0	16,10a	17,40a	16,50a	16,67a
	- 2	13,55b	17,15a	15,85a	15,52b
	- 4	10,75c	10,55b	9,00b	10,10c
	- 6	7,15de	6,75c	6,40cd	6,77d
	- 8	6,20e	6,55c	5,95de	6,23d
	-10	5,35e	5,45d	5,20e	5,33e
Médias		9,85b	10,64a	9,82b	10,10
Na ₂ SO ₄	0	16,10a	17,40a	16,50a	16,67a
	- 2	12,60b	10,95b	12,75b	12,10b
	- 4	10,95c	8,10c	9,80c	9,62c
	- 6	7,55d	7,55c	0 d	5,03d
	- 8	0 e	0 d	0 d	0 e
	-10	0 e	0 d	0 d	0 e
Médias		7,87b	7,33a	6,52b	7,24

(1) Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 1% pelo teste Tukey. Excetuando as médias de cada cultivar dentro de cada sal que foram confrontadas na horizontal todas as demais o foram na vertical.

TABELA VII - Coeficiente de correlação (r) e de determinação (r^2) entre níveis de salinidade e diferentes características estudadas na germinação e vigor de sementes de tres cultivares (IAC-13-1, SU-0450, AFC-38-1295) de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.)

V a r i á v e l	r	r^2 (%)
Potencial hídrico do substrato vs % de Germinação	0,791 **	83,57
Potencial hídrico do substrato vs % de plântulas anor mais	- 0,359 **	12,89
Potencial hídrico do substrato vs % de sementes com radículas emergidas	0,305 **	9,30
Potencial hídrico do substrato vs comprimento médio de radículas	0,686 **	47,06
Potencial hídrico do substrato vs comprimento total médio de plântulas	0,905 **	81,90

$r_{1\%}(70) = 0,302$.

(**) - significativo ao nível de 1%.

CONCLUSÕES

Os dados expostos e analisados neste trabalho permitem enumerar as conclusões que se seguem:

- (a) a percentagem de germinação das cultivares tanto em substratos salinizados com NaCl quanto em substratos salinizados com Na_2SO_4 decresceu com o aumento do nível de salinidade;
- (b) a germinação foi mais inibida nos substratos salinizados com Na_2SO_4 do que naqueles salinizados com NaCl;
- (c) apesar de não se poder concluir taxativamente, os resultados obtidos sugerem uma superioridade da cultivar IAC-13-1 sobre as demais (SU-0450 e AFC-38-1295), no que diz respeito a tolerância à salinidade durante o processo germinativo;
- (d) a emergência da radícula não parece ser um bom critério para avaliar a germinação quando se estuda os efeitos da salinidade neste processo fisiológico;
- (e) o número de plântulas anormais aumentou com o incremento da salinidade, sendo que o efeito deletério do Na_2SO_4 foi mais pronunciado do que o do NaCl;
- (f) Nos substratos salinos utilizados, o vigor das sementes tanto quando foi avaliado através do comprimento médio das radículas ou quando foi avaliado pelo comprimento médio das plântulas apresentou tendência a decrescer com a redução do potencial hídrico, ou seja, com o aumento da salinidade.

(g) os efeitos deletérios da salinidade na germinação e vigor de sementes de algodoeiro herbáceo dependeram da cultivar, do nível de salinidade e do tipo de sal. Esse interrelacionamento é de fundamental importância e deve ser considerado como básico em programas de melhoramento que visem promover judiciousa seleção de cultivares de algodão herbáceo resistentes à salinidade.

LITERATURA CITADA

- ABEL, G.H. & MACKENZIE, A.J. Salt tolerance of soybean varieties (*Glycine max* L.) during germination and later growth. Crop. Sci., 41 : 157-161, 1964.
- ANÔNIMO, Regras para Análise de Sementes. Escritório de Produção Vegetal - Equipe Técnica de Sementes e Mudas do Ministério da Agricultura - PLANASEM, Brasília-D.F., Brasil, 120 p. 1967.
- ARCA, M.N. & CANEPA, A. Efecto de la salinidad causada por el cloruro de sódio en la germinacion del algodonero, cebada y maiz. Anales Científicos, 1 : 64-78, 1963.
- AYERS, A.D. Seed germination as affected by soil moisture and salinity. Agron. J., 44 : 82-84, 1952.
- . Germination and emergence of several varieties of barley in salinized soil cultures. Agron. J., 45 : 68 - 71, 1953.
- . BROWN, J.W. & WADLEIGH, C.H. Salt tolerance of barley and wheat in soil plots receiving several salinization regimes. Agron. J., 44 : 307-310, 1952.
- . & HAYWARD, E.H. A method for measuring the effect of soil salinity on seed germination with observation on several crop plants. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33 : 224 - 226, 1949.
- AYOUB, A.T. Salt tolerance of lentil (*Lens esculenta* L.) J. Hort. Sci. 52 : 163 - 168, 1977.
- BARBOSA, L. Efeitos de Reguladores do Crescimento na Germinação de Sementes de Sorghum bicolor (L.) Moench Semeadas em Soluções Salinas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-Ceará-Brasil. 49 p. 1975.

- BARI, G., HAMID, A. & AWAN, M.A. Effect of salinity on germination and seedling growth of rice varieties. Intern. Rice Com. Newsletter, 22 : 32-36, 1973.
- BERNSTEIN, L. Salt affected soils and plants. Proc. Paris. Symposium, UNESCO, May, 1960, Arid Zone Res. XVIII : 139-174, 1962.
- . & MACKENZIE, A.J.; KRANTZ, B.A. The interaction of salinity and planting practice on the germination of irrigated row crops. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., 19 : 240-243, 1955.
- . & HAYWARD, H.E. Physiology of salt tolerance. Ann. Rev. Plant Physiol., 9 : 25-46, 1958.
- BLACK, C.A. Soil Plant Relationships. New York, John Willey & Sons, New York, U.S.A., 792 p. 1968.
- BLUMBLA, D.R.; SINGH, B. & SINGH, N.T. Effect of salt on seed germination. Indian J. Agron., 13 : 181-5, 1968.
- COCHRAN, W.G. & COX, G.M. Experimental Design. 2 ed. New York, John Willey & Sons, 454 p. 1957.
- COLBRY, V.L.; SWOFORD, T.F. & MOORE, R.P. Tests for germination in the laboratory. In: The Yearbook of Agriculture : Seeds. U.S.D.A. Washington. U.S.A. p. 433-443, 1961.
- DAKER, A. Salinização e alcalinização dos solos irrigados In: Irrigação e Drenagem. v. 3 ed. Freitas Bastos, Rio de Janeiro, Brasil. p. 245-93, 1970.
- DESAI, A.O.; RAO, T.S. HIREKERUR, L.R. Effect of saline waters on growth and yield of rice. J. Indian Soc. Soil. Sci. 5 : 13-16, 1957.
- DEWEY, D.R. Salt tolerance of twenty five strains of agropyron. Agron. J., 52 : 631-635, 1960.

- DEWEY, D.R. Breeding crested wheatgrass for salt tolerance. Crop Sci. 2 : 403-407, 1962a.
- . Germination of crested wheatgrass in salinized soil. Agron. J., 54 : 353-355, 1962b.
- EL ZAHAB, A.A. A salt tolerance of eight Egyptian cotton varieties 1. At germination stage. Zeitschrift fur. Ac Ker — und pflanzengan (1971) 133 (4) 299-307 (En, de 10 ref) Faculty of Agriculture, Cairo University Arab Republic of Egypt. In: Field Crops Abstracts, 26 (4), 1973.
- EPSTEIN, E. Nutrição Mineral das Plantas: Princípios e Perspectivas. Traduzido do ingles por E. Malavolta. Ed. da Universidade de S. Paulo, S. Paulo-Brasil, 341 p. 1975.
- GEORGE, L.Y. & WILLIAMS, W.A. Germination and respiration of barley, strawberry clover, and ladino clover seeds in solutions. Crop Sci., 4 : 450-452, 1964.
- GHORASHI, S.R., SIONIT, N. & KHERADNAM, M. Salt tolerance of safflower varieties (*Carthamus tinctorius* L.) during germination. Agron. J., 53 : 369-372, 1972.
- GOES, E.S. de. O Problema de Salinidade e Drenagem em Projetos de Irrigação do Nordeste e a Ação da Pesquisa com vistas a seu Equacionamento. (Mimeografado) SUDENE, Recife, Pernambuco, Brasil, 20 p., 1978.
- GRIDD-PAPP, I.L. Botânica e Genética III. In: Cultura e Aducação do Algodoeiro. Instituto Brasileiro de Potássio, S. Paulo-Brasil. p. 117-160, 1969.
- HARRIS, J.A. Effect of alkali salts in soils on the germination and growth of crops. Jour. Agric. Res., 5 : 1-58, 1915.
- . A possible relationship between soil salinity and stand in cotton. Jour. Agric. Res., 37 : 213-231, 1928.

- HAYWARD, H.E. & WADLEIGH, G.H. Plant growth on saline and alkali soils. Adv. Agron., 1 : 1-38, 1949.
- . & BERNSTEIN, L. Plant growth relationships on salt affected soils. Bot. Rev., 24 : 584-635, 1960.
- IVANOV, YU. M. Comparative salt tolerance of cereals, legumes and their varieties of different ecological and geographical origins and methods for diagnosis them. In. Voprosy Solenstoichivosti and Rastenii. Tashkent, Uzbek SSR, "Fan" (1973) 296-307 (RU). In: Field Crops Abstracts. 27 (8) 1974.
- JENSEN, R.D. Effects of soil water tension on the emergence and growth of cotton seedlings. Agron. J. 63 : 766-768, 1972.
- KAPP, L.C. The effect of common salt on rice production. Arkansas Agric. Expt. Sta. Bull. 465, 1947.
- KEARNEY, T.H. & SCOFIELD, C.S. The choince of crops for saline land U.S. Dept. Agric. Circ. 404, 1936.
- KHERADNAM, M. & GHORASHI, S.R. Salt tolerance of chick pea varieties during germination. Agron. J., 85 : 329, 1973.
- KHUDAIRI, A.K. Studies on the germination of datepalm seeds. The effect of sodium chloride. Physiol. Plant., 11 : 16 : 22, 1958.
- KOVDA, V.A.; BERG, C. van den & HAGAN, R.M. Irrigation Drainage and Salinity. An International Source Book. HUTCHINSON/FAO/UNESCO ed. 510 p. 1973.
- LIPMAN, C.B.; DAVIS, A.R. & WEST, G.S. The tolerance of plants for NaCl. Soil Sci., 22 : 303-3-2, 1962.
- LONGENECKER, D.E. The influence of soil salinity upon fruiting and sheeding, boll characteristics, fiber quality, and yields of two cotton species. Soil Sci. 115 : 294-302, 1973.

- LYLES, L. & FANNING, C.D. Effects of presoaking moisture tension and soil salinity on the emergence of grain sorghum. Agron. J., 56 : 518-520, 1964.
- MACKE, A.J. & UNGAR, I.A. The effects of salinity on germination and early growth of *Puccinellia nuttallina* Can. J. Bot., 49 : 515-520, 1971.
- MAGISTAD, O.C. Plant growth relations on saline and alkali soils. Bot. Rev., 11 : 181-230, 1945.
- MALIWAL, G.L. Salt tolerance studies at germination on jowar, moong and tobacco varieties. Indian. J. Plant. Physiol., 10 : 95-104, 1967.
- . & PALIWAL, K.V. Salt tolerance studies on some varieties of maize at germination stage. Science & Culture, 38 : 446-447, 1962.
- MAYER, A.M. & POLJAKOFF-MAYBER, A. The Germination of Seeds. Pergamon Press. New York, U.S.A. 236 p. 1963.
- METHA, B.V. & DESAI, R.S. Effect of soil salinity on germination of some seeds. J. Soil Wat. Conserv. India., 6 : 169-176, 1958.
- MERCADO, B.T. & MALABAYAMAS. The response of some upland rice varieties to NaCl at the seedling stage. Phillip. Agric., 53 : 8-9, 1971.
- NARALE, R.P., SUBRAMANYAM, T.K., MUKHERJEE, R.K. Influence of salinity on germination vegetative growth, and grain yield of rice (*Oryza sativa* var. Dular) Agron. J., 61 : 341 - 344, 1969.
- PEARSON, A.G. Factors influencing salinity of submerged soils and growth of caloro rice. Soil Sci., 87 : 198-206. 1969.
- PEARSON, A.G. & BERSTEIN, L. Salinity effects at several growth stages of rice. Agron. J., 51 : 654-657, 1959.

- PEARSON, A.G.; AYERS, A.D. & EBERHARD, D.L. Relative salt tolerance of rice during germination and early seedling development. Soil Sci., 102 : 151-156, 1966.
- PIZARRO, F. & DAMASCENO, J.J. Normas de actuacion del DNOCS en relacion con la salinizacion de los perimetros irrigados. (Mimeografado) DNOCS, Fortaleza, Ceará, Brasil, 17 p., 1975.
- PRISCO, J.T. Effect of Salinity on Water Absorption and Germination of Phaseolus vulgaris L. Seeds. M.S. Thesis, University of Arizona, Tucson, Arizona, U.S.A., 61 p. 1969.
- . & O'LEARY, J.W. Osmotic and toxic effects of salinity on germination of *Phaseolus vulgaris* L. Seeds. Turrialba, 20 : 117-184, 1970.
- RAO, T.S., PURNPRAGNACHAR, H.; HADIMANI, A.S. Effect of soil salinity on the germination of paddy varieties. J. Indian Soc. Soil Sci., 17 : 431-435, 1969.
- RICHARDS, L.A. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S.D.A. Handbook n° 60, 100 p. 1954.
- SINGH, M. & LAL, P. Salt tolerance of seeds of black gram (*Phaseolus mungo* Roxb) during germination stage. J. Agric. Sci., 42 : 135-139, 1972.
- SHARMA, D.C.; PUNTAMKAK, S.S.; METTHA, P.C. & SETH, S.P. Note on the effect of different common salts of sodium and calcium on the germination of green-gram (*Phaseolus aureus* Roxb) varieties. Indian Jour. Sci., 14 : 636-638, 1971.
- SNEDECOR, G.W. Statistical Methods. The Iowa State College Press. Ames Iowa, U.S.A. 530 p. 1956.
- . & COCHRAN, G.W. Statistical Methods. The Iowa State University Press. Ames Iowa, U.S.A. 593 p. 1967.