



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

SÉFORA GIL GOMES DE FARIAS

**ESTRESSE OSMÓTICO NA GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO
E NUTRIÇÃO MINERAL DA GLIRICÍDIA
(*Gliricidia sepium* Jacq. Walp).**

**Patos/PB
2008**

SÉFORA GIL GOMES DE FARIAS

**ESTRESSE OSMÓTICO NA GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO E
NUTRIÇÃO MINERAL DA GLIRICÍDIA
(*Gliricidia sepium* Jacq. Walp).**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Sistemas Agrossilvipastoris no Semi-árido, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Diércules Rodrigues dos Santos

Co-Orientador: Prof. Dr. Antonio Lucineudo de Oliveira Freire

Patos/PB

2008

FICHA CATALOGADA NA BIBLIOTECA SETORIAL DO
CAMPUS DE PATOS - UFCG

F224r
2008

Farias, Séfora Gil Gomes de.

Estresse Osmótico na Germinação, crescimento e nutrição/mineral da *Gliricidia* (*Gliricidia sepium* Jack. Walp). Séfora/Gil Gomes de Farias.- Patos – PB: CSTR UFCG, 2008.
49f.

Inclui bibliografia.

Orientador: Diércules Rodrigues dos Santos.

Dissertação (Pós-Graduação em Zootecnia – Sistemas Agrossilvipastoris). Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina grande.

1 – Fisiologia vegetal. 2- Nutrição artificial. 3- Soluções salinas nutrientes – Dissertação. I – Título.

CDU: 581.1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PROVA DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: “Estresse Osmótico na Germinação, Crescimento e Nutrição Mineral da *Gliricídia (Gliricidia sepium Jacq. Walp)*”.

AUTORA: Séfora Gil Gomes de Farias

ORIENTADOR: Prof. Dr. Diércules Rodrigues dos Santos

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADA

Prof. Diércules-Rodrigues dos Santos
Presidente

Profa. Patricia Carneiro Souto
1º Examinadora

Profa. Ivonete Alves Bakke
2º Examinadora

Patos - PB, 26 de fevereiro de 2008

Prof. Aderbal Marcos de Azevedo Silva
Coordenador

DEDICO

Ao meu Deus,

Aos meus pais, Ubiracy Gil e Iracema Gomes de Farias.

À minha irmã, Sara Gil.

Ao meu namorado, Romário Bezerra e Silva

Ao meu primo, José Aminthas de Farias Jr.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela sua presença constante em minha vida, iluminando meu caminho, dando-me força, coragem e saúde para seguir em frente.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na pessoa do Professor Dr. Aderbal Marcos de Azevedo Silva, pela oportunidade.

Ao Professor Dr. Diércules Rodrigues dos Santos, pela orientação durante o curso.

Ao Professor Dr. Antonio Lucineudo de Oliveira Freire, pelo apoio, ensinamentos e pela amizade compartilhada como co-orientador.

Aos membros da Banca Examinadora Prof^ª. Dr^ª. Ivonete Alves Bakke e Prof^ª. Dr^ª. Patrícia Carneiro Souto, pelas sugestões apresentadas.

Aos funcionários da UFCG/ Patos - PB, em especial Maria José de Medeiros Morais, Nattan, Alexandre José Morais e Otávio Sá dos Santos (laboratório).

À minha turma da Pós-Graduação: José Carlos, Wladimir Nicolau, Denise Aline, Aloísio Monteiro, Flamário Araújo, Giovana Nóbrega, Silvio Moreira, Adailton Pereira, José Pereira, Francisco Chagas e Guilherme Sobral pela sólida amizade que construímos.

O excelente mestre não é o que mais sabe, mas o que mais tem consciência do quanto não sabe. Não é o viciado em ensinar, mas o mais ávido em aprender. Não é o que declara os seus acertos, mas o que reconhece suas próprias falhas. Não é o que deposita informações na memória, mas o que expande a maneira de ver, de reagir e de ser.

Augusto Cury.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	i
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
CAPÍTULO 1.....	01
1 Introdução geral.....	01
2 Referencial teórico.....	03
2.1 Caracterização da região semi-árida.....	03
2.2 Caracterização da espécie.....	04
2.3 Estresse hídrico e salino na germinação.....	05
2.4 Salinidade e seus efeitos na fisiologia das plantas.....	06
2.5 Alimentação animal no semi-árido nordestino.....	10
3 Referências bibliográficas.....	12
CAPÍTULO 2: Efeitos dos estresses hídrico e salino na germinação de sementes de gliricidia (<i>Glicicidia sepium</i> Jacq. Walp).....	18
Resumo.....	18
Abstract.....	19
1 Introdução.....	20
2 Material e Métodos.....	22
2.1 Localização do experimento.....	22
2.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	22
2.3 Parâmetros avaliados.....	23
2.3.1 Percentagem de germinação.....	23
2.3.2 Índice de velocidade de germinação (IVG).....	23
3 Resultados e discussão.....	24
4 Conclusões.....	29
5 Referências	30
CAPÍTULO 3: Estresse salino na nutrição mineral e no crescimento de mudas de gliricidia (<i>Glicicidia sepium</i> Jacq. Walp) cultivadas em solução nutritiva.....	34
Resumo.....	34

Abstract.....	35
1 Introdução.....	36
2 Material e Métodos.....	38
2.1 Localização do experimento	38
2.2 Aplicação dos tratamentos e condução do experimento	38
2.3 Parâmetros avaliados.....	38
2.3.1 Altura, massa seca e concentrações de nutrientes.....	38
2.4 Análise estatística.....	39
3 Resultados e discussão.....	40
4 Conclusões.....	46
5 Referências	47

LISTA DE FIGURAS

	Capítulo 2	Página
Figura 1 - Porcentagem de germinação de sementes de gliricídia em função de diferentes potenciais osmóticos em soluções de NaCl e PEG		24
Figura 2 - Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de gliricídia em função de diferentes potenciais osmóticos em soluções de NaCl e PEG....		27
	Capítulo 3	
Figura 1 - Altura de mudas de gliricídia em função das crescentes concentrações de NaCl na solução.....		40
Figura 2 - Incremento de matéria seca das folhas (MSF) (a), matéria seca dos caules (MSC) (b), matéria seca das raízes (MSR) (c), matéria seca total (MST) (d) de mudas de gliricídia em função das crescentes concentrações de NaCl na solução.....		41
Figura 3 - Teores de N, P, K, Ca, Mg, S e Na (g kg^{-1}) na raiz e folhas de mudas de gliricídia em função das crescentes concentrações de NaCl na solução.....		43

FARIAS, Séfora Gil Gomes de. **Estresse osmótico na germinação, crescimento e nutrição mineral da *Gliricidia sepium***. Patos, PB: UFCG, 2008. 49 p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia – Sistemas Agrossilvipastoris no Semi-Árido).

RESUMO

A escassez de água e a salinidade nos solos da região Nordeste do Brasil são fatores limitantes ao desenvolvimento de muitas plantas. Dois experimentos foram conduzidos com o objetivo de avaliar os efeitos do estresse osmótico na germinação, crescimento e nutrição mineral de plantas de *Gliricidia sepium*. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Botânica e em telado de náilon na Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB. No primeiro experimento, a germinação das sementes em soluções de polietileno glicol (PEG-6000) e de cloreto de sódio (NaCl) foi avaliada sob quatro níveis de potencial osmótico (0; -0,5, -1,0 e -2,0 MPa), para simular estresses hídrico e salino, respectivamente. Os tratamentos foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. As sementes foram colocadas em gerboxes e a germinação ocorreu em germinador tipo B.O.D., a 30 °C. A percentagem de germinação do tratamento testemunha foi 94%, reduzindo para 77,6% quando submetidas a soluções de NaCl com potencial osmótico de -1,0 MPa, enquanto que neste mesmo potencial osmótico com soluções de PEG, a germinação reduziu para 44,3%, não havendo germinação a -2,0 MPa. O índice de velocidade de germinação apresentou o mesmo comportamento da percentagem de germinação. As sementes de *Gliricidia sepium* mostraram menor tolerância ao estresse hídrico do que ao salino. No segundo experimento, conduzido em telado, avaliaram-se os efeitos do estresse salino no crescimento e nutrição mineral das plantas. As sementes foram semeadas em vasos de ‘Leonard’, contendo solução nutritiva de Hoagland & Arnon (50% da concentração original), com as respectivas concentrações de cloreto de sódio testadas (0, 100, 200 e 400 mmol L⁻¹ de NaCl). Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, com uma planta por vaso. Aos 60 dias após a emergência, as plantas foram colhidas e avaliaram-se a altura, matéria seca e teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e Na na raiz, caule e folhas. Aumento da salinidade promoveu reduções nos parâmetros de crescimento e teores de macronutrientes, ocorrendo o inverso nos teores de Na, sobretudo na raiz. A gliricídia mostrou-se sensível à salinidade.

Palavras-chave: potencial osmótico, salinidade, estresse hídrico.

FARIAS, Séfora Gil Gomes de. **Osmotic stress effects on the germination, growth and mineral nutrition of gliricídia (*Gliricidia sepium*)**. Patos, PB: UFCG, 2007. 49p. (Dissertation – Animal Husbandry M.Sc. Program – Agrosilvipastoral Systems in the Semi-arid).

ABSTRACT

Water stress and soil salinity in the Brazilian semi-arid northeastern region are limiting factors for plant growth. Two experiments were carried out to evaluate the effects of the osmotic stress in germination, growth and mineral nutrition of *Gliricidia sepium* plants. The experiments were carried out in the Laboratory of Botany and in a nylon screenhouse in the Academic Unit of Forest Engineering, of the Federal University of Campina Grande, in Patos-PB. In the first experiment, the tolerance of *Gliricidia sepium* seeds to water and salt stresses during germination was evaluated. Seed germination were observed in four 100-seed replications in polyethylene glycol (PEG-6000) or sodium chloride (NaCl) solutions with four osmotic potentials levels (0; -0.5; -1.0 and -2.0 MPa), arranged according to a completely random design, simulating water and salt stresses, respectively. Each 100-seed replication consisted of a gerbox placed in a BOD germinator, adjusted to 30°C. The number of germinated seeds was counted every day, and germination percentage and germination velocity index were estimated from these data. Percentage germination of the control seeds averaged 94%, and reduced to 77.6% and 44.3% in -1.0 MPa NaCl and PEG solutions, respectively. No germination was observed at -2.0 MPa. Germination velocity index showed the same trend. *Gliricidia sepium* seeds showed less tolerance to water stress than to salt stress. To evaluate the growth and mineral nutrition of seedlings of *Gliricidia sepium* under salt stress, an study was carried out in a nylon screenhouse. Seeds were sown in 'Leonard' pots, containing Hoagland & Arnon nutritive solution with four NaCl levels (0, 100, 200 and 400 mmol L⁻¹) and four replications (1 plant/pot), arranged according to a completely random design. At day 60 after seedling emergency, data on plant height, root, stem and leaf dry matter, and nutrient (N, P, K, Ca, Mg, S and Na) accumulation in plant tissue were collected. All variables were negatively affected by NaCl levels present in the nutritive solution, except Na, especially in the root tissue. *Gliricidia sepium* showed to be sensitive to salinity.

Keywords: osmotic potential, salinity, water stress.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

A região semi-árida do Nordeste do Brasil se caracteriza por apresentar períodos de escassez de água prolongados e temperaturas elevadas, fatores limitantes ao desenvolvimento de muitas plantas.

A água é o fator ambiental mais importante influenciando o processo de germinação das sementes e principalmente está envolvido, direta ou indiretamente, em todos os outros estágios subsequentes do metabolismo da planta. Somada a este fator está a salinidade do solo, problema que está aumentando em proporção em virtude do emprego incorreto de técnicas agrícolas, como adubação excessiva e irrigação com água imprópria para tal finalidade, transformando terras férteis e produtivas em terras impróprias para a agricultura. Estresses hídrico e salino são correlacionados com o excesso de sais solúveis, reduzindo o potencial de água no solo e, conseqüentemente, impedindo a absorção de água pelas sementes e plantas em geral (CAVALCANTE e PEREZ, 1995).

A salinização nas áreas irrigadas é um problema mundial, atingindo cerca de 25% da área irrigada do globo terrestre (GHEYI, 2000). Nesses solos ocorre o acúmulo de sais solúveis em níveis capazes de prejudicar o crescimento e o desenvolvimento das plantas ou alterar de forma negativa as propriedades do solo. Além disso, o excesso de sais promove a retenção de água no solo, tornando-a cada vez menos acessível às plantas, além do efeito de alguns íons no protoplasma. Esses efeitos combinados contribuem para a redução da produtividade das culturas, ocasionando elevados prejuízos sócio-econômicos (GHEYI, 2000; RHOADES et al., 2000; MUNNS, 2002).

A redução no crescimento das plantas devido à salinidade pode ser conseqüência de efeitos osmóticos, provocando déficit hídrico e, ou de efeitos específicos de íons que podem acarretar toxidez ou desordens nutricionais (BERNSTEIN et al., 1995; MUNNS, 2002; LACERDA et al., 2003). O grau de tolerância à salinidade depende da capacidade das plantas de minimizarem os efeitos da salinidade através de mecanismos específicos de adaptação.

Para Santos et al. (1997), o cultivo de espécies arbóreas associadas com o uso de corretivos é uma alternativa promissora para a reintegração de solos salinizados por meio da exploração agrícola. Os efeitos benéficos da implantação dessas espécies nesses solos explicam-se pelo fato do seu sistema radicular atingir camadas mais profundas do solo,

aumentando a sua permeabilidade possibilitando melhorias nas propriedades físico-químicas dos solos.

A habilidade das plantas em sobreviver sob condições salinas é importante para sua distribuição geográfica e para a agricultura nas regiões salinizadas. É necessário que se utilizem espécies que tolerem essa condição e, se possível, que sejam capazes de melhorar as características físicas e químicas deste solo, o que pode ser conseguido através do plantio de leguminosas arbóreas de crescimento rápido, tolerantes à salinidade. No entanto, para que se obtenha sucesso, deve-se conhecer os efeitos da salinidade na espécie a ser empregada.

A produtividade animal no Nordeste brasileiro é fortemente afetada por fatores limitantes à produção de forragens, relacionados ao regime pluviométrico da região e ao caráter intensivo da pecuária. Importantes áreas que outrora eram utilizadas na produção agrícola vêm sendo abandonadas devido à salinização. Devido à sua importância, é necessário se buscar alternativas que as tornem produtivas, reintegrando-as ao sistema produtivo da região. Neste sentido, o cultivo de espécies forrageiras arbóreas pode se tornar numa opção viável que atenderá dois objetivos principais, o aumento da oferta de alimentos para o rebanho e a produção de biomassa visando sua aplicação nos solos salinos com vistas à sua recuperação quanto à fertilidade e aos atributos físicos.

Neste contexto a gliricídia se apresenta como uma alternativa interessante, visto que se trata de uma espécie fixadora de nitrogênio e adaptada às condições do semi-árido (DRUMOND e CARVALHO FILHO, 1999). Entretanto, há pouca informação disponível sobre sua tolerância à salinidade, sendo necessário o desenvolvimento de pesquisas visando verificar a capacidade dessa espécie em tolerar essa condição adversa.

Em virtude da expressiva área atingida pela salinidade na região Nordeste brasileira e da necessidade da geração de alternativas para sua reincorporação ao sistema produtivo, objetivou-se com este estudo, avaliar os efeitos do estresse hídrico e salino na germinação, e do estresse salino no crescimento e nutrição mineral em plantas de *Gliricidia sepium*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracterização da região semi-árida

As regiões áridas e semi-áridas constituem cerca de 33% da superfície da Terra, caracterizam-se por apresentar baixa precipitação e alta taxa de evaporação e limitam a produtividade das culturas.

O regime de chuvas na região semi-árida de Nordeste de Brasil, concentrado num período de 3 a 4 meses por ano, é marcado por forte irregularidade interanual. As temperaturas médias variam de 23°C a 27°C e a insolação anual chega a 2.800 horas. Isto determina altas taxas de evapotranspiração, configurando déficit hídrico em quase toda a região (MATALLO JÚNIOR, 2000).

A vegetação que recobre a região semi-árida do Nordeste é a Caatinga, e, apesar da sua grande abrangência, é proporcionalmente a menos estudada e menos protegida das composições florísticas brasileiras. Embora tão pouco valorizada, encerra espécies vegetais de importância incontestável nas suas formações. Possui uma diversidade de espécies nativas com potencial forrageiro, sendo boa parte caducifolia ou anual. Muitas espécies podem ser consumidas pelos animais, porém, vêm sendo utilizadas de forma empírica pelos criadores, sem o devido conhecimento do seu potencial produtivo, e com pouca ou nenhuma preocupação ambiental (TROVÃO, 2004).

A insuficiência hídrica é uma característica marcante dos solos sob fisionomia de Caatinga em que as espécies vegetais estão condicionadas (TROVÃO, 2004). De acordo com Lepsch (2002), essa vegetação constituída de arbustos e árvores refletem as condições de clima aí existentes. A água é escassa tanto por causa das poucas chuvas como também pela razão dos solos serem muito rasos, e que por isso armazenam pouca água. Devido a essas condições, essa vegetação tem um alto grau de adaptação à seca e caracteristicamente apresenta grande número de cactáceas, que possuem abundância de espinhos e perda de folhas, como uma defesa contra a perda de água dos vegetais.

Climas áridos, semi-áridos e sub-úmidos secos, solos com drenagem deficiente e águas subsuperficiais ricas em sais solúveis provocam a salinização. Contudo, este processo pode se estabelecer em ambientes anteriormente isentos de sais em níveis tóxicos, em decorrência principalmente, do manejo inadequado do solo, uso de água de má qualidade, emprego de fertilizantes com elevado índice salino, excessiva taxa de evapotranspiração e baixa precipitação, tornando os solos improdutivos (OLIVEIRA, 1997)

2.2 Caracterização da espécie

A *Gliricidia sepium* (Jacq. Walp) pertence à família Leguminosae, subfamília Papilionoideae. É uma espécie arbórea de porte médio, nativa no México, América Central e Norte da América do Sul, com crescimento rápido e enraizamento profundo, o que lhe confere notável tolerância à seca. É considerada como espécie utilizada para forragem, reflorestamento, adubação verde e cercas vivas, entre outros (CARVALHO FILHO et al., 1997).

Desenvolve-se melhor em condições quentes e úmidas, tendo o seu crescimento limitado por baixas temperaturas, podendo, entretanto, tolerar prolongados períodos de seca, ainda que com queda de folhas dos ramos mais velhos. Não necessita de solos férteis, embora exiba melhor desempenho naqueles de alta fertilidade e profundos o suficiente para um bom enraizamento, fator determinante da maior ou menor produção e manutenção de folhagem verde no período seco (CARVALHO FILHO et al., 1997).

É de grande interesse comercial e econômico para regiões tropicais pelas suas características de uso múltiplo, destacando-se por apresentar rápido crescimento, alta capacidade de regeneração, resistência à seca e facilidade em se propagar sexuada e assexuadamente (KIILL e DRUMOND, 2001). Silva (2004) observou que a gliricídia é capaz de aportar quantidades significativas de biomassa ao solo através da queda de folhagem, pois, pelo menos embaixo das copas e posições próximas à fileira de árvores, a queda de folhagem foi semelhante àquelas em áreas de vegetação nativa.

De acordo com Barreto & Fernandes (2001), a incorporação, principalmente de suas folhas causou significativo decréscimo nos valores da densidade, e aumento da porosidade do solo, em relação à testemunha, na profundidade de 0-15 cm.

Recentemente, o plantio da gliricídia em aléias e cercas vivas tem sido estimulado por instituições de pesquisa e ONG's no Agreste da Paraíba, devido à alta capacidade dessa leguminosa de produzir forragem ou adubo verde em condições de baixa disponibilidade hídrica e por ser uma das leguminosas arbóreas que tem sido mais aceitas pelos agricultores da região. É possível que o plantio dessa leguminosa arbórea seja uma estratégia que promova uma maior estabilização na produção de biomassa e aumente o fornecimento de C e outros nutrientes no solo através de seu uso como adubo verde (MARIN et al., 2006).

2.3 Estresses hídrico e salino na germinação

A germinação de sementes é um estágio crucial do ciclo de vida das plantas. O período de germinação e estabelecimento das plântulas arbóreas é importante para a sobrevivência das espécies florestais, principalmente nos locais onde a disponibilidade de água é limitada durante um período do ano. A capacidade das sementes de algumas espécies em germinar sob condições de estresse hídrico confere vantagens ecológicas em relação a outras que são sensíveis à seca. Muitas pesquisas têm procurado avaliar a embebição de sementes pela determinação da pressão osmótica em solução salina, capaz de fazer cessar a absorção de água pela semente (LABORIAU, 1983), com o intuito de determinar níveis críticos de germinação.

A água é o fator ambiental mais importante que desencadeia o processo de germinação, influencia a germinação das sementes e principalmente está envolvido, direta ou indiretamente, em todos os outros estágios subseqüentes do metabolismo da planta. O estresse hídrico normalmente diminui a porcentagem e a velocidade de germinação, mas existe grande variação entre as espécies, desde aquelas muito sensíveis até as mais resistentes (BEWLEY e BLACK, 1994).

Estresses hídrico e salino são correlacionados com o excesso de sais solúveis, reduzindo o potencial de água no solo e, conseqüentemente, impedindo a absorção de água pelas sementes e plantas em geral (CAVALCANTE e PEREZ, 1995).

Estudos a respeito das relações hídricas são importantes para o conhecimento da biologia das sementes. A habilidade de tolerar a dessecação que as sementes ortodoxas apresentam, podendo sobreviver durante longos períodos sob condições adversas, tem sido o mecanismo adaptativo que permite a distribuição de plantas em climas hostis. Sob baixos níveis de umidade no meio germinativo, é comum o desenvolvimento de mecanismos protetores contra a dessecação ou para evitar a parada do desenvolvimento (BEWLEY e BLACK, 1994).

Além do estresse hídrico, a salinidade é um problema cada vez maior para a agricultura, sendo que o aumento das áreas para fins de agrícola prejudica a vegetação nativa em conseqüência dos efeitos tóxicos e osmóticos dos sais na germinação e crescimento das plantas. Quanto aos mecanismos de adaptação à salinidade, muitos trabalhos têm sido feitos referentes à fisiologia da resistência das plantas a essa condição adversa do solo (CAMPOS e ASSUNÇÃO, 1990; FONSECA e PEREZ, 1999). Um dos efeitos dos sais é a redução da porcentagem de germinação. A magnitude da redução desta variável, quando comparada ao controle, serve como um indicador da tolerância da espécie à salinidade. As sementes são

especialmente vulneráveis aos efeitos da salinidade, observando-se inicialmente uma diminuição na absorção de água, modificando conseqüentemente o processo de embebição.

A tolerância à salinidade durante a germinação é crítica para o estabelecimento de plantas cultivadas em solos salinos de regiões áridas (UNGAR, 1995). Nestas regiões a germinação ocorre durante a estação chuvosa, quando os níveis de salinidade no solo são usualmente reduzidos (EL-KEBLAWY, 2004). A ótima germinação em sementes de halófitas ocorre frequentemente sob condições de água doce e a germinação da maioria das espécies é reduzida e retardada com aumento da salinidade, de modo que, a resposta pode variar muito dependendo da espécie. No entanto, sementes de algumas halófitas perenes poderão germinar em níveis de NaCl iguais ou superiores a 860 mM com a *Salicornia pacifica* (KHAN e WEBER, 1986) e a *Cressa cretica* (KHAN, 1991), enquanto a halófito *Zygophyllum simplex* apresentou baixa germinação de sementes acima de 125mM NaCl (KHAN e UNGAR, 1996).

2.4 A salinidade e seus efeitos na fisiologia das plantas

O manejo inadequado da água de irrigação aliado ao uso intensivo de fertilizantes têm contribuído para o aumento de áreas agricultáveis com problemas de salinidade. Esse fato é particularmente importante nas regiões áridas e semi-áridas, devido à escassez da precipitação pluvial e à alta demanda evaporativa, que dificultam a lixiviação dos sais localizados na camada arável do solo. Estima-se que no Brasil existam, aproximadamente, nove milhões de hectares com problemas de salinidade, a maior parte dessa área localizada nos perímetros irrigados do Nordeste (CARNEIRO et al., 2002).

Os halobiomas, ambientes que apresentam solos salinos, são caracterizados por apresentarem plantas que se adaptaram, morfológica e fisiologicamente, ao baixo potencial osmótico e toxicidade, causados pela quantidade excessiva de sais solúveis. Um solo é considerado salino quando a concentração destes na solução do solo chega a interferir no crescimento e produtividade das plantas naturalmente habitantes da área ou cultivadas pelo homem (OLIVEIRA, 1997).

A concentração de sódio na crosta terrestre é cerca de 28 g kg⁻¹, enquanto a de potássio é de 26 g kg⁻¹. Nas regiões semi-áridas e áridas, principalmente nas áreas sob irrigação, a concentração de sódio está em torno de 50 a 100 mmol L⁻¹ Na⁺, sendo que a maioria está na forma de NaCl, exercendo efeito depressivo no crescimento da maioria das culturas (MARSCHNER, 1995).

No semi-árido brasileiro, estima-se que a área ocupada por solo naturalmente salinos seja superior a 9 milhões de hectares, explorada com agricultura de subsistência, pecuária

extensiva ou ocupada com vegetação do tipo caatinga que, dependendo da exploração e das técnicas empregadas, tornam a atividade agropecuária altamente vulnerável e com elevada predisposição à degradação ambiental. Nos perímetros irrigados, construídos em todos os Estados nordestinos, 25% de suas áreas encontram-se abandonados devido à salinização secundária (OLIVEIRA, 1997).

De modo geral, a recuperação e reincorporação ao sistema produtivo dos solos afetados por sais têm sido feitas, predominantemente, pela adoção de métodos químicos e físicos, associados ou isolados (ALEY e LETEY, 1990; RUIZ et al., 1997), mediante a aplicação de melhoradores químicos e lixiviação dos sais, embora estas práticas possam ser pouco eficientes em regiões que não disponham de água em quantidades satisfatórias.

Em virtude da expressiva área ocupada por solos salinos na região do Nordeste brasileiro e da baixa eficiência dos métodos tradicionais de recuperação destes solos em algumas circunstâncias, torna-se necessário a geração de alternativas visando a reincorporação destes solos ao sistema produtivo.

A salinidade traz vários problemas para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, especialmente nas glicófitas, por promover distúrbios fisiológicos. Essas plantas geralmente excluem o sódio, e o crescimento é reduzido em concentrações relativamente baixas deste elemento nas folhas. De maneira contrária, as halófitas são plantas que acumulam sódio, e muitas mostram crescimento intensificado sob concentrações relativamente altas desse elemento nas folhas (EL-HADDAD e O'LEARY, 1994). Os efeitos do sódio no crescimento das halófitas indicam que o seu acúmulo nas células é necessário para ajustamento osmótico (FLOWERS e LÄUCHLI, 1983), processo no qual o sódio parece ser mais apropriado do que o potássio.

Diversos trabalhos têm evidenciado o efeito negativo dos íons que contribuem para a salinidade do solo (principalmente Na e Cl) sobre processos fisiológicos importantes para o crescimento das plantas (YAHYA, 1998; BETHKE e DREW, 1992). Os efeitos desses íons estão relacionados ao efeito osmótico, que induzem condição de estresse hídrico às plantas e ao efeito tóxico direto, principalmente sobre os sistemas enzimáticos e de membranas.

O limite de tolerância depende da concentração do sal em solução, do tempo de exposição, bem como do estágio de desenvolvimento das plantas (AYRES e WESTCOT, 1999). Apesar da existência de variabilidade genética para tolerância à salinidade (SHANNON e GRIEVE, 1998), os mecanismos bioquímicos e fisiológicos que contribuem para essa tolerância ainda são pouco conhecidos (MANSOUR et al., 2003). Um dos mecanismos comumente citado para tolerância à salinidade tem sido a capacidade das plantas

em acumular íons no vacúolo e/ou solutos orgânicos de baixo peso molecular no citoplasma, em um processo denominado de ajustamento osmótico, que pode permitir a manutenção da absorção de água e da turgescência celular (HOPKINS, 1999). Outro mecanismo de tolerância pode estar relacionado à diferenças na absorção, transferência e/ou acumulação de íons Na e Cl, conforme verificado por Lacerda et al. (2001) em variedades de sorgo sensíveis à salinidade, os quais observaram maiores taxas de absorção e transferência de Na e Cl para a parte aérea e maior acúmulo desses íons nas folhas fisiologicamente ativas.

O menor crescimento das plantas devido à salinidade tem sido atribuído também à redução na absorção de alguns nutrientes, estando o Ca e o K entre os mais documentados (RENGEL, 1992; LACERDA, 2000). Trabalhando com plantas jovens de goiabeira, Ferreira et al. (2001), verificaram redução na concentração de K nos tecidos da planta (raízes, caule e folhas), como consequência do estresse salino. Essa menor absorção de K tem sido atribuída à maior competição entre o Na e o K pelos sítios de absorção ou a um maior efluxo de K das raízes (MARSCHNER, 1995). Redução na concentração de K, sob estresse salino, é um complicador adicional para o crescimento das plantas visto que, em algumas situações, esse elemento é o principal nutriente a contribuir para o decréscimo do potencial osmótico, uma estratégia necessária à absorção de água nessas circunstâncias (JESCHKE et al., 1986; MARSCHNER, 1995). Em relação ao cálcio, tem sido demonstrado que o aumento da salinidade pode induzir deficiência desse nutriente (LACERDA, 2000; HO e ADAMS, 1994). A redução na absorção de Ca pode levar à perda da integridade da membrana plasmática, com consequente perda da capacidade de absorção de alguns íons, principalmente o K (RENGEL, 1992; CACHORRO et al., 1994). Variedades tolerantes tendem a apresentar maiores taxas de transferência de K e apenas leve, redução na transferência de Ca para a parte aérea, visando manter uma relação positiva entre esses nutrientes e os íons Na e Cl (NIU et al., 1995).

As plantas, de modo geral, têm duas alternativas para crescer e se reproduzir em ambientes salinos: evitar o acúmulo excessivo de sais, principalmente no tecido fotossintetizante e acumular sal no tecido fotossintetizante, porém de forma compartimentalizada, evitando que os mesmos atinjam os processos e as funções essenciais do vegetal. As plantas podem evitar o acúmulo excessivo de sais por várias maneiras: exclusão de sais, eliminação de sais, suculência e redistribuição de sais. Algumas plantas podem reter íons nas raízes, na parte superior do caule, no pedúnculo da flor e no pecíolo da folha, reduzindo a quantidade destes que chegam às folhas e aos frutos jovens (LARCHER, 2000; LACERDA et al., 2001).

As plantas acumuladoras de sal, por sua vez, mostram grande eficiência na compartimentação intracelular de íons. Estas plantas reduzem o potencial osmótico para valores menores do que o da solução do solo, mantendo, desta forma, a absorção de água (LARCHER, 2000). Nas células de folhas destas plantas, a compartimentação seletiva de íons nos vacúolos é um mecanismo eficiente na proteção do sistema enzimático do citoplasma e das membranas celulares em relação ao excesso de sais. Nesse caso, o balanço osmótico na célula é mantido pela produção e acúmulo de substâncias conhecidas como osmorreguladores (prolina, ácidos orgânicos, açúcares, etc.) e de íons K^+ no citoplasma (HASEGAWA et al., 2000).

Em plantas de *Atriplex prostrata* Boucher foi observado que o aumento na salinidade acompanhou os aumentos nas concentrações de sódio e cloro e reduções nas de potássio, cálcio e magnésio (WANG et al., 1997). Segundo estes autores, o aumento nas concentrações daqueles íons promoveu redução no potencial osmótico e manteve o fluxo de água para as plantas. Kurban et al., (1998) mostraram que plantas de *Alhagi pseudoalhagi* exibiram maior ajustamento osmótico do que plantas de *Vigna radiata*; verificaram ainda que a contribuição osmótica dos íons foi aproximadamente duas a quatro vezes maior do que a contribuição dos açúcares ou aminoácidos, sendo o sódio e o cloro os principais colaboradores para a redução do potencial osmótico das planta.

Dentre os solutos orgânicos que se acumulam no citoplasma em resposta ao estresse, destacam-se a prolina (KUZNETSOV e SHEVYAKOVA, 1997; VIÉGAS et al., 1999), a putrescina (BASU e GOSH, 1991; CAMARA et al., 1998) e carboidratos solúveis (GARCIA et al., 1997). Tem-se demonstrado uma correlação positiva entre a acumulação de prolina e a tolerância ao estresse salino, tanto em trabalhos realizados com cultivo *in vitro* (JAIN et al., 1991; CAMARA et al., 1998), como naqueles envolvendo a planta inteira (STOREY et al., 1993). Entretanto, a acumulação de prolina pode também ser interpretada como sintoma de danos causados na planta pelo estresse (HASEGAWA et al., 1986; DAS et al., 1990). Bellinger et al., (1991) sugerem que a acumulação de prolina não é um indicador de resistência e sim um indicador de tolerância adquirida, visto que diversos experimentos demonstram que células, calos e somaclones selecionados como tolerantes ao estresse apresentam uma maior acumulação de prolina do que os não adaptados. O aumento da concentração de putrescina, como consequência do estresse salino, é uma resposta bastante generalizada em plantas (SHEVYAKOVA et al., 1985; BASU e GOSH, 1991). Por outro lado, a tolerância ao estresse salino parece estar associada não apenas à capacidade de

acumular putrescina, mas em manter ativo o metabolismo das poliaminas, incluindo-se aí a síntese de espermina e espermidina (TATTINI et al., 1993; WILLADINO et al., 1996).

2.5 Alimentação animal no semi-árido nordestino

Devido às adversidades encontradas na região semi-árida e às condições edafoclimáticas, a pecuária se destaca como atividade básica para as populações rurais. Apesar de toda expressividade do rebanho no Nordeste, este ainda é de baixa produtividade (IBGE, 1991).

A produção animal nordestina, principalmente de caprinos e ovinos, encontra-se limitada pelas condições de desenvolvimento de pastagens, ou mais expressivamente, pelas condições de alimentação, devido às variações edafoclimáticas da região, sendo o déficit hídrico na maioria dos meses do ano o principal desses fatores limitantes, ocasionando longos períodos de seca (CARVALHO et al., 2001).

A vegetação catingueira é bastante rica em diversidade, sendo esta dividida em três principais estratos: o herbáceo, o arbustivo e o arbóreo. Vários estudos têm apresentado que mais de 70% das espécies botânicas da caatinga fazem parte da dieta dos ruminantes domésticos, e os destaques são para as gramíneas e dicotiledôneas herbáceas atingindo 80% de sua dieta. Contudo, quando chega a época seca, ocorre aumento no número de folhas secas de árvores e arbustos, assumindo grande importância na alimentação principalmente de caprinos. De modo estratégico, as espécies lenhosas são fundamentais para a produção e disponibilidade de forragem. No entanto, pesquisas apontam para uma queda nos valores de proteína bruta e digestibilidade, e aumento nos teores de fibra e de lignina durante o período de seca. Isto indica diminuição na qualidade da dieta dos animais, que é um processo normal na maturação das forragens (ARAÚJO FILHO et al., 1995).

A produtividade animal no Nordeste brasileiro é fortemente afetada por fatores limitantes à produção de forragens, relacionados ao regime pluviométrico da região e ao caráter intensivo da pecuária. Importantes áreas que outrora eram utilizadas na produção agrícola vêm sendo abandonadas devido à salinização. Devido à sua importância, é necessário se buscar alternativas que as tornem produtivas, reintegrando-as ao sistema produtivo da região. Neste sentido, o cultivo de espécies forrageiras arbóreas pode se tornar numa opção viável que atenderá dois objetivos principais, o aumento da oferta de alimentos para o rebanho e a produção de biomassa visando sua aplicação nos solos salinos com vistas à sua recuperação quanto à fertilidade e aos atributos físicos. A incorporação da gliricídia em

sistemas agrossilvopastoris tem sido o foco principal dos trabalhos conduzidos no semi-árido e nos tabuleiros costeiros (RANGEL et al.,1997).

De modo geral, a pesquisa científica tem contribuído para a redução dos efeitos da salinidade sobre as plantas através da avaliação de métodos de recuperação de solos e da identificação de mecanismos que, através de melhoramento genético, confirmam às plantas tolerância à salinidade (BROETTO, 1995). Entretanto, estudos sobre os efeitos da salinidade em espécies florestais e forrageiras, nativas ou exóticas, potencialmente capazes de reduzir o desequilíbrio na relação oferta/demanda dos seus produtos na região Nordeste, ainda são escassos, podendo haver inúmeras alternativas de exploração destes solos a serem testadas. Há, portanto, necessidade de intensificar os estudos buscando alternativas que tornem estes solos produtivos.

3 REFERÊNCIAS

ALEY, S.M.; LETEY, J. Physical properties of sodium treated soil as affected by two polymers. **Soil Science the Society American Journal**, Madison, v.54, p.501-504, 1990.

ARAÚJO FILHO, J.A.; SOUSA, F.B.; CARVALHO, F.C. de. Pastagens no semi-árido: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS, 1995, Brasília. **Anais**. Brasília: SBZ, 1995. p.63-75.

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, 153p, 1999.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Cultivo de *Gliricídia sepium* e *Leucena Leucocephala* em alamedas visando à melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 1287-1293, 2001.

BASU, R.; GOSH, B. Polyamines in various rice genotypes with respect to sodium chloride salinity. **Plant Physiology**, v.82, p. 575-581, 1991.

BELLINGER, Y; BENSAOUD, A.; LARHER, F. Physiological significance of praline accumulation, a trait of use to breeding for stress tolerance. In: ACEVEDO, E.; CONESA, A.P. AND SRIVASTAVA, J.P. (Eds.) Physiology- breeding of winter cereals for stressed mediterranean environments. INRA, p.449-458. 1991.

BERNSTEIN, N.; SILK, W. K.; LÄUCHLI, A. Growth and development of sorghum leaves under conditions of NaCl stress: possible role of some mineral elements in growth inhibition. **Planta**, Heidelberg, v.196, p.699-705, 1995.

BETHKE, P.C.; DREW, M.C. Stomatal and non-stomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of *Capsicum annuum* during progressive exposure to NaCl salinity. **Plant Physiology**, Rockville, v.99, p.219-226, 1992.

BEWLEY, J.D., BLACK, M. **Seeds: Physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BROETTO, F. **Efeito de estresse salino e biológico sobre o metabolismo de calos e suspensão de células de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1995. 124p. (Tese - Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura).

CACHORRO, P.; OTIZ, A.; CERDÁ, A. Implications of calcium nutrition on the response of *Phaseolus vulgaris* L. to salinity. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.159, p.205-212, Jan. 1994.

CAMARA, T.R.; WILLADINO, L.; TORNE, J.M.; SANTOS, M.A. Efeito da putrescina e do estresse salino em calos de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.10, p.153-156, 1998.

CAMPOS, I. S.; ASSUNÇÃO, M. V. Estresse salino e hídrico na germinação e vigor do arroz (Salt and water stress in germination and vigour of rice). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, p.857-862. 1990.

CARNEIRO, P.T.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L. Germination and initial growth of precocious dwarf cashew genotypes under saline conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v.6, p.199-206, 2002.

CARVALHO FILHO, O. M. de; DRUMOND, M. A.; LANGUIDEY, P. H. **Gliricidia sepium -leguminosa promissora para regiões semi-áridas**. Petrolina, PE: EMBRAPACPATSA, 1997. 17 p.il. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 35).

CARVALHO, M.M.; ALVIN, M.J.; CARNEIRO, J.C. (Eds.) **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. 414p.

CAVALCANTE, A. M. B. & PEREZ, S. C. J. G. de A. Efeitos dos estresses hídrico e salino sobre a germinação de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Effects of water and salt stresses on *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit germination). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, p.281-289. 1995.

DAS, N.; MISRA, M. and MISRA, A. Sodium chloride salt stress induced metabolic changes in callus cultures of Pear millet: free solute accumulation. **Journal of Plant Physiology**, v.137 p.244-246, 1990.

DRUMOND, M.A., CARVALHO FILHO, O.M. Introdução e avaliação da *Gliricidia sepium* na região semi-árida do Nordeste brasileiro. In: Queiroz M.A.; Goedert, C.O.; ramos, S.R.R. (Ed) **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina-PE, 1999.

EL-HADDAD, E.H.M., O'LEARY, W.O. Effect of salinity and K/Na ration of irrigation water on growth and solute content of *Atriplex amnicola* and *Sorghum bicolor*. **Irrigation Science**, v.14, p.127-33, 1994.

EL-KEBLAWY, A. Salinity effects on seed germination of the common desert range grass, *Panicum turgidum*. **Seed Science and Technology**, v.32, p.943-948, 2004.

FERREIRA, R.G., TÁVORA, F.J.A.F.; FERREYRAHERNANDEZ, F.F. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.79-88, 2001.

FLOWERS, T.J., LÄUCHLI, A. Sodium versus potassium: Substitution and compartmentation. IN: LÄUCHLI, A., BIELESKI, R.L. (Ed.). **Encyclopedia of Plant Physiology**, New Series. Berlin: Springer-Verlag.. v.15B, p.651-81, 1983.

FONSECA, S. C. L. & PEREZ, S. C. J. G. DE A. Efeito de sais e da temperatura na germinação de sementes de olho de dragão (*Anadenanthera pavonina* L. *Fabaceae*) (Salt and temperature effect on dragon-eye (*Anadenanthera pavonina* L. *Fabaceae*) seeds). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.21, p.70-77. 1999.

GARCIA, A.B.; ENGLER, J.A.; IYER, S.; GERAT, S.T.; MONTAGU, M.V. and CAPLAN, A.B. Effects of osmoprotectants upon NaCl stress in rice. **Plant Physiology**, v.115, p.159-169, 1997.

GHEYI, H. R., Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: OLIVEIRA, T.; ASSIS JR, R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (eds.) **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. cap. 16, p.329-345.

HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.;BOHNERT, H. J. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.51, p.463-499, 2000.

HASEGAWA, P.M.; BRESSAN, R.D. and HANDA, A.K. Cellular mechanism of salinity tolerance. **HortScience**, v.21, p.1317-1324, 1986.

HO, L.C.; ADAMS, P. Regulation of the partitioning of dry mater and calcium in cucumber in relation to fruit growth and salinity. **Annals of Botany**, London, v.73, p.539-545, 1994.

HOPKINS, G.W. **Introduction to plant physiology**, New York: John Wiley & Sons, 512 p, 1999.

IBGE. **Atlas Nacional do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

JAIN, S.; NAINAWATEE, H.S.; JAIN, R.K. and CHOWDHURY, J. B. Proline status of genetically stable salt-tolerant *Brassica juncea* somaclones and their parent cv. Prakash. **Plant Cell Reports**, v.9, p.684-687, 1991.

JESCHKE, W.D., ASLAM, Z., GREENWAY, H. Effects of NaCl on ion relations and carbohydrate status of roots and on osmotic regulation of roots and shoots of *Atriplex amnicola*. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.9, p.559–569, 1986.

KHAN, M.A. Studies on germination of *Cressa cretica*. **Pakistan Journal of Weed Science Research**, v.4, p.89–98, 1991.

KHAN, M.A., UNGAR, I.A. Alleviation of seed dormancy in the desert forb *Zygophyllum simplex* L. from Pakistan. **Annals of Botany**, v.80, p.395–400, 1996.

KHAN, M.A., WEBER, D.J. Factors influencing seed germination in *Salicornia pacifia* var. *utahensis*. **American Journal of Botany**, v.73, p.1163–1167, 1986.

KIILL, L. H. P.; DRUMOND, M. A. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Gliricidia sepium* (JACQ.) STEUD. (FABACEAE – PAPILIONOIDAE) na região de Petrolina, Pernambuco. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, p. 597-601, 2001.

KURBAN, H., SANEDKA, H., NEHIRA, K., ADILLA, R., FUJITA, K. Effect of salinity on growth and accumulation of organic and inorganic solutes in the leguminous plants *Alhagi pseudoalhagi* and *Vigna radiata*. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.44, p.589-97, 1998.

KUZNETSOV, V.V. and SHEVYAKOVA, N.I. Stress response of tobacco cells to high temperature and salinity. Proline accumulation and phosphorylation of polypeptides. **Physiologia Plantarum**, v.100, p.320-326, 1997.

LABORIAU, L. G. **Germinação das sementes**. Washington: Organização dos Estados Americanos, 1983. 174 p.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M. A. O.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 49, p.107-120, 2003.

LACERDA, C.F. **Crescimento e acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos em dois genótipos de sorgo forrageiros submetidos a estresse salino**. 2000. 163 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

LACERDA, C.F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M.A. O.; RUIZ.H.A. Plant growth and solute accumulation and distribution in two sorghum genotypes, under NaCl stress. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v.13, p. 270-284, 2001.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos-SP. Ed. Rima Arts e Textos, 531 p, 2000.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2002, 178p.

MANSOUR, M.M.F.; SALAMA, K.H.A.; AI-MUTANA, M.M. Transport protein and salt tolerance in plants. **Plant Science**, Limerik, v.146, p.891-900, 2003

MARIN, A. M. P.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, E. D.; SAMPAIO, E. V. S. B. Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no Agreste paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.555-564, 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MATALLO JÚNIOR, H. A desertificação no Brasil. In: OLIVEIRA, T. S. de (Eds.). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFC, 2000. p. 89-113.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.25, p.239 - 250, 2002.

NIU, X.; BRESSAN, R.A.; HASEGAWA, P.M.; PARDO, J.M. Ion homeostasis in NaCl stress environment. **Plant Physiology**, Rockville, v.109, p.735-742, 1995.

OLIVEIRA, M de. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais In: GHEY, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de (Eds.). Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, XXVI, 1997, Campina Grande, **Resumos...**, Campina Grande, UFPB, 1997, p. 1-35.

RANGEL, J.H.A.; LIMA, L.O.A.A.; ALMEIDA, S.A.; Efeito da pressão de pastejo sobre a produtividade de pastagens cultivadas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em consórcio com *Arachis repeins* e *Gliricidia sepium* em tabuleiros costeiros de Sergipe. Aracaju, SE: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 1997.

RENGEL, Z. Role of calcium in salt toxicity. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.15, p.625-632, 1992.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MARSHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola** (FAO 48). Campina Grande, UFPB, 2000. 117p.

RUIZ, H.A.; GHEYI, H.R.; ALMEIDA, M.T.; RIBEIRO, A.C. Torta de filtro e vinhaça na recuperação de um solo salino-sódico e no desenvolvimento de arroz irrigado. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.659-665, 1997.

SANTOS R. V.; HERNANDEZ F. F. F. Recuperação de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ J. E.; MEDEIROS, J. F. (ed.), **Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada**. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. 383p.

SHANNON, M.C.; GRIEVE, C.M. Tolerance of vegetable crops to salinity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.78, p.5- 38, 1998.

SHEVYAKOVA, N.I.; STROGONOV, B.P. and KIRYAN, G.I. Metabolism of polyamines in NaCl-resistant cell lines from *Nicotiana glauca*. **Plant Growth Regulation**, v.3, p.365-369, 1985.

SILVA, E. D. **Dinâmica da matéria orgânica leve e nutrientes do solo, condições microclimáticas e produtividade de biomassa em um sistema agroflorestal com gliricídia e milho no Agreste paraibano**. 2004. 37f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia.

STOREY, R.; GORHAM, J.; PITMAN, M.G.; HANSON, A.D. and CAGE, D. Response of *Melanthera biflora* to salinity and water stress. **Journal of Experimental Botany**, v.44, p.1551- 1560. 1993.

TATTINI, B.Y.; HEIMLER, D.; TRAVERSI, M.L. and PIERONI, A. Polyamine analysis in salt stressed plants of olive. **Journal of Horticultural Science**, v.68, p.613-617, 1993.

TROVÃO, D. M. de B. M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L. A. de; NETO, J. D.; OLIVEIRA, A. B. de; QUEIROZ, J. A. Avaliação do potencial hídrico de espécies da Caatinga sob diferentes níveis de umidade do solo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Belo Horizonte, v. 4, p. 1-7, 2004.

UNGAR, I.A. Seed germination and seed-bank ecology of halophytes. In: Kigel, J., Galili, G. (Eds.), **Seed Development and Germination**. Marcel Dekker Inc., New York, p. 599–629, 1995.

VIÉGAS, R.A. and SILVEIRA, J.A.G. Ammonia assimilation and proline accumulation in young cashew plants during long term exposure to NaCl-salinity. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, p.153-159, 1999.

WANG, L., SHOWALTER, A.M., UNGAR, I.A. Effect of salinity on growth, ion content, and cell wall chemistry in *Atriplex prostrata* (Cheonopodiaceae). **American Journal of Botany**, v.84, p.1247-1255, 1997.

WILLADINO, L.; CAMARA, T.; BOGET, N.; CLAPAROLS, I.; TORNE, J.M. Polyamine and free amino acid variations in NaCl-treated embryogenic maize callus from sensitive and tolerant cultivars. **Journal of Plant Physiology**, v.147, p.179-185, 1996.

YAHYA, A. Salinity effects on growth and on uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesame. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.21, p. 1439-1451, 1998.

CAPÍTULO 2

EFEITOS DOS ESTRESSES HÍDRICO E SALINO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE GLIRICIDIA (*Gliricidia sepium* Jacq. Walp)

RESUMO

Entre os fatores externos que interferem no processo germinativo, a hidratação das sementes é considerada como o mais importante. Este estudo teve o objetivo de avaliar a tolerância das sementes de *Gliricidia sepium* aos estresses hídrico e salino durante a germinação. A germinação das sementes em soluções de polietilenoglicol (PEG-6000) e de cloreto de sódio (NaCl) foi testada sob quatro níveis de potencial osmótico (0,0; -0,5; -1,0 e -2,0 MPa), para simular estresses hídrico e salino, respectivamente, em quatro repetições de 100 sementes. As sementes foram colocadas em gerboxes e a germinação ocorreu em germinador tipo BOD, ajustado a 30 °C. Foram avaliados a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG). A porcentagem de germinação do tratamento testemunha foi 94%, reduzindo para 77,6% quando submetidas a soluções de NaCl com potencial osmótico de -1,0 MPa, enquanto que neste mesmo potencial osmótico com soluções de PEG, a germinação reduziu para 44,3%, não havendo germinação a -2,0 MPa. O índice de velocidade de germinação apresentou o mesmo comportamento da porcentagem de germinação. As sementes de *Gliricidia sepium* mostraram menor tolerância ao estresse hídrico do que ao salino.

Palavras-chave: potencial osmótico, velocidade de germinação, tolerância.

EFFECTS OF WATER AND SALT STRESSES ON *Gliricidia sepium* Jacq. Walp SEED GERMINATION

ABSTRACT

Seed hydration is considered the most important external factor interfering on germination. This study evaluated the tolerance of *Gliricidia sepium* seeds to water and salt stresses during germination. Seed germination was observed in four 100-seed replications, in polyethylene glycol (PEG-6000) or sodium chloride (NaCl) solutions with four osmotic potentials levels (0; -0.5; -1.0 and -2.0 MPa), arranged according to a completely random design, simulating water and salt stresses, respectively. Each 100-seed replication consisted of a gerbox placed in a BOD germinator, adjusted to 30°C. The number of germinated seeds was counted every day, and germination percentage and germination velocity index were estimated from these data. Percentage germination of the control seeds averaged 94%, and reduced to 77.6% and 44.3% in -1.0 MPa NaCl and PEG solutions, respectively. No germination was observed in -2.0 MPa. Germination velocity index showed the same trend. *Gliricidia sepium* seeds showed less tolerance to water than to salt stress.

Keywords: osmotic potential, speed of germination, tolerance.

1 INTRODUÇÃO

Embora o padrão de germinação seja regulado pela constituição genética das espécies, essa expressão é frequentemente modificada por condições ambientais nas quais as sementes são originadas (SANTOS et al., 1992). A deficiência hídrica é um fator limitante na sobrevivência e no crescimento inicial das plantas (BLAKE, 1993) e é o fator mais importante no processo germinativo, em virtude da água ser a matriz onde ocorre a maioria dos processos bioquímicos e fisiológicos, que resultam na protrusão da raiz primária (BRAY, 1995).

Estudos sobre relações hídricas são importantes para o conhecimento da biologia das sementes. A habilidade de tolerar a dessecação que as sementes ortodoxas apresentam, podendo sobreviver durante longos períodos sob condições adversas, tem sido o mecanismo adaptativo que permite a distribuição de plantas em climas hostis (BRADFORD, 1995).

Sob baixos níveis de umidade no meio germinativo, é comum o desenvolvimento de mecanismos protetores contra a dessecação ou para evitar a parada do desenvolvimento (BEWLEY e OLIVER, 1992), porém um estresse hídrico severo resulta em desequilíbrio metabólico (BLACKMAN et al., 1992). Mesmo assim, a respiração pode continuar nos tecidos com potenciais abaixo de $-1,10$ MPa, mantendo o organismo vivo com um metabolismo baixo (VERTUCCI, 1989). Além da seca, a salinidade é um problema cada vez maior para a agricultura, sendo que o aumento desta última prejudica a vegetação nativa em consequência dos efeitos tóxicos e osmóticos dos sais na germinação e crescimento das plantas (GHASSEMI et al., 1995).

A tolerância à salinidade durante a germinação é crítica para o estabelecimento de plantas cultivadas em solos salinos de regiões áridas (UNGAR, 1995). Nestas regiões a germinação ocorre durante a estação chuvosa, quando os níveis de salinidade no solo são usualmente reduzidos (EL-KEBLAWY, 2004).

Vários estudos têm sido conduzidos para elucidar os mecanismos de adaptação à salinidade (SILVA et al., 2001). Um dos métodos mais usados para a determinação da tolerância aos sais é a porcentagem de germinação, assim como os testes de vigor, sob condições salinas, através do uso de soluções osmóticas. Essas avaliações são importantes para estimar o potencial das sementes no campo, em ambientes salinos.

A germinação máxima em sementes de halófitas ocorre frequentemente sob condições de não salina e a germinação da maioria das espécies é reduzida e retardada com aumento da salinidade, de modo que a resposta pode variar muito dependendo da espécie. No entanto, algumas halófitas perenes podem germinar em níveis de salinidade de 860 mM NaCl ou mais,

como a *Salicornia pacifica* (KHAN e WEBER, 1986) e a *Cressa cretica* (KHAN, 1991), enquanto outras halófitas mostraram baixa germinação em salinidade acima de 125mM NaCl, como a *Zygophyllum simplex* (KHAN e UNGAR, 1996).

Em glicófitas, os níveis de tolerância são bem menores. Em sementes de feijão, Paula et al. (1994) verificaram que o vigor das sementes foi mais afetado pelo NaCl do que a germinação. Verificaram também que a porcentagem de plântulas anormais e o diâmetro da radícula das plântulas normais aumentaram na presença do sal. Em sementes de soja, verificou-se que a germinação e o vigor das sementes decresceram acentuadamente com a diminuição dos potenciais das soluções contendo NaCl e PEG 6000 (BRACCINI et al., 1996; MORAES e MENEZES, 2003). O comprimento das plântulas também diminuiu à medida que os potenciais osmóticos, obtidos com o uso de PEG 6000 decresceram (BRACCINI et al., 1998).

O efeito dos potenciais osmóticos sobre as sementes e as plântulas depende da qualidade inicial da semente e do tipo de soluto utilizado quando estas são submetidas ao mesmo grau de déficit hídrico (BRAGA, et al., 1999; MORAES e MENEZES, 2003).

Em virtude da carência de informações a respeito da fisiologia da germinação das sementes de *Gliricidia sepium*, conduziu-se esse estudo com o objetivo de avaliar a germinação e o índice de velocidade germinação de sementes dessa espécie em diferentes potenciais osmóticos obtidos a partir do polietilenoglicol (PEG-6000) e do cloreto de sódio (NaCl).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Botânica da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal (Universidade Federal de Campina Grande, Patos –PB), no período de Outubro a Novembro de 2006.

Inicialmente, as sementes foram tratadas com hipoclorito de sódio a 0,5 % e posteriormente foram dispostas em caixas gerbox, contendo uma folha de papel germitest, umedecida com 12 mL da solução, acrescida de 0,2% de Captan (fungicida) e 2 mL de nistatina (bactericida) por litro de solução. As caixas gerbox, contendo 25 sementes para cada tratamento, foram dispostas em um germinador tipo BOD ajustado a 30°C.

2.2 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, distribuídos em esquema fatorial 2 x 4, com quatro repetições. O primeiro fator correspondeu às soluções osmóticas (PEG-6000 e NaCl) e o segundo fator, aos potenciais osmóticos (0; -0,5; -1,0 e -2,0 MPa).

As quantidades de NaCl para se obter os referidos potenciais foram calculados a partir da equação de Van't Hoff, citada por Salisbury e Ross (1992):

$$\Psi\pi = -i.C.R.T.$$

onde:

$\Psi\pi$ = potencial osmótico (bar);

i = coeficiente isotônico;

C = concentração da solução, pressa em moles de solução por Kg de água;

R = constante universal dos gases ($0,0831 \text{ kg bar K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$);

T = temperatura (°K).

Enquanto que as quantidades de PEG 6000 foram obtidas de acordo com tabela citada por Villela et al (1991).

A contagem das sementes germinadas foi realizada diariamente, a partir do 4º dia de germinação, sendo considerada germinada a semente que apresentasse extensão radicular maior ou igual a 2 mm. A última contagem de sementes germinadas foi realizada no 14º dia

(BRASIL, 1992). Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e análise de regressão, usando o modelo linear - software SISVAR (FERREIRA, 2000).

2.3 Parâmetros avaliados

2.3.1 Percentagem de germinação

A percentagem de germinação foi calculada através da seguinte fórmula:

$$G\% = 100 * A/N$$

onde: A corresponde ao número de sementes germinadas; e N, ao número de sementes colocadas para germinar em cada repetição (FANTI e PEREZ, 1998).

Os valores de percentagem de germinação foram transformados previamente para $\arcseno\sqrt{\%/100}$, para satisfazer o modelo matemático requerido.

2.3.2 Índice de velocidade de germinação (IVG)

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi obtido de acordo com a fórmula:

$$IVG = \sum ni/i$$

onde:

“ni” corresponde ao nº de sementes germinadas no dia

“i” ao número de dias após a instalação do teste (MAGUIRE, 1962).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, observa-se a redução na percentagem de germinação das sementes de gliricídia, à medida que o potencial osmótico do meio se tornou mais negativo. Quanto aos efeitos do NaCl, observa-se que a germinação manteve-se em torno de 80%, quando o potencial osmótico atingiu -0,5MPa e -1,0MPa. Redução no potencial osmótico além desse valor causou declínio na germinação de maneira mais drástica.

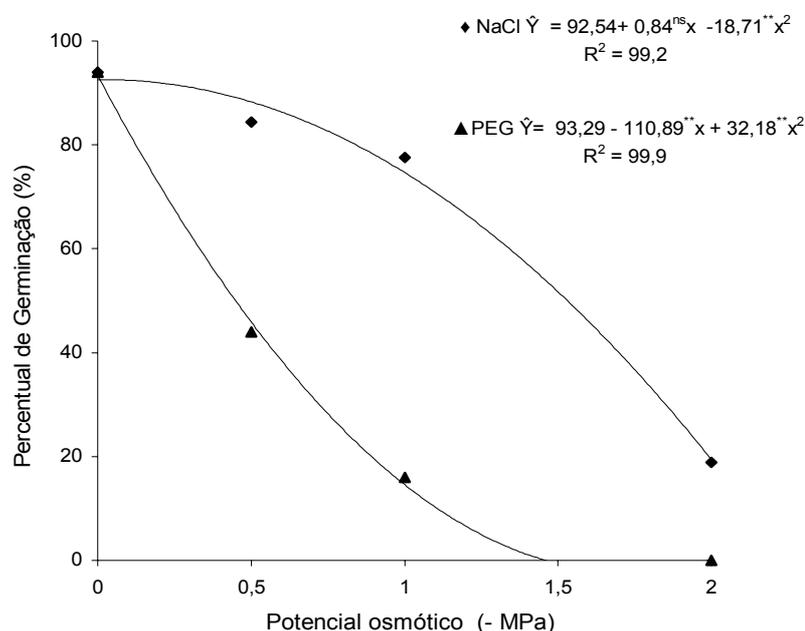


Figura 1: Porcentagem de germinação de sementes de gliricídia em função de diferentes potenciais osmóticos em soluções de NaCl e PEG.

Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al., (1996) e Braccini et al., (1996) que também usando o NaCl como agente osmótico, observaram decréscimo semelhante na germinação. Para Van Der Moezel e Bell (1987), o NaCl afeta a germinação pelo efeito osmótico e/ou pelo efeito iônico, dificultando a absorção de água ou facilitando a penetração de íons nas células.

Esse comportamento da germinação das sementes de gliricídia em relação ao NaCl foi comparável ao das halófitas *Juncus maritimus* e *Prosopis juliflora*, as quais foram capazes de

germinar a uma concentração de sais acima de 150 mM (PEREZ e MORAES,1991; CAVALCANTE e PEREZ,1995).

Em geral tanto as halófitas como as glicófitas, respondem de maneira semelhante ao estresse salino, ou seja, a percentagem e a velocidade de germinação são inversamente proporcionais ao aumento da salinidade, variando apenas o limite máximo de tolerância ao sal. Halófitas altamente tolerantes conseguem germinar em meio com até 8% de NaCl. Entretanto, as halófitas pouco tolerantes têm sua germinação inibida em meio com apenas 1 a 2% de NaCl (UNGAR, 1995).

Analisando-se os dados referentes ao PEG (Figura 1), nota-se que os efeitos foram mais severos, pois a porcentagem de germinação reduziu pela metade quando o potencial osmótico baixou de 0 MPa para -0,5 MPa, chegando a valores nulos no potencial osmótico de -2,0 MPa (Figura 1), evidenciando que as sementes de gliricídia tiveram sua capacidade germinativa mais afetada pelo PEG 6000 do que pelo NaCl, atribuído provavelmente à tolerância da espécie ao NaCl. Além disso, embora o PEG não seja absorvido em virtude do seu alto peso molecular, as soluções preparadas com tal substância podem apresentar alta viscosidade, que somada à baixa difusão de O₂, podem comprometer a disponibilidade de oxigênio para as sementes, durante o processo germinativo (BRACCINI et al.,1996). Esse comportamento na germinação em soluções de PEG deve-se provavelmente a uma redução da absorção de água pelas sementes e não a um efeito tóxico do PEG, visto que o polietilenoglicol é considerado um composto inerte e não tóxico, como tem sido sempre mostrado na literatura (BRACCINI et al., 1998).

Fonseca e Perez (2003), ao testar o PEG 6000 como agente osmótico, em sementes de *Adenanthera pavonina* (Fabaceae), encontraram maior percentual de germinação na testemunha, o qual decresceu do potencial -0,1 até o potencial -0,5 MPa e, semelhante ao que foi observado nas sementes de gliricídia, não houve germinação no potencial osmótico de -2,0 MPa. Em *Bowdichia virgilioides* (Fabaceae), observou-se que o percentual de germinação sofreu uma queda drástica a partir de -0,5 MPa, e também não ocorreu germinação em potenciais mais elevados (SILVA et al., 2001).

Bradford (1990) explica que, em condições de estresse hídrico, as sementes têm água suficiente para iniciar o processo germinativo (Fases I e II) sem, contudo, iniciar o crescimento da raiz primária (Fase III). Uma vez que o alongamento e a síntese da parede celular são processos altamente sensíveis ao déficit hídrico (WENKERT et al., 1978), o decréscimo no crescimento e posteriormente na protrusão da radícula pode ser devido ao baixo turgor das células, causado pela restrição hídrica (BRADFORD, 1995). O decréscimo

na germinação de sementes submetidas à restrição hídrica também reside no fato de que, nessas condições, ocorre um prolongamento da fase estacionária do processo de embebição, devido à redução na atividade enzimática, resultando em menor desenvolvimento meristemático e, conseqüentemente, em atraso na protrusão da radícula (FALLERI, 1994).

Aliado aos fatores acima descritos está o fato de que os baixos potenciais osmóticos podem causar redução na produção de energia metabólica necessária ao início da germinação (MAYER e POLJAKOFF-MAYBER, 1989), sendo essa energia obtida a partir de aumento na taxa respiratória das sementes após a embebição. Dessa forma, quanto mais baixo o potencial osmótico, menor a taxa respiratória e menor a produção de energia, necessária ao processo germinativo.

Dados referentes aos efeitos do estresse osmótico na germinação de sementes são abundantes na literatura, com um amplo espectro de tolerância, tanto em espécies arbóreas como em herbáceas de interesse agrônomo. Estudando os efeitos do potencial osmótico na germinação de sementes de leguminosas da savana africana (*Combretum apiculatum*, *Colophospermum mopane*, *Acacia karroo* e *Acacia tortilis*), Choinski e Tuohy (1993) verificaram redução da germinação em potenciais a partir de -0,3MPa. Em algaroba (*Prosopis juliflora*), uma leguminosa arbórea amplamente distribuída na caatinga nordestina, Perez e Nassif (1995) verificaram um limite mais elevado de tolerância, chegando a -1,6 MPa.

Resultados semelhantes foram obtidos por Nassif e Perez (1997) e Fanti e Perez (1998) em sementes de *Pterogyne nitens* e *Adenantha pavonina*, respectivamente. Bakke et al. (2006), observaram uma significativa redução nos valores de germinação e no índice de velocidade de germinação das sementes de jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) com o aumento da concentração de NaCl e PEG 6000, especialmente sob condições de estresse salino. Braccini et al (1996), trabalhando com sementes de soja, também verificaram redução na porcentagem de germinação, à medida que os potenciais osmóticos das soluções de NaCl, manitol e PEG tornaram-se mais negativos e verificaram também que o PEG foi o agente osmótico que promoveu maior decréscimo na germinação.

Quanto ao índice de velocidade de germinação nos diferentes potenciais osmóticos observa-se maior velocidade de germinação para testemunha e, à medida que o potencial osmótico tornou-se mais negativo, as sementes necessitaram de mais tempo para beber e germinar, evidenciando menor velocidade de germinação (Figura 2). Nos potenciais osmóticos mais negativos, em ambas as soluções de NaCl e PEG as sementes apresentavam um tegumento escurecido e envolvido por um exsudato de aspecto gelatinoso. Estas características foram observadas em sementes de *Mimosa tenuiflora* sob estresse salino,

provavelmente numa tentativa de reduzir o contato direto com os agentes estressantes, o que pode ser interpretado como uma adaptação da espécie ao estresse, assegurando a sua sobrevivência, nessas condições por algum tempo (BAKKE et al., 2006).

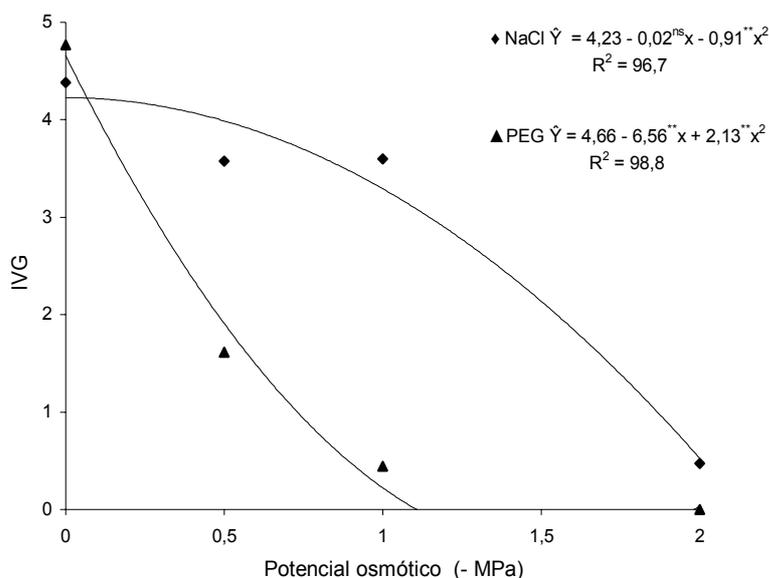


Figura 2: Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de gliricídia em função de diferentes potenciais osmóticos em soluções de NaCl e PEG.

Os resultados deste trabalho corroboram os obtidos por Fonseca e Perez (2003) que observaram maior tempo requerido para a germinação quando o potencial osmótico foi reduzido da testemunha até -0,5 MPa, para a espécie *Adenantha pavonina*. O mesmo foi observado para as espécies *Bowdichia virgilioides* (SILVA et al., 2001), *Peltophorum dubium* (PEREZ et al., 2001), *Senna occidentalis* (DELACHIAVE e PINHO, 2003) *Chorisia speciosa* (FANTI e PEREZ, 2003) e *Mimosa tenuiflora* (BAKKE et al., 2006).

Comportamento semelhante foi observado em sementes de *Copaifera langsdorffii* por Jeller & Perez (1997) com limite máximo de tolerância a -1,6MPa. Em *Prosopis juliflora* foi observada, por Perez & Tambelini (1995), significativa redução da germinabilidade com base em -0,6MPa. A natureza dessa inibição da germinação, causada pelo estresse salino, é discutível. O alto conteúdo de sais no solo, especialmente o cloreto de sódio, pode inibir a germinação, inicialmente em face de efeitos osmóticos e, em alguns casos, por efeitos tóxicos cuja magnitude depende do grau de tolerância e/ou resistência à salinidade, os quais

dependem não só da espécie utilizada como também do tipo de sal (FERREIRA & REBOUÇAS, 1992).

4 CONCLUSÕES

- As sementes de gliricídia apresentaram maior tolerância ao NaCl do que ao PEG-6000;
- As sementes de gliricídia não toleraram estresse osmótico superior a -0,5 MPa quando usou-se o PEG 6000.

5 REFERÊNCIAS

BAKKE, I. A.; FREIRE, A. L. O.; BAKKE, O. A.; ANDRADE, A. P.; BRUNO, R. L. A. Water and sodium chloride effects on *Mimosa tenuiflora* (WILLD.) POIRET seed germination. **Revista Caatinga**, v.19, p.261-267, 2006.

BEWLEY, J.D.; OLIVER, M.J. Desiccation tolerance in vegetative plant tissues and seeds: protein synthesis in relations to desiccations and a potential role for protection and repair mechanisms. In: OSMOND, C.D.; SOMERO, G. & BOLIS, C.L. (Eds). **Water and life: a comparative analysis of water relationships at the organismic, celular and molecular levels**. Berlin: Spring Verlag, p.141- 160. 1992.

BLACKMAN, S.A.; OBENDORF, R.L.; LEOPOLD, A.C. Maturation proteins and sugars in desiccation tolerance of developing soybean seeds. **Plant Physiology**, Bethesda, v.100, p.225-230, 1992.

BLAKE, T.J. Transplanting shock in white spruce: Effect of cold storage and root pruning on water relations and stomatal conditioning. **Plant Physiology**, Lancaster, v.57, p.210-216, 1993.

BRACCINI, A. L., REIS, M. R., SEDIYAMA, C., S., SEDIYAMA, T. & ROCHA, V. S. Influência do potencial hídrico induzido por polietilenoglicol na qualidade fisiológica de sementes de soja (Influence of the osmotic potential induced by polyethylene glycol in the physiologic quality of soybean seeds). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, p.1451-1459. 1998.

BRACCINI, A.L.; RUIZ, H.A.; BRACCINI, M.C.L.; REIS, M.S. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, p.10-16, 1996.

BRADFORD, K.J. A water relation analysis of seed germination rates. **Plant Physiology**, v.94, p. 840-849, 1990.

BRADFORD, K.J. Water relations in seed germination In: KIEGEL, J.; GALILI, S. (Ed) **Seed development and germination**. New York, Marcel Dekker Inc., 1995. p. 351-396.

BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P.; BRAGA, J.F.; SÁ, M.E. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, p.95-102, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365P.

BRAY, C.F. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. In: KIGEL, J.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: Marcel dekker, p.767-789, 1995.

CAMPOS, I. S. & ASSUNÇÃO, M. V. Estresse salino e hídrico na germinação e vigor do arroz (Salt and water stress in germination and vigour of rice). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, p.857-862. 1990.

CAVALCANTE, A. M. B. & PEREZ, S. C. J. G. de A. Efeitos dos estresses hídrico e salino sobre a germinação de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Effects of water and salt stresses on *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit germination). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, p.281-289. 1995.

CHOINSKI, J.S.; TUOHY, J.M. Effect of water potential and temperature on the germination of four species of african savanna trees. **Annals of Botany**, London, v.68, p.227-233, 1993.

DELACHIAVE, M. E. A.; PINHO, S. Z. Germination of *Senna occidentalis* Link: seed at different osmotic potential levels. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Botucatu, v. 46, p.163-166, 2003.

EL-KEBLAWY, A. Salinity effects on seed germination of the common desert range grass, *Panicum turgidum*. **Seed Science and Technology**. v 32, p.943-948, 2004.

FALLERI, F. Effect of water stress on germination in six provenances of *Pinus pinaster* Ait. **Seed Science and Technology**, v.22, p.591-599, 1994.

FANTI, S. C. & PEREZ, S. C. J. G. de A. Efeitos do estresse hídrico, salino e térmico no processo germinativo de sementes de *Adenanthera pavonina* L. (Effects of water, salt and thermic stresses on the germination process of *Adenanthera pavonina* L seeds.). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.20, p.167-177. 1998.

FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. de A. Efeito do estresse hídrico e envelhecimento precoce na viabilidade de sementes osmocondicionadas de paineira (*Chorisia speciosa*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 537-543, 2003.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, p. 255- 258, 2000.

FERREIRA, L.G.R.; REBOUÇAS, M.A.A. Influência da hidratação/desidratação de sementes de algodão na superação dos efeitos da salinidade na germinação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, p.609-615, 1992.

FONSECA, S. C. L. & PEREZ, S. C. J. G. DE A. Efeito de sais e da temperatura na germinação de sementes de olho de dragão (*Anadenanthera pavonina* L. *Fabaceae*) (Salt and temperature effect on dragon-eye (*Anadenanthera pavonina* L. *Fabaceae*) seeds). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.21, p.70-77, 1999.

FONSECA, S. C. L.; PEREZ, S. C. J. G. A. Ação do polietileno glicol na germinação de sementes de *Adenanthera payonina* L. e o uso de poliaminas na atenuação do estresse hídrico sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 25, p.1-6, 2003.

GHASSEMI, F.; JAKEMAN, A.F. & NIX; M.A. **Salinization of land and water resources**. England: CAB International wallin ford, 381p. 1995.

JELLER, H.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeito da salinidade e da sementeira em diferentes profundidades na viabilidade e no vigor de *Copaifera langsdorffii* Desf. **Revista Brasileira Sementes**, Brasília, v.19, p. 219-225, 1997.

KHAN, M.A., Studies on germination of *Cressa cretica*. **Pakistan Journal of Weed Science Research**. v.4, p. 89-98, 1991.

KHAN, M.A., UNGAR, I.A., Alleviation of seed dormancy in the desert forb *Zygophyllum simplex* L. from Pakistan. **Annals of Botany**. v.80, p.395-400, 1996.

KHAN, M.A., WEBER, D.J., Factors influencing seed germination in *Salicornia pacifica* var. *utahensis*. **American Journal of Botany**. v. 73, p.1163–1167, 1986.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, 2, p.176-177, 1962.

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. Oxford: Pergamon, p.270, 1989.

MORAES, G.A.F.; MENEZES, N.L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, v.33, p.219-226, 2003.

NASSIFF, S. M. L. and PEREZ, S. C. J. G. A. Germinação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul.): influência dos tratamentos para superar a dormência e profundidade de sementeira. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, p. 172-179, 1997.

PAULA, S.V.; RUIZ, H.A.; MANTOVANI - ALVARENGA, E. Avaliação de plântulas de feijão como critério para seleção de cultivares tolerantes à salinidade. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.16, p.220-224, 1994.

PEREZ, S. C. J. G. DE A. & MORAES, J. A. P. V. Influência do estresse hídrico e do pH no processo germinativo da algarobeira (Water stress and pH influence on the germinative process of algarobeira seeds). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, p.981-988. 1991.

PEREZ, S.C.J.G. de A.; FANTI, S.C.; CASALI, C.A. Salt stress and salt temperature interaction on the germination of *Peltophorum dubium* seeds. **Journal of Tropical Forest Science**, Kuala Lumpur, v.13, p.44-61, 2001.

PEREZ, S.C.J.G. de A.; TAMBELINI, M. Efeito dos estresses salino e hídrico e do envelhecimento precoce na germinação de algarobeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, p.1289-1295, 1995.

PEREZ, S.C.J.G.A.; NASSIF, S.M.L. *Prosopis juliflora* (S.W.) D.C. (algarobeira): efeitos do envelhecimento, Polietilenoglicol (PEG) e substratos na viabilidade e vigor. **Informativo ABRATES**, Londrina. v.5, p.201, 1995.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant Physiology**. Belmont: Weids Worth Publishing Company, 540p, 1992.

SANTOS, V.L.M.; CALIL, A.C.; RUIZ, H.A.; ALVARENGA, E.M.; SANTOS, C.M. Efeito do estresse salino e hídrico na germinação e vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.14, p.189-194, 1992.

SANTOS, V.L.M.; SILVA, R.F.; SEDIYAMA, T.; CARDOSO, A.A. Utilização do estresse salino na qualidade das sementes de genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, p.83-87, 1996.

SILVA, L. M. de M.; AGUIAR, I. B.; RODRIGUES, T. de J. D. Seed germination of *Bowdichia virgilioides* Kunth, under water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, p. 115-118, 2001.

UNGAR, I.A., Seed germination and seed-bank ecology of halophytes. In: Kigel, J., Galili, G. (Eds.), **Seed Development and Germination**. Marcel Dekker Inc., New York, p. 599–629. 1995.

VAN DER MOEZEL, P.G.; BELL, D.T. The effect of salinity on the germination of some Western Australian *Eucalyptus* and *Melaleuca species*. **Seed Science & Technology**, Zürich, v.15, p.239-246, 1987.

VERTUCCI, C.W. The effects of low water contents on physiological activities of seeds. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.77, p.172-176, 1989.

VILLELA, F. A., FILHO, L. D. & SEQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6.000 e da temperatura (Table of osmotic potential as a function of polyethylene glycol 6000 concentration and temperature). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, p.1957-1968. 1991.

WENKERT, W.; LEMON, E.R.; SINCLAIR, T.R. Leaf elongation and turgor pressure in field; grown soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, p. 761-764, 1978.

CAPÍTULO 3

ESTRESSE SALINO NA NUTRIÇÃO MINERAL E NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE GLIRICIDIA (*Gliricidia sepium* Jacq. Walp) CULTIVADAS EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

RESUMO

A salinidade é um dos fatores que mais limita o crescimento e a nutrição mineral de plantas, e a sobrevivência das mesmas em ambientes salinos dependerá de processos adaptativos envolvendo absorção, transporte e distribuição de íons nos vários órgãos da planta. Com o objetivo de avaliar o crescimento e a nutrição mineral de mudas de gliricídia sob salinidade, conduziu-se um experimento em telado de náilon da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Campina Grande, Patos –PB. As sementes foram semeadas em vasos de ‘Leonard’, contendo solução nutritiva de Hoagland & Arnon (50% da concentração original), com as respectivas concentrações de cloreto de sódio testadas (0, 100 200 e 400 mmol L⁻¹ de NaCl). Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, com uma planta por vaso. Aos 60 dias após a emergência, as plantas foram colhidas e avaliaram-se a altura, matéria seca e teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e Na na raiz, caule e folhas. Aumento da salinidade promoveu reduções nos parâmetros de crescimento e teores de macronutrientes, ocorrendo o inverso nos teores de Na, sobretudo na raiz. A gliricídia mostrou-se sensível à salinidade.

Palavras-chave: salinidade, variáveis de crescimento, nutrição mineral.

EFFECTS OF SALINE STRESS ON GROWTH AND MINERAL NUTRITION OF *Gliricidia sepium* Jacq. Walp SEEDLINGS GROWING IN NUTRITIVE SOLUTION

ABSTRACT

Salinity is one of the factors most limiting to the growth and mineral nutrition of plants. Plant survival in saline environments depends on adaptive processes involving absorption, transport, and distribution of ions in plant organs. To evaluate the growth and mineral nutrition of *Gliricidia sepium* seedlings under saline conditions, an experiment was carried out in a nylon screen protected building of the Academic Unit of Forest Engineering, Federal University of Campina Grande, in Patos- PB. Seeds were sown in 'Leonard' pots containing Hoagland & Arnon nutritive solution with four NaCl levels (0, 100, 200 and 400 mmol L⁻¹), with four replications (1 plant/pot) arranged according to a completely random design. At day 60 after seedling emergency, data on plant height, root, stem and leaf dry matter, and nutrient (N, P, K, Ca, Mg, S and Na) accumulation in plant tissue were collected. All variables were negatively affected by increasing NaCl levels in the nutritive solution, except Na, especially in the root tissue. The *Gliricidia sepium* showed to be sensitive to salinity.

Keywords: variables of growth, salinity, mineral nutrition.

1 INTRODUÇÃO

A salinidade é um dos fatores que mais limita o crescimento e a nutrição mineral de plantas em regiões com baixa disponibilidade hídrica em função da redução do potencial osmótico no ambiente radicular. A alta concentração de sais é considerada um fator estressante para as plantas, haja vista apresentar atividade osmótica retendo a água, além da ação de íons sobre o protoplasma e o impacto sobre a nutrição mineral das plantas (MUNNS, 2002).

A salinidade afeta a nutrição mineral das culturas reduzindo a atividade dos íons em solução e alterando os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta. A interação entre salinidade e nutrição mineral se torna mais complexa em virtude das diferenças na concentração e na composição iônica dos meios salinos (água e solo) aos quais as plantas são submetidas, e das diferentes respostas das plantas, tanto em relação à salinidade como em relação à eficiência na aquisição de minerais do solo (LACERDA, 2005). É possível sugerir, no entanto, que a predominância de determinados elementos minerais no ambiente radicular, como é comum em meios salinos afeta, direta ou indiretamente a aquisição de minerais essenciais podendo acarretar redução no crescimento e alterações na qualidade do produto vegetal (GRIEVE e GRATTAN, 1999; LACERDA, 2005).

A inibição do crescimento das plantas pelo estresse salino pode ser consequência de efeitos osmóticos, provocando déficit hídrico e, ou de efeitos específicos de íons que podem acarretar toxidez ou desequilíbrio nutricional (BERNSTEIN et al., 1995; MUNNS, 2002; LACERDA et al., 2003). Entretanto o grau com que cada um desses componentes do estresse salino influencia o crescimento é dependente de muitos fatores, ou seja, da espécie vegetal, da cultivar, do tipo de salinidade, da intensidade e da duração do estresse salino, da luminosidade, da umidade do solo e do ar e do estágio de desenvolvimento da planta (CRAMER et al., 1994).

A resposta das plantas à salinidade é um fenômeno complexo, envolvendo alterações morfológicas e de crescimento, além de processos fisiológicos e bioquímicos (FOUGÈRE et al., 1991). Assim, a sobrevivência em ambientes salinos pode resultar de processos adaptativos envolvendo absorção, transporte e distribuição de íons nos vários órgãos da planta e sua compartimentalização dentro das células (MUNNS e TERMAAT, 1986). Os íons inorgânicos desempenham importante papel na preservação do potencial hídrico vegetal; portanto,

mecanismos em plantas conduzindo ao excesso de absorção iônica e exclusão de Na^+ e Cl^- de tecidos metabolicamente ativos da parte aérea, podem ser responsáveis pela tolerância das culturas ao estresse salino (GREENWAY e MUNNS, 1980; CHEESEMAN, 1988). Esta exclusão pode ser efetuada através da acumulação preferencial de íons em tecidos relativamente tolerantes da raiz ou da parte aérea (BOURSIER et al., 1987).

Segundo observações de Tyerman e Skerrett (1999), em ambientes salinos, o NaCl tem-se mostrado como sendo o sal predominante, causando a maioria das injúrias nas plantas. O efeito osmótico tem sido a causa maior da redução do crescimento das plantas, associado à toxidez de íons pela absorção excessiva de sódio e cloro e ao desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção e/ou distribuição dos nutrientes (YAHYA, 1998). As diferenças são grandes entre as espécies de plantas na habilidade para prevenir ou tolerar elevadas concentrações de Na nas folhas (MUNNS, 1993, citado por FERNANDES et al., 2002).

Estima-se em quatro milhões de hectares a extensão de terras afetadas por sais no Brasil (SZABOLCS, 1989), as quais apresentam baixas produtividades agrícolas ou, mesmo, encontram-se fora do sistema produtivo. As atividades silvipastoris poderiam possibilitar a utilização dessas áreas e certamente teriam reflexos diretos sobre a oferta de produtos de origem arbórea na região nordeste e na redução da pressão sobre a vegetação nativa, além de promoverem a recuperação dos solos degradados pela salinidade. Contudo, o sucesso dessa iniciativa é dependente, entre outros fatores, da produção de mudas capazes de resistirem às condições adversas do meio (BARBOSA, 1994).

Este trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento e a nutrição mineral de mudas de gliricídia em solução nutritiva com crescentes concentrações de NaCl.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização do experimento

O experimento foi realizado em telado de náilon da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Campina Grande Campus de Patos – PB, no período de Dezembro de 2007 a Março de 2008. Utilizou-se areia grossa lavada e esterilizada como suporte para as plantas. A areia foi mantida em bacias de plástico contendo solução de HCl (50 mL L^{-1}) por aproximadamente 12 horas e depois lavada em água corrente até completa eliminação do cloreto. Após a lavagem, a areia foi submetida à secagem ao ar e posteriormente acondicionada em vasos de Leonard com capacidade para 600 mL. Os vasos foram montados, utilizando-se 600 mL da areia lavada na parte superior e solução nutritiva na parte inferior, de acordo com Vincent (1970).

Utilizou-se solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) (diluída para meia força iônica), sendo as soluções trocadas a cada cinco dias.

2.2 Aplicação dos tratamentos e condução do experimento

As sementes de gliricídia foram pré-hidratadas durante uma hora e posteriormente semeadas diretamente nos vasos de Leonard (três sementes por vaso). Aos cinco dias após a emergência, foi realizado desbaste, deixando a planta mais vigorosa por vaso.

Os tratamentos constituíram-se da adição de três concentrações de NaCl e mais uma testemunha sem o sal (0, 100, 200 e 400 mmol L^{-1} de NaCl). Para simular a adição gradativa do sal, as concentrações de NaCl foram adicionadas após o desbaste, aplicando-se 100 mmol L^{-1} de NaCl diariamente na solução nutritiva, até atingir os tratamentos desejados.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições.

2.3 Parâmetros avaliados

2.3.1 Altura, massa seca e concentrações de nutrientes

Aos 60 dias após a emergência (D.A.E), foi realizada a medição da altura das plantas, utilizando-se uma régua graduada. Em seguida, as plantas foram coletadas separadas em folhas, caule e raízes, e acondicionadas em sacos de papel para secagem em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura entre $65 - 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$, até atingir massa constante.

Após a secagem, a parte aérea e as raízes foram pesadas para determinação das massas do material seco. Em seguida, as folhas e as raízes foram moídas para a determinação dos teores de (N, P, K, Ca, Mg, S e Na).

O extrato para determinação dos nutrientes foi obtido por digestão nítrico-perclórica, e os teores de P foram obtidos por colorimetria; Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica; K e Na por fotometria de chama de emissão; e de S, por turbidimetria do sulfato de bário (MALAVOLTA, et al., 1997). Os teores de N total foram determinados pelo método semimicro Kjeldahl (LIAO, 1981), sendo a destilação e a titulação realizadas segundo Bremner e Edwards (1965).

2.4 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos às análises de variância e de regressão utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de NaCl na solução nutritiva influenciaram significativamente as variáveis analisadas no experimento. As crescentes concentrações de NaCl na solução promoveu uma redução na altura das plantas em relação à testemunha, seguindo um modelo quadrático (Figura 1).

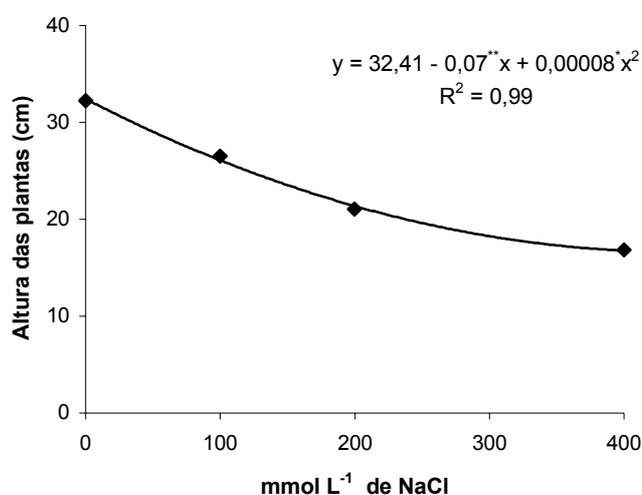


Figura 1: Altura de mudas de gliricídia em função das crescentes concentrações de NaCl na solução.

As plantas submetidas ao tratamento sem NaCl, alcançaram crescimento máximo de 32,25 cm durante o período experimental, havendo uma redução gradativa que atingiu cerca de 50% quando se adicionou 400 mmol L⁻¹ de NaCl. Neves et al. (2004), trataram mudas de umbuzeiro com 0, 20, 40, 60, 80 e 100 mmol L⁻¹ de NaCl em solução e obtiveram resultados que corroboram com os encontrados para gliricídia.

Há vários outros trabalhos na literatura que comprovam o feito negativo do NaCl no crescimento vegetal (BRESSAN et al., 1990; SWEBY, et al., 1994; LOCY et al., 1996; SILVA, et al., 2000).

A justificativa para essa redução do crescimento das plantas submetidas a níveis crescentes de NaCl em solução nutritiva, provavelmente deve-se ao efeito osmótico, associado à toxidez de íons pela absorção excessiva de sódio e cloro e ao desequilíbrio

nutricional causado pelos distúrbios na absorção e/ou distribuição dos nutrientes conforme relatado por Yahya (1998), Munns (2002) e Lacerda (2005).

Embora, geralmente, à resposta ao estresse salino seja negativa, existem plantas classificadas como halófitas ou natrofilicas, as quais segundo Marschner (1995), o elemento sódio é benéfico. Para Bergmann (1992) e Lima (1997), tais plantas têm a capacidade de estabelecer um equilíbrio osmótico com a baixa disponibilidade de água no solo. Isto se torna possível provavelmente, por acumularem os íons absorvidos nos vacúolos das células foliares, mantendo dessa forma a concentração salina no citoplasma e nas organelas em baixos níveis, de modo a não interferirem nos mecanismos enzimáticos e metabólicos e na hidratação de proteínas das células.

As produções de matéria seca das folhas, caules, raízes e total (Figura 2 a, b, c, d) seguiram modelos de reposta quadráticos, com redução nos valores dessas variáveis à medida que se aumentaram as concentrações de NaCl na solução.

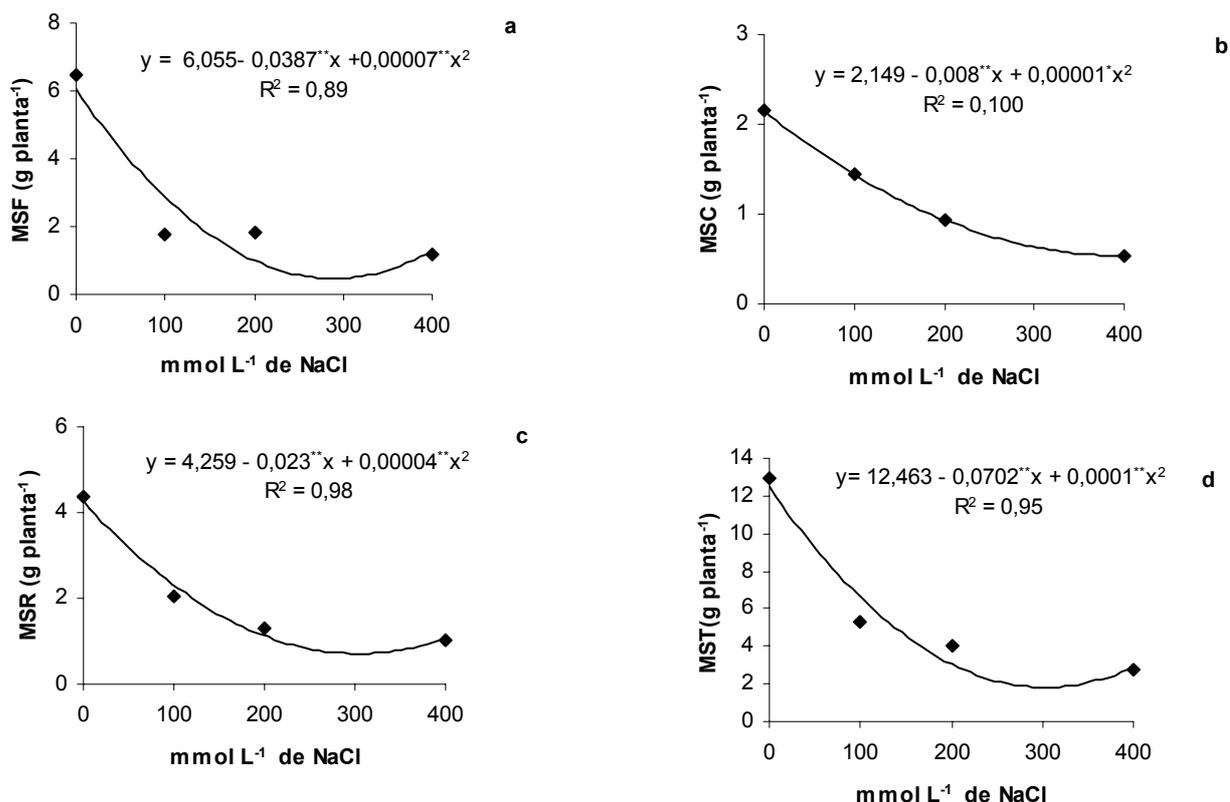


Figura 2: Incremento de matéria seca das folhas (MSF) (a), matéria seca dos caules (MSC) (b), matéria seca das raízes (MSR) (c), matéria seca total (MST) (d) de mudas de glicírdia em função das crescentes concentrações de NaCl na solução.

Esse comportamento também foi observado por Fernandes et al., (2002) em mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes*) e Neves et al. (2004) em umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), submetida às concentrações menores que as utilizadas no presente estudo.

A matéria seca total apresentou redução de 62%, quando comparada ao tratamento sem adição de sal, na concentração de 100 mmol L⁻¹ de NaCl, sendo que, a partir de 200 mmol L⁻¹, esta redução atingiu 70%. Estes resultados permitem inferir que a gliricídia pode ser considerada sensível ao estresse salino na dose de 100 mmol L⁻¹ de NaCl em solução, uma vez que reduções superiores a 60% na produção de matéria seca em relação à testemunha levam a classificar uma planta como sensível à salinidade segundo Fageria (1985).

Além da redução do crescimento, outro efeito do estresse salino que possivelmente contribuiu para redução da massa seca das plantas foi a abscisão foliar, verificada nas plantas, especialmente nos tratamentos com concentrações mais elevadas de NaCl. Neves et al., (2004) também observaram a partir da concentração de 100 mmol L⁻¹ de NaCl em solução, abscisão precoce das folhas mais velhas e morte de plantas de umbuzeiro. Este fato provavelmente está associado à toxidez de íons pela absorção excessiva de sódio e cloro.

Com relação aos teores de nutrientes, observou-se que o aumento das concentrações de NaCl promoveu redução nos teores de macronutrientes nas partes da planta estudadas (Figura 3). Esse comportamento explica a redução na produção de matéria seca. Segundo Faquin (2001), o acúmulo de macronutrientes segue a mesma tendência da produção de matéria seca. Esse autor cita que para plantas de soja cultivadas em ambientes não-salinos, há uma perfeita sobreposição das curvas de produção de matéria seca.

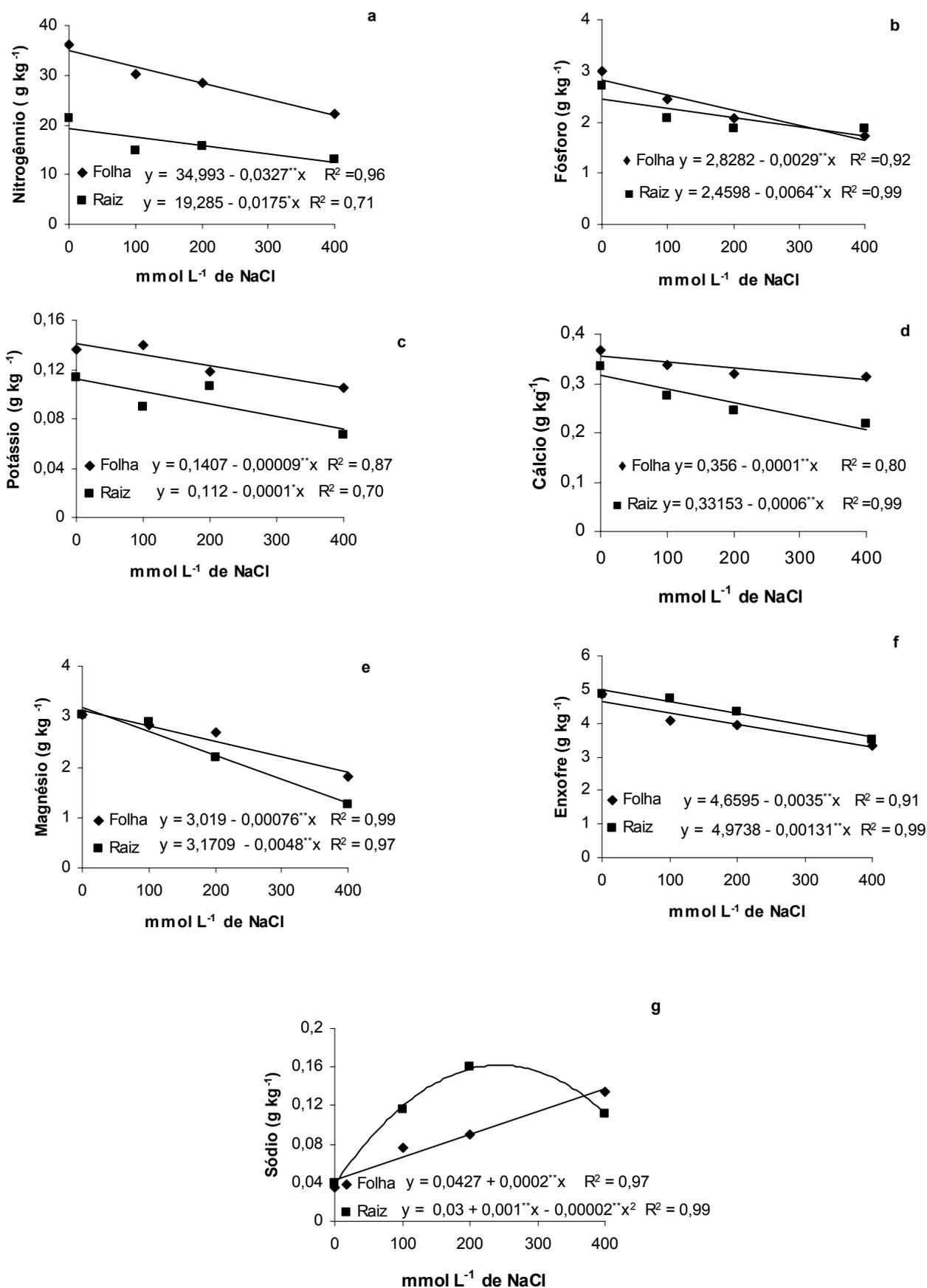


Figura 3: Teores de N, P, K, Ca, Mg, S e Na (g kg⁻¹) nas raízes e folhas de mudas de gliricídia em função das crescentes concentrações de NaCl na solução.

Os teores de N, P, K, Ca, Mg e S foram significativamente maiores para as plantas crescidas sem estresse (Figura 2), indicando uma possível inibição competitiva (HU e SCHMIDHALTER, 1997; MARSCHNER, 1995).

Quanto aos teores de K e Ca verificou-se que a absorção foi significativamente reduzida pela aplicação de NaCl no meio de crescimento. Miranda et al. (2002), trabalhando com moringa (*Moringa oleifera*) também observaram reduções no acúmulo de K e Ca com o NaCl. Tendo sido sugerido que, sob salinidade, a menor absorção de Ca pode permitir que o Na seja incorporado à estrutura da membrana plasmática, reduzindo sua seletividade e, ou permitindo o efluxo de íons, notadamente o K (MARSCHNER, 1995). O efeito do NaCl sobre os teores de K também tem sido atribuído ao antagonismo existente entre esses cátions (FERNANDES et al., 2002). A redução na concentração de K, sob estresse salino, é um complicador adicional para o crescimento das plantas visto que, em algumas situações, esse elemento é o principal nutriente a contribuir para o decréscimo do potencial osmótico, uma estratégia necessária à absorção de água nessas circunstâncias (JESCHKE et al., 1986; MARSCHNER, 1995). Em relação ao cálcio, tem sido demonstrado que o aumento da salinidade pode induzir deficiência desse nutriente (LACERDA, 2000; HO e ADAMS, 1994).

A redução na absorção de Ca pode levar à perda da integridade da membrana plasmática, com conseqüente perda da capacidade de absorção de alguns íons, principalmente o K (RENGEL, 1992; CACHORRO et al., 1994).

De modo geral, os menores teores de N e S ocorreram nos maiores níveis de NaCl, independente do componente da planta considerado, devido provavelmente, ao efeito depressivo da salinidade sobre a produção de matéria seca (Figura 2 a, f), concordando com Marschner (1995), para quem a presença do íon Cl em solução pode reduzir a absorção de N, principalmente quando fornecido na forma nítrica, efeito denominado antagonismo. Estes resultados corroboram com os observados por Miranda et al., (2002) em trabalhos com moringa com concentrações de 0, 30, 60, 90 e 120 mol m⁻³ de NaCl, no qual verificaram reduções no acúmulo desses nutrientes com aumento do NaCl.

Nas plantas testemunha, a concentração de Na foi igual para os órgãos estudados (Figura 2 g). No entanto, quando se adicionou NaCl à solução, a concentração desse elemento aumentou consideravelmente tanto na raiz como nas folhas, sendo esse efeito mais evidenciado na raiz, evitando sua translocação para folhas, reduzindo possíveis danos às mesmas. Na maior concentração de NaCl utilizada (400 mmol L⁻¹), observou-se uma redução de NaCl na raiz, possivelmente devido à exclusão do elemento, conforme observado por Lauchili e Epstein (1984), em outras espécies vegetais. Aparentemente houve inibição do transporte do NaCl para

a parte aérea, visto que suas menores concentrações foram observadas nas folhas especialmente nas concentrações de 100 e 200 mmol L⁻¹ de NaCl.

4 CONCLUSÕES

- A salinidade reduziu o crescimento e a produção de matéria seca das mudas de gliricídia, indicando que é uma planta sensível à salinidade.
- Os níveis crescentes de NaCl reduziram expressivamente os teores de N, P, K, Ca, Mg e S nas raízes e folhas de gliricídia.

5 REFERÊNCIAS

- BARBOSA, Z. **Efeito do P e do Zn na nutrição e crescimento de *M. urundeuva* (aroeira do sertão)**. 1994. 105f. (Dissertação - Mestrado). Universidade Federal de Lavras, 1994.
- BERGMANN, W. (Ed.). **Nutritional disorders of plants**. New York: G. Fischer, 1992. 741p.
- BERNSTEIN, N.; SILK, W. K.; LÄUCHLI, A. Growth and development of sorghum leaves under conditions of NaCl stress: possible role of some mineral elements in growth inhibition. **Planta**, Heidelberg, v.196, p.699-705, 1995.
- BOURSIER, P.; LYNCH, J.; LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Chloride partitioning in leaves of salt-stressed sorghum, maize, wheat and barley. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.14, p.463-473, 1987.
- BREMNER, J.M.; EDWARDS, A.P. Determination and isotope ratio analysis of different forms of nitrogen in soils. I. Apparatus and procedures for distillation and determination for ammonium. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, v. 29, p. 504-507, 1965.
- BRESSAN, R.A.; NELSON, D.E.; IRAKI, N.M.; LAROSA, P.C. Reduced cell expansion and changes in cell walls of plant cells adapted to NaCl. In: KATTERMAN, F. **Environmental injury to plants**. Academic Press: San Diego, cap.7, p.137-171, 1990.
- CACHORRO, P.; OTIZ, A.; CERDÁ, A. Implications of calcium nutrition on the response of *Phaseolus vulgaris* L. to salinity. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.159, p.205-212, 1994.
- CHEESEMAN, J. M. Mechanisms of salinity tolerance in plants. **Plant Physiology**, v. 87, p. 547-550, 1988.
- CRAMER, G.R.; ALBERICO, G.J.; SCHMIDT, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.21, p.675-692, 1994.
- FAGERIA, N.K. Salt tolerance of rice cultivars. **Plant and Soil**, v.88, p.237-243, 1985.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas: textos acadêmicos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 182 p.
- FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; CURI, N.; PINTO, J. E. B. P.; GUIMARÃES, P. T. G. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1613-1619, 2002.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255- 258.

FOUGÈRE, F., Le RUDULIER, D., STREETER, J.G. Effects of salt stress on amino acids, organic acids and carbohydrate composition of roots, bacteroids and cytosol of alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Plant Physiology**, v.96, p.1228-36, 1991.

GREENWAY, H.; MUNS, R. Mechanisms of salt tolerance in crop plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 31, p. 149- 190, 1980.

GRIEVE, C.M.; GRATAN, S.R Salinity-mineral nutrition relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, Lexington, v, 78, p.127-157, 1999.

HO, L.C.; ADAMS, P. Regulation of the partitioning of dry mater and calcium in cucumber in relation to fruit growth and salinity. **Annals of Botany**, London, v.73, p.539-545, 1994.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method of growing plants without soil**. Berkeley: University Of California, 1950. 32 p.

HU, Y.; SCHMIDHALTER, U. Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat - part II: composition. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.20, p.1169-1182, 1997.

JESCHKE, W.D., ASLAM, Z., GREENWAY, H. Effects of NaCl on ion relations and carbohydrate status of roots and on osmotic regulation of roots and shoots of *Atriplex amnicola*. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.9, p.559–569, 1986.

LACERDA, C. F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: Nogueira, R. J. . C., Araújo, E. L., Willadino, L. G., Cavalcante, U. (ed.) **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, 2005, p. 127-137.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M. A. O.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 49, p.107-120, 2003.

LACERDA, C.F. **Crescimento e acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos em dois genótipos de sorgo forrageiros submetidos a estresse salino**. 2000. 163 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

LAUCHILI, A.; EPSTEIN, E. Mechanisms of salt tolerance in plants. **California Agriculture**, Berkely, v.38, p.18- 21,1984.

LIAO, C.F.H. Devards alloy method for total nitrogen determination. **Science Society of America Journal**, Madison, v.45, p.852-855, 1981.

LIMA, L.A. **Efeitos de sais no solo e na planta**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. Manejo e Controle da Salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. Cap.4, p.112-136.

LOCY, R.D.; CHANG, C.; NIELSEN, B.L.; SINGH, N.K. Photosynthesis in salt-adapted heterotrophic tobacco cells and regenerated plants. **Plant Physiology**, Rockville, v.110, p.321-328, 1996.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e aplicações**. 2.ed., Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MARSCHNER, H.M. **Mineral Nutrition of Higher Plants**, 2.ed., London: Academic Press, 1995. 889p.

MIRANDA, J. R. P.; CARVALHO, J. G.; SANTOS, D. R.; FREIRE, A. L. O.; BERTONI, J. C.; MELO, J. R. M.; CALDAS, A. L. Silício e cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca de plantas de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 26, p. 957-965, 2002.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell and Environment**, Logan, v.25, p.239-250, 2002.

MUNNS, R. Physiological process limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 16, p. 15-24, 1993.

MUNNS, R.; TERMAAT, A. Whole plant responses to salinity. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.13, p.143-160, 1986.

NEVES, O.S.C; CARVALHO, J.G.; RODRIGUES, C.R. Crescimento e nutrição mineral de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr.Cam.) submetidas a níveis de salinidade em solução nutritiva. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, p. 997-1006, 2004.

RENGEL, Z. Role of calcium in salt toxicity. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.15, p.625-632, 1992.

SILVA, F. A.de M.; MELLONI, R.; MIRANDA, J. R. P.; CARVALHO, J. G. Efeito do estresse salino sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Miracrodouon urundeuva*) cultivadas em solução nutritiva. **Cerne**, Lavras, v.6, p.052-059, 2000.

SWEBY, D.L.; HUCKETT, B.I.; WALT, M.P. Effects of nitrogen nutrition on salt-stressed *Nicotiana tabacum* v. Samsun *in vitro* plantlets. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.45, p.995-1008, 1994

SZABOLCS, I. **Salt-affected soils**. Florida: Library of Congress, 1989. 274p.

TYERMAN, S. D.; SKERRETT, I. M. Root ion channels and salinity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 78, p. 175-235, 1999.

VINCENT, J.M. **A manual for the practical study of root-nodule bacteria**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1970. 200p. (IBP Hand book, 15).

YAHYA, A. Salinity effects on growth uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesame. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 21, p. 1439-1451, 1998.