

Efeitos do cloreto de sódio sobre o desenvolvimento e absorção de nutrientes
na cultura da berinjela.

MARIA REGÍLIA DE OLIVEIRA BOSCO

AGOSTO - 2006
FORTALEZA - CEARÁ
BRASIL

Efeitos do cloreto de sódio sobre o desenvolvimento e absorção de nutrientes
na cultura da berinjela.

MARIA REGÍLIA DE OLIVEIRA BOSCO

Dissertação submetida à coordenação
do curso de pós-graduação em
agronomia, área de concentração em
solos e nutrição de plantas para
obtenção do grau de mestre.

AGOSTO - 2006
FORTALEZA-CEARÁ
BRASIL

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará. Uma via do presente estudo encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca de Tecnologia da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Maria Regília de Oliveira Bosco

Dissertação aprovada em: 07 de Agosto de 2006

Prof. Fernando Felipe Ferreyra Hernandez – D.Sc.
(Orientador)

Prof. Ricardo Luiz Lange Ness D.Sc.
(Examinador)

Prof. Claudivan Feitosa de Lacerda – D.Sc.
(Examinador)

A Deus, a minha mãe Francisca Pereira de Oliveira, ao meu pai Raimundo Otávio de Oliveira e ao meu esposo Alexandre Bosco de Oliveira.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado força para prosseguir sempre com determinação.

A Universidade Federal do Ceará/UFC, que sempre me acolheu como uma segunda casa.

Ao Departamento de Ciências do Solo/DSC, e à Coordenação do Curso de Pós-graduação, em especial ao Professor Fernando Felipe Ferreyra Hernandez pela orientação, paciência e compreensão.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Dr. Valmir, coordenador do laboratório de informática do CCA, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Ao professor Boanerges pela ajuda prestada.

Aos amigos de turma e demais estudantes de pós-graduação pela agradável convivência durante o curso.

Ao meu marido, Alexandre Bosco, pela paciência, atenção e dedicação durante a execução deste trabalho.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Ciências do Solo pelo ótimo convívio durante o curso.

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1.INTRODUÇÃO.....	01
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	03
2.1- Cultura da berinjela.....	03
2.1.1- Classificação botânica, origem e distribuição geográfica.....	03
2.2 Salinidade.....	04
2.2.1- A salinidade no solo e na água.....	04
2.2.2- Origem dos sais no solo.....	06
2.2.3 Salinidade e desenvolvimento das culturas.....	07
2.2.4 Trocas gasosas x salinidade.....	11
3- MATERIAL E METODOS.....	13
3.1- Local do experimento.....	13
3.2- Características da cultivar florida market.....	13
3.3- Tratamentos.....	13
3.4- Condução do experimento.....	15
3.5- Análise de crescimento.....	16
3.6 Sintomas visuais.....	17
3.7 Trocas gasosas.....	17
3.8 Teores de minerais.....	17
3.9 Estimativa da salinidade limiar.....	18
3.10 Análises estatísticas	19
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1- Efeitos da salinidade no crescimento vegetativo da berinjela.....	20
4.2- Teores de nutriente minerais.....	25
4.3- Teores de íons potencialmente tóxicos.....	36
4.4- Trocas gasosas.....	41
5- CONCLUSÕES.....	47
6- LITERATURA CITADA.....	48
ANEXO.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tratamentos utilizados no experimento berinjela (<i>Solanum melongena</i> L.). UFC, Fortaleza – CE, 2006.....	14
Tabela 2- Composição da solução nutritiva de Murashige & Skoog (1962).....	15
Tabela 3 - Resultados da análise da água de abastecimento (CAGECE), utilizada na solução nutritiva das berinjelas UFC, Fortaleza – CE, 2006.....	15
Tabela 4- - Valores médios da matéria seca de raiz, parte aérea e total e as reduções relativas ¹ e área foliar da berinjela, e as reduções relativas ¹ aos 73 dias de cultivo, sob efeito de diferentes níveis de salinidade. UFC, Fortaleza – CE, 2006.	23
Tabela 5 - Teores médios de macro e micronutrientes nas folhas da berinjela, aos 73 dias de cultivo, sob efeito de diferentes níveis de salinidade. UFC, Fortaleza – CE, 2006.....	28
Tabela 6 - Teores médios de macro e micronutrientes no caule da berinjela, aos 73 dias de plantio, sob efeito de diferentes níveis de salinidade. UFC, Fortaleza – CE, 2006.....	29
Tabela 7 - Teores médios de macro e micronutrientes na raiz da berinjela, aos 73 dias de plantio, sob efeito de diferentes níveis de salinidade. UFC, Fortaleza – CE, 2006.	30
Tabela 8 - Teores médios de Cloro e Sódio no caule, raiz e folha da berinjela, aos 73 dias de cultivo, sob efeito de diferentes níveis de salinidade. UFC, Fortaleza – CE, 2006.....	37
Tabela 9- Medidas de fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (gs) e concentração interna de CO ₂ e suas e reduções relativa em folhas de berinjela, aos 70 dias do experimento, sob efeito de diferentes níveis de salinidade. UFC, Fortaleza – CE, 2006.....	43
Tabela 1A - Quadrado médio da análise de variância dos teores médios de macro e micronutrientes nas folhas da berinjela, aos 73 dias de cultivo, sob efeito de diferentes níveis de salinidade. UFC, Fortaleza – CE,	62

2006.....	
Tabela 2A - Quadrado médio da análise de variância dos teores médios de macro e micronutrientes no caule da berinjela, aos 73 dias de plantio, sob efeito de diferentes níveis de salinidade. UFC, Fortaleza – CE, 2006.....	62
Tabela 3A - Quadrado médio da análise de variância dos teores de nutrientes da raiz de plantas de berinjela aos 73 dias de cultivo, sob efeito de diferentes níveis de salinidade, Fortaleza, 2006. Tabela 3A - Quadrado médio da análise de variância dos teores médios de macro e micronutrientes na raiz da berinjela, aos 73 dias de plantio, sob efeito de diferentes níveis de salinidade. UFC, Fortaleza – CE, 2006.....	62
Tabela 4A- Quadrado médio da análise de variância dos valores médios da matéria seca de raiz (MSR), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST) e área foliar (AF) da berinjela aos 73 dias de cultivo, sob efeito de diferentes níveis de salinidade, UFC, Fortaleza – CE, 2006.....	63
Tabela 5A - Quadrado médio da análise de variância dos valores de Concentração interna de CO ₂ (CO ₂), transpiração (E), fotossíntese (A) e condutância estomática (gs) em folhas de berinjela aos 70 dias de cultivo, sob efeito de diferentes níveis de salinidade UFC, Fortaleza – CE.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Plantas de berinjelas submetidas aos 50% do estresse salino.....	18
Figura 2- Produção relativa de matéria seca: raiz (A), parte aérea (B), total (C) e da AF (D) da berinjela em função da salinidade da solução nutritiva....	25
Figura 3- Teores acumulados de Na (A), Cl (B) e K (C) em g/Kg matéria seca nos caules, raízes e folhas em função dos níveis de NaCl na solução nutritiva.....	38
Figura 4- Sintomas iniciais da salinidade ou toxidez de NaCl na berinjela.....	39
Figura 5- Sintoma avançado de toxidez por NaCl na berinjela.....	39
Figura 6- Teores de sódio e potássio em folhas (A), caules (B) e raízes (C) de berinjela em função das condutividades elétricas.....	40
Figura 7 Efeito da concentração de NaCl sobre a fotossíntese (A), transpiração (B), condutância estomática (C) e concentração interna de CO ₂ (D), cultivadas por 70 dias em solução nutritiva.....	46

RESUMO

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma espécie herbácea, hortícola subtropical pertencente à família Solonaceae, muito consumida no mundo inteiro. Em algumas áreas seu cultivo é limitado pela escassez da água de irrigação, além de apresentarem diferentes graus de salinidade. No entanto são raras as informações sobre a tolerância da salinidade pela cultura da berinjela. Visando avaliar a tolerância da cultura á salinidade e seus efeitos sobre os teores de nutrientes na planta, foi instalado um experimento em condições de hidroponia em casa de vegetação. Usou-se 10 tratamentos de salinidade correspondentes a CE da solução nutritiva de 1,70; 2,28; 2,60; 3,11; 4,08; 6,03; 8,12; 10,15; 12,10; e 14,10 dS.m⁻¹. O delineamento experimental adotado foi inteiramente ao acaso, com três repetições. A salinidade reduziu significativamente o crescimento e a produção da parte aérea e raiz, principalmente nos tratamentos em que a CE da solução nutritiva foi superior a 3,11 dS.m⁻¹. Os teores médios de K, Ca, Mg, S, Cu, Fe e Mn variaram nas folhas caules e raízes, apresentando diferenças estatísticas significativas. O sódio aumentou progressivamente, enquanto que no potássio ocorreu o inverso. O aumento da salinidade reduziu a fotossíntese, a transpiração e a condutância estomática.

PALAVRA CHAVE: *Solanum melongena*, tolerância à salinidade, concentração de nutrientes.

ABSTRACT

The egg-plant (*Solanum melongena* L.), a subtropical herb species that botanically belongs to Solanaceae family, much consumed all over the world. On certain areas shortages both the water availability and the water salinity level represent a great limitation for egg-plant plant cultivation. However, almost no information is available related to the egg-plant salt tolerance. With the objective to evaluate the crop salt tolerance, as well as the effects of the different solution nutrition salinity levels on plant growth, an experiment was conducted under greenhouse conditions. The statistical design consisted of ten salinity treatments corresponding to the nutrition solutions CE's of: 1.70; 2.28; 2.60; 3.11; 4.08; 6.03; 8.12; 10.15; 12.10 and 14.10 dS.m⁻¹. It was used an entirely statistical randomized block design with three replications. The best results showed that the salinity significantly reduced both plant upper part growth and root production, mainly in the treatments with nutrition solution CE value higher than 3.11 dSm⁻¹. The average leaf-peciole and root contents of K, Ca, Mg, S, Cu, Fe and Mn varied, presenting significant statistical differences. The Na content increased progressively with CE, while the K content decreased in the same way. The increasing salinity levels cause reductions in photosynthesis, transpiration and stomatal conductance.

KEY WORDS: *Solanum melongena* L., salt tolerance, nutrient concentrations.

1. INTRODUÇÃO

A irrigação tem como objetivo principal proporcionar às culturas, no momento oportuno, a quantidade de água necessária para seu ótimo crescimento e assim evitar a diminuição dos rendimentos, provocada pela falta de água durante as etapas de desenvolvimento sensíveis à escassez. No entanto, a agricultura irrigada depende não apenas da quantidade de água, mas também de sua qualidade. Dentre as características que determinam a qualidade da água para a irrigação, a concentração de sais solúveis ou salinidade é um fator limitante ao desenvolvimento das culturas. A compreensão do processo de salinização permite encontrar formas de evitar seus efeitos e diminuir a probabilidade de redução dos rendimentos das culturas. (Ayers & Westcot, 1991). A salinidade pode ser gerada tanto pelo acréscimo de NaCl, como de fertilizantes no solo ou na solução nutritiva, entretanto, seus efeitos são diferentes entre espécies vegetais, devido ao maior ou menor grau de tolerância à salinidade.

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma solanácea originária de regiões tropicais do Oriente, sendo cultivada há muitos séculos por chineses e árabes. Planta tipicamente tropical, perene, no entanto é cultivada como anual. Apresenta ramificações bem desenvolvidas, sistema radicular profundo, com flores hermafroditas e baixa incidência de polinização cruzada. Os frutos são bagas carnosas, de formato alongado e cores variadas, usualmente roxo-escuras com cálices verdes (Filgueira, 2000).

A maior limitação para o cultivo da berinjela é a inadequada umidade no solo durante seu ciclo, como ocorre na maioria das hortaliças. O seu desenvolvimento é mais afetado pelos fatores térmico e hídrico, porém a sua resposta à diminuição de disponibilidade hídrica no solo tem sido pouco estudada, bem como a caracterização

morfológica da cultura (Vieira, 1994).

Ante a carência de resultados de pesquisa com a cultura da berinjela, sobretudo na região Nordeste, em que, via de regra, as águas disponíveis para irrigação contém teores relativamente elevados de sais, este trabalho se propôs estudar os efeitos do estresse salino sobre o desenvolvimento e composição química das folhas, caules e raízes na cultura da berinjela.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cultura da berinjela

2.1.1. Classificação botânica, origem e distribuição geográfica.

A berinjela, *Solanum melongena*, pertence à família Solanaceae, assim como o tomate, pimenta, pimentão, batata e jiló. A planta tem porte arbustivo, com caule do tipo semi-lenhoso e ereto, podendo atingir 1,0 a 1,8m de altura. O sistema radicular pode atingir profundidade superior a 1,0m. As folhas são simples, com limbo foliar de formato ovado ou oblongo, e densa pilosidade. Dependendo da cultivar, pode apresentar espinhos. As flores são solitárias ou distribuídas em inflorescência do tipo cimeira, os frutos são grandes, do tipo baga, de formato variável (oval, oblongo, redondo, alongado etc.), normalmente brilhantes, de coloração branca, rosada, amarela, púrpura ou preta (Ribeiro et al, 1998).

A planta da berinjela é originária de regiões tropicais do Oriente, sendo cultivada há muitos séculos por chineses e árabes. Embora a área plantada no Brasil perfaça um pouco mais de 1.500 ha, está havendo um crescente aumento no consumo desta hortaliça, motivada pela procura por parte dos consumidores de produtos saudáveis e com propriedades medicinais. Neste aspecto, a berinjela se destaca pela sua propriedade redutora do nível de colesterol (Filgueira, 2000). O seu ciclo vegetativo varia de 100 a 125 dias, dependendo da variedade e da época de cultivo. Como planta tropical, necessita de temperaturas elevadas ao longo do ciclo. Tanto para o seu desenvolvimento como para a floração e amadurecimento, exige bastante luminosidade. Os solos excessivamente úmidos prejudicam a berinjela, sobretudo nas primeiras fases do

desenvolvimento, por provocarem deficiência de oxigênio para as raízes (Cermeño, 1977). Desenvolve-se melhor em solos areno-argilosos, profundos e bem drenados ricos em matéria orgânica e pH entre 5,5 e 6,8. Prefere temperaturas entre 18 e 30° C. É sensível ao frio, geadas e excesso de chuva na floração.

A berinjela no Brasil é uma cultura sem expressão em cultivos hidropônicos, porém, Castellane & Araújo (1994) citam acréscimo na produção de 2,8 vezes por ano, em favor do cultivo hidropônico, evidenciando um alto potencial desta técnica de produção. Em outras regiões do mundo, como as áreas localizadas na parte sul de Creta, na Grécia, a berinjela é uma importante cultura produzida em estufas, o que oferece vantagens econômicas aos produtores (Chartzoulakis & Loupassaki, 1997). A qualidade da água utilizada nestas regiões, juntamente com excessos de fertilizantes, freqüentemente causa problemas na produção desta hortaliça, que é considerada uma cultura moderadamente sensível à salinidade (Ayers & Westcot, 1991).

2.2. Salinidade

2.2.1. A salinidade no solo e na água

A salinidade do solo é um dos fatores de maior preocupação na agricultura moderna, e o manejo inadequado da irrigação é um dos principais responsáveis pelo aumento da quantidade de solos degradados (Farias, 1985). De um modo geral um solo é considerado salino quando a quantidade de sais existentes é capaz de prejudicar o desenvolvimento das plantas. Para a maioria das culturas isso ocorre quando a condutividade elétrica do extrato de saturação é igual ou superior a 4dSm^{-1} (Richards, 1954). Mas segundo o comitê de terminologia da Sociedade Americana de Ciência do Solo, foi recomendada a redução desse valor para 2dSm^{-1} para algumas culturas (Bresler et al., 1982).

De acordo com a classificação do “U.S. Salinity Laboratory”, solos salinos são os que possuem pH inferior a 8,5, condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) superior a 4dSm^{-1} e percentagem de sódio trocável (PST) inferior a 15%; os salinos-sódicos possuem pH próximo de 8,5, CEes superior 4dSm^{-1} e PST superior a 15% e os solos sódicos possuem pH em geral de 8,5 a 10, CEes inferior a 4dSm^{-1} e PST superior a 15% (Daker, 1988).

Salinidade é um termo que qualifica uma situação de excesso de sais solúveis no solo ou no ambiente radicular onde as plantas estão crescendo. No entanto o efeito da salinidade nas propriedades físicas do solo tem caráter positivo dependendo da concentração e da composição dos sais, pois em altas concentrações promovem a floculação das partículas, o que resulta em uma boa estrutura em todo o perfil (Richards, 1954). No entanto, a predominância de cátions monovalentes, especialmente o sódio, promove um aumento na espessura da dupla camada iônica difusa, aumentando consideravelmente a expansão das partículas de argila (Fassbender & Bornemisza, 1987), acarretando a dispersão das mesmas, formando camadas impermeáveis dificultando o movimento de ar e de água no solo (Rolston et al., 1984) estas alterações ocorrem quando a percentagem de sódio trocável é superior a 15%. Este valor, no entanto, pode variar em função da qualidade da irrigação, do tipo de mineral de argila predominante, e do grau de salinidade do solo (Coelho, 1983).

No mundo, os maiores problemas de salinidade ocorrem em regiões áridas e semi-áridas, associados, na maioria dos casos, com a agricultura irrigada. Em nível global, estima-se que cerca de 30 milhões de hectares da área total irrigada (237 milhões de hectares) estejam severamente afetados por sais. Além disso, as perdas de terras decorrentes da má irrigação, em consequência da salinização, são cerca de 1,5 milhão de hectares anualmente, segundo dados da FAO, citados por Oliveira (1997).

No Brasil, aproximadamente nove milhões de hectares são afetados pela presença de sais, cobrindo oito estados da região Nordeste e Norte do estado de Minas Gerais (Oliveira, 1997).

Na região Nordeste, a alta demanda evaporativa do ar, associado ao sistema deficiente de drenagem e do manejo inadequado do solo e da água de irrigação, são os principais responsáveis para o agravamento deste problema (Prisco, 1987).

A prática da irrigação nas regiões áridas e semi-áridas é indispensável devido à ocorrência do déficit hídrico para culturas na época seca (Gheyi et al., 1997). Entretanto, nestas regiões é comum a ocorrência de fontes de água com elevados teores de sais que, antes de serem utilizadas na irrigação, devem ser avaliadas, principalmente sob os aspectos de salinidade, sodicidade e toxicidade de íons.

A qualidade da água de irrigação pode variar significativamente de acordo com o tipo e a quantidade de sais nela dissolvidos. Para se prever problema futuro referente à qualidade da água para a irrigação, é importante considerar o potencial da água em criar

condições no solo de modo a restringir sua utilização e avaliar a necessidade em ampliar técnicas especiais de manejo para manter bons rendimentos (Ayers & Westcot, 1991).

Para que a salinização de um solo seja evitada, a irrigação deve permitir que, um excesso de água atravesse a zona radicular e seja eliminado pelo sistema de drenagem (Richards, 1954; Pla Sentis, 1988). Por outro lado, a recuperação destes solos salinizados requer altos investimentos e demanda muito tempo (Araújo Filho et al., 1995), além de necessitar de tecnologia própria que deve ser desenvolvida para condições específicas de cada região (Coelho, 1983). A identificação de espécies ou de cultivares mais tolerantes à salinidade constitui um dos caminhos mais estudados para amenizar este problema.

2.2.2 Origem dos sais no solo

Os sais são originados da intemperização dos minerais primários encontrados nos solos e nas rochas. Estes sais são transportados pelas águas e armazenados nos solos acumulando-se à medida que a água é evaporada ou consumida pelas culturas, originando o processo de salinização (Daker, 1988). Os sais liberados durante o processo de intemperização das rochas, dependendo da geomorfologia da região, podem ser carreados para horizontes inferiores mediante percolação ou levados a lugares distantes por escoamento superficial. Conforme as condições de relevo, fluxo de água, etc. no primeiro caso, os sais são depositados nas águas sub-superficiais podendo, por capilaridade, acumular-se na superfície do solo a medida em que a água for evaporada ou consumida pela planta; o segundo fenômeno é responsável pela deposição e acumulação de sais em rios, mares, açudes e lagoas.

Em regiões de clima árido e semi-árido, por apresentarem déficit hídrico na maior parte do ano, e na maioria das vezes, os solos serem rasos ou apresentarem camadas impermeáveis, a água que contém sais fica sujeita aos processos de evaporação ou evapotranspiração, podendo com o tempo, os sais atingirem níveis comprometedores para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Pizarro, 1978; Richards, 1962).

Embora a fonte principal e direta de todos os sais presentes no solo seja a intemperização das rochas, são raros os exemplos em que esta fonte de sais tenha provocado diretamente problemas relacionados com a salinidade do solo. Comumente a salinização dos solos ocorre pelo acúmulo de sais transportados pelas águas de outros locais assim como invasão das águas de marés nas regiões costeiras e concentração por

evaporação em regiões de baixa precipitação quando o lençol freático encontra-se próximo à superfície (Richards, 1962) A salinização do solo por este fenômeno é denominada salinização primária.

Os problemas de salinidade têm sido também associados à água utilizada na irrigação, à drenagem deficiente e à presença de águas sub-superficiais ricas em sais solúveis a pouca profundidade. Nesses casos, ou seja, quando a salinização resultante é devida à ação antrópica, a mesma é conhecida como salinização secundária. Além disso, a salinização pode ser causada pela aplicação de fertilizantes, de forma excessiva e pouco parcelada ao longo do ciclo cultural, induzindo o sistema radicular ao estresse osmótico.

Em alguns casos a salinização secundária é responsável por perdas irreparáveis na capacidade produtiva dos solos, tornando estéreis grandes extensões de terras cultivadas. Assim, águas de qualidade duvidosa (com riscos de salinidade e sodicidade), adubos com elevado índice salino (cloreto de potássio, nitrato de sódio e nitrato de amônio), drenagem ineficiente, dentre outros fatores, podem acelerar o processo de salinização secundária (Oliveira, 1997).

Outro fator importante que também deve ser levado em consideração, segundo Villas Bôas et al (1994), é que em cultivo fertirrigado o processo de salinização pode ocorrer quando se utilizam fertilizantes com maior poder de salinização, medidos pelo seu índice salino global e parcial. O índice global representa de forma relativa o poder de salinização dos fertilizantes, em que atribuí índice 100 ao nitrato de sódio e para os demais fertilizantes atribuí índice relativo a este, já o índice parcial considera o índice salino por unidade de nutrientes, e este é obtido pela razão entre o índice global e a porcentagem de nutriente fornecido pelo adubo.

2.2.3 Salinidade e o desenvolvimento das culturas

A tolerância das plantas ao estresse salino varia entre as espécies e, também, com relação ao sal predominante. Esta tolerância está associada com a sua capacidade em excluir determinados íons de seus tecidos e quanto maior esta capacidade, maior será a tolerância a salinidade. Diversos íons estão envolvidos no processo de salinização dos solos, destacando-se: cloreto, sulfato, carbonato, sódio, cálcio, magnésio e, mais raramente, nitrato e potássio. As plantas são classificadas de acordo com o tipo de ambiente em que se desenvolvem podendo ser divididas em: halófitas crescem em

ambientes com alta concentração de sal e glicófitas quando não são capazes de se desenvolver em ambientes com alta concentração salina (Lima, 1997; Prisco, 1987).

De acordo com Greenway & Munns (1980), as halófitas apresentam dois tipos de comportamento. Um grupo de espécies dicotiledôneas continua seu crescimento em concentrações entre 250-500 mM de cloreto, apresentado um crescimento ótimo em torno de 250mM. O outro grupo, as monocotiledôneas não são estimuladas por níveis baixos ou médios de salinidade e crescem lentamente em concentrações de NaCl próximos a 200mM. As plantas cultivadas, de uma maneira geral, apresentam diferentes repostas à salinidade, variando desde sensíveis ate tolerantes (Maas & Hoffman, 1977). As árvores frutíferas, como a laranjeira (*Citrus sinensis*), o abacateiro (*Persea americana*) e a macieira (*Malus sylves*) encontram-se entre as mais sensíveis. O algodão (*Gossypium hirsutum*) e a cevada (*hordeum vulgare*) estão entre as mais tolerantes. As culturas do milho (*Zea mays*), o arroz (*Oriza sativa*), e o feijão- de- corda (*Vigna unguiculata*), são considerados moderadamente sensíveis (Carter, 1981).

O grau de tolerância aos sais nas espécies sensíveis é altamente influenciado por fatores intrínsecos e extrínsecos. Os intrínsecos estão relacionados com a variabilidade genética intraespecífico e com estágio de desenvolvimento da planta. Já os fatores extrínsecos correspondem às mudanças no ambiente de cultivo, estando representadas principalmente pelas condições edáficas e climática (Maas & Hoffman, 1977).

A salinidade afeta as plantas durante todo o ciclo vegetativo, mas a intensidade dos efeitos pode mudar dos primeiros estádios para os últimos, sobretudo nas culturas mais sensíveis (Maas & Hoffman, 1977). Geralmente, as plantas mostram-se mais sensíveis à salinidade nas suas primeiras etapas de desenvolvimento. O conhecimento dos efeitos da salinidade nestas etapas é de grande importância, pois delas dependem as etapas seguintes.

A presença de sais de sódio no solo provoca a redução generalizada do crescimento das plantas cultivadas com sérios prejuízos para a atividade agrícola. A redução no crescimento é consequência de respostas fisiológicas, incluindo modificações no balanço de íons, potencial hídrico, nutrição mineral, fechamento estomático, eficiência fotossintética e alocação e utilização de carbono (Flower et al., 1986; Bethke & Drew, 1992). A interpretação dos efeitos do estresse salino em nível de planta inteira é bastante complexa e ainda essencialmente incompleta. O acúmulo de sais nas folhas maduras, por exemplo, pode afetar o crescimento, alterar o seu

metabolismo e reduzir a produção de fotoassimilados. No entanto, antes que os sais atinjam concentrações elevadas nas folhas, a planta pode sofrer redução no crescimento, devido ao déficit hídrico (Munns & Termaat, 1986).

Sabe-se, também, que as espécies e cultivares se comportam diferentemente em relação à salinidade, isto é, cada espécie de planta ou cultivar tolera até certo nível de salinidade, sem reduzir o seu rendimento potencial, esse nível é denominado de salinidade limiar (SL). A partir desse limite, passa a diminuir a produtividade com o incremento da salinidade do solo ou da água (Maas & Hoffman, 1977; Rhoades & Loveday, 1990). Desta forma, a identificação da condutividade elétrica da solução do solo, crítica para a cultura explorada, é fundamental para melhorar o manejo das áreas irrigadas. Além disso, é interessante se identificar espécies vegetais tolerantes a altos níveis de salinidade de água (Ayers & Westcot, 1991).

As culturas sensíveis à salinidade sofrem redução progressiva do crescimento e da produção à medida que a concentração salina aumenta. De acordo com Lima (1997), os efeitos da acumulação excessiva dos sais solúveis sobre as plantas podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água, toxicidade de íons específicos, induzindo distúrbios nutricionais e metabólicos.

Os efeitos imediatos da salinidade sobre os vegetais são: efeito osmótico, proveniente da diminuição do potencial osmótico, desbalanceamento nutricional devido à elevada concentração iônica, especialmente o sódio, inibindo a absorção de outros nutrientes e efeito tóxico de íons, particularmente o cloro e sódio (Santana et al, 2003). Entretanto o grau com que cada um desses componentes de 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).

Os efeitos de íons tóxicos acontecem quando as plantas absorvem os sais do solo, juntamente com a água permitindo que haja toxidez na planta por excesso de íons absorvidos. Este excesso promove desbalanceamento e danos no citoplasma. Os sintomas de excesso resultam em danos inicialmente na bordadura e no ápice das folhas, a partir de onde a planta perde, por transpiração, quase que tão somente água, havendo nestas regiões acúmulo do sal translocado do solo para a planta e, obviamente, intensa toxidez dos sais (Lima, 1997).

Em geral, a salinidade dos solos ocorre com a acumulação de determinadas espécies iônicas, principalmente Na^+ e Cl^- . A predominância dessas espécies iônicas no

meio de crescimento, além de causar toxidez, quando elas se acumulam nos tecidos vegetais, acarretam mudanças na capacidade da planta para absorver, transportar e utilizar os íons necessários ao seu crescimento. Assim, deficiências de Ca^{2+} podem ser induzidas por excesso de Na^+ ou SO_4^{2-} , deficiências de K^+ por excesso de Na^+ ou Ca^{2+} , e também altas concentrações de Mg^{2+} podem inibir a absorção de K^+ ou de Ca^{2+} . Sendo o Cl^- o ânion mais tóxico e o Na^+ o cátion que mais prejudica o metabolismo das plantas. (Marschner, 1995).

O K é o principal nutriente relacionado com funções osmóticas de plantas, podendo atingir concentrações relativamente altas no citoplasma sem afetar as relações metabólicas. Sob condições de estresse com NaCl, sua concentração decresce, influenciando negativamente o crescimento das plantas. Algumas vezes, o melhor desempenho de certo genótipo, sob condições de estresse com NaCl, parece estar relacionado com sua melhor nutrição potássica. (Colmer et al., 1996; Guerrier, 1996), citado por Lacerda, (2000).

O Ca^+ tem grande importância no transporte seletivo ou na exclusão de Na^+ e outras íons minerais pelas membranas celulares. Uma de suas principais funções, sob condições de estresse salino é provavelmente a manutenção da estabilidade da plasmalema, promovendo o estabelecimento de uma composição iônica favorável nas células e favorecendo o crescimento da planta. Além disso, alguns resultados sugerem que este íon pode minorar os efeitos do estresse com NaCl sobre o crescimento das raízes, favorecendo a seletividade K/Na e promovendo o acúmulo de prolina nos ápices desse órgão (Colmer, et al., 1996 Franco et al., 1999) citado por Lacerda, (2000).

Os danos devido à toxicidade podem reduzir significativamente o rendimento das culturas, estando sua magnitude dependente do tempo, da concentração de íons, da tolerância das plantas e do uso da água pelas culturas. Os problemas de toxicidade, frequentemente, acompanham ou potencializam os de salinidade ou de permeabilidade, podendo surgir mesmo quando a salinidade for baixa. Os sintomas de toxicidade podem aparecer em qualquer cultura, desde que as concentrações de sais no interior da planta sejam suficientemente altas ou acima de seus níveis de tolerância (Ayers & Westcot, 1991).

Os efeitos indiretos da salinidade usualmente ocorrem devido à concentração elevada de sódio ou outros cátions na solução, que interferem nas condições físicas do solo ou na disponibilidade de outros elementos afetando o crescimento e o desenvolvimento da plantas indiretamente. Em muitos casos a concentração de sais não

atinge níveis osmóticos capazes de prejudicar a absorção de água pelas plantas, no entanto, a concentração de íons diversos pode provocar interferências indiretas e ser um obstáculo à boa absorção de elementos essenciais e, conseqüentemente, ao desenvolvimento de um processo metabólico normal (Medeiros & Gheyi, 1997).

2.2.4 Trocas gasosas x salinidade

A salinidade afeta vários processos ao longo do ciclo de vida da planta. A resposta da planta ao excesso de sal é complexa e envolve alterações na sua morfologia, fisiologia, metabolismo e anatomia. Além de alterações na composição de aminoácidos, a salinidade afeta também a morfologia e abertura estomática das plântulas submetidas a este tipo de estresse, reduz severamente a quantidade de água transpirada pelas plantas durante seu ciclo, sendo que este efeito é maior quando a demanda evaporativa do ar é alta (Lacerda, 1995; Silva, 1998). Esta redução pode estar relacionada com o tempo de estresse e com as alterações dos parâmetros morfo-fisiológicos como área foliar, a densidade dos estômatos, a condutância estomática e a transpiração (García-Legaz et al., 1993; Bañuls & Primo-Milho, 1995; Kurban et al., 1999; Sohan et al., 1999; Romero-Aranda et al., 2001). Por outro lado, a redução na área foliar provocada pela salinidade diminui a área destinada ao processo fotossintético, limitando a produção de fotoassimilado pela planta e reduzindo a sua capacidade produtiva (Munns & Terrmaat, 1986).

O decréscimo na taxa fotossintética pode ser provocado por respostas estomáticas e não estomáticas, relacionadas a diversos fatores como redução do suprimento de CO₂ devido ao fechamento hidroativo dos estômatos; efeitos cumulativos e tóxicos dos sais principalmente dos íons Na⁺ e Cl⁻; desidratação dos tecidos e das membranas celulares, reduzindo a permeabilidade ao CO₂; aceleração da senescência foliar; mudança na atividade enzimática induzida por mudanças na estrutura do citoplasma; retroinibição devido à redução da atividade dos drenos (Bethke & Drew, 1992; Cramer & Nowak, 1992; Heuer, 1997; Sultana et al., 1999) em alguns casos, ao acúmulo de carboidratos nos tecidos foliares (Munns, 1993).

Embora a taxa fotossintética líquida seja afetada pela salinidade, a perda da capacidade fotossintética não pode ser atribuída somente à redução nos teores de clorofila e alterações nas estruturas dos cloroplastos e mitocôndrias, uma vez que a taxa fotossintética também é afetada em plantas tolerantes à salinidade onde não há alteração nos teores de clorofila e nas estruturas celulares (Flowers et al., 1985). No entanto, altas

concentrações de sais nas células das folhas são necessárias para iniciar o processo de catabolismo da clorofila e alteração das estruturas dos cloroplastos, e que a manutenção desses dois parâmetros está associada com a tolerância à salinidade (Yeo & Flowers, 1983., Flowers et al., 1985; Yeo et al., 1991; Heuer, 1997).

A taxa de absorção líquida de CO₂ de muitas espécies de plantas é reduzida com o aumento da salinidade no ambiente radicular (Longstreth & Nobel, 1979; Longstreth et al.; 1984) a redução na condutância estomática pode provocar declínio na fotossíntese líquida, devido a uma redução na pressão parcial do CO₂ nos espaços intercelulares ou na câmara estomática (Flowers et al., 1977; Robinson et al., 1983; Longstreth et al., 1984; Bethke & Drew, 1992; Sultana et al., 1999). A magnitude dessa redução pode indicar a extensão com que o fechamento estomático afeta a capacidade fotossintética (Farquhar & Sharkey, 1982). Por outro lado, reduções proporcionais na condutância estomática e na fotossíntese líquida poderão manter a concentração de CO₂ intercelular relativamente constante e permitir a aclimatação das plantas a concentrações salinas crescentes (Ball & Farquhar, 1984a ,1984b; Longstreth et al., 1984).

Em algumas espécies, a redução inicial da fixação do CO₂ tem sido associada com as restrições do suprimento de água, enquanto os efeitos de longo prazo resultam do acúmulo de íons tóxicos nas folhas em desenvolvimento (Heuer, 1997).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido no período de 5 de julho a 15 de outubro de 2005 em casa de vegetação, do Departamento Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, localizada no Campus do Pici, em Fortaleza-CE, com altitude de 47m, latitude Sul 3° 44' 35'' e longitude Oeste 38° 34' 33'. No interior da casa de vegetação, foi registrada ao longo do experimento, temperatura média de 28 °C.

3.2 Característica da cultivar florida market

Foram utilizadas sementes de berinjela (*Solanum melogena L.*) da cultivar Florida Market obtidas em comércio local. Possuindo polinização aberta, com frutos longo-ovalados, coloração vinho escuro brilhante e boa qualidade de frutos (Antonini et al.; 2002). Características essas preferenciais dos consumidores e produtores brasileiros.

3.3 Tratamentos

Foram utilizados 10 tratamentos de salinidade que consistiram em soluções nutritivas com condutividade elétrica (CE) de: 1,7; 2,28; 2,60; 3,11; 4,08; 6,03; 8,12; 10,15; 12,10 e 14,10 dS.m^{-1} , como mostra a tabela 1.

Para obtenção dos tratamentos tomou-se como base à solução nutritiva de Murashige & Skoog (1962) a 1/5 da concentração recomendada (Tabela 2), com condutividade elétrica de aproximadamente 1,3 dS.m^{-1} . Adicionou-se quantidades

crescentes de NaCl até atingir a condutividade elétrica desejada. As concentrações de NaCl aplicada em mmol.L^{-1} foram de: 0,00; 6,70; 8,30; 14,16; 26,70; 49,16; 79,16; 100,0; 113,33 e 137,50. Os tratamentos foram preparados com água da CAGECE cuja composição está indicada na tabela 3.

Tabela 1– Tratamentos utilizados no experimento berinjela (*Solanum melongena* L.). UFC, Fortaleza – CE, 2006.

Tratamento	CE	NaCl
 dS.m^{-1} mmol.L^{-1}
1	1,70	0,00
2	2,28	6,70
3	2,60	8,30
4	3,11	14,16
5	4,08	26,70
6	6,03	49,16
7	8,12	79,16
8	10,15	100,00
9	12,10	113,33
10	14,10	137,50

Tabela 2 – Composição da solução nutritiva de Murashige & Skoog (1962).

Composto	Concentração (mg.L⁻¹)
NH ₄ NO ₃	1650
KNO ₃	1900
H ₃ BO ₃	6,2
KH ₂ PO ₄	170
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0,25
CoCl ₂ ·6H ₂ O	0,025
CaCl ₂ ·2H ₂ O	440
MgSO ₄ ·7H ₂ O	370
MnSO ₄ ·4H ₂ O	22,3
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	8,6
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0,025
Na ₂ EDTA·2H ₂ O	37,3
FeSO ₄ ·7H ₂ O	27,8

Tabela 3- Resultados da análise da água de abastecimento (CAGECE), utilizada na solução nutritiva das berinjelas. UFC, Fortaleza – CE, 2006.

CE	PH	Cátions				Ânions			RAS
		Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO ³⁻	CO ³⁻	
dS/m	mmol.L ⁻¹							
0,49	7,1	1,0	1,6	3,3	0,3	5,0	1,3	0,0	2,93

3.4 Condução do experimento

Sementes de berinjela da cultivar Florida Market foram semeadas em bandejas de polietileno no substrato vermiculita. Aos 28 dias após a semeadura (DAS) foram escolhidas plantas uniformes e transplantadas para condições hidropônicas em vasos de 8L de capacidade para aclimatização das mudas. Usou-se solução nutritiva de condutividade elétrica de CE=1,00 dS.m⁻¹. Em cada vaso foi colocada uma muda, sendo sustentada por uma placa de isopor ficando o sistema radicular imerso na solução nutritiva.

Para promover a aeração da solução nutritiva, e conseqüentemente, na oxigenação do sistema radicular, foram utilizados mini-compressores de ar. O nível da solução nutritiva dos vasos foi completado pela adição diária de água de torneira. Este estágio de aclimatização teve duração de 21 dias. Após as plantas foram submetidas a 50% do estresse salino (Figura 1), adicionando-se a metade do NaCl de acordo com os tratamentos. Esta fase durou 22 dias. Decorrido esse estresse as plantas foram submetidas ao estresse total adicionando-se os 100% do NaCl de acordo com os tratamentos (Tabela 1). Esse período durou 30 dias.

A renovação da solução nutritiva foi realizada quinzenalmente durante os 73 dias de condução do experimento. O pH da solução nutritiva foi monitorado diariamente, com o uso de peagômetro, e ajustado para próximo de 6,0, usando-se ácido clorídrico 1N ou hidróxido de sódio 1N. Diariamente, também, foi realizada a reposição da água evapotranspirada.

Após duas semanas de aclimatização das plantas, constatou-se uma infestação de mosca branca a qual foi controlada com Nim (100 g da folha triturada para cada litro de água). Após a primeira aplicação dos tratamentos foi verificada a incidência de ácaros o qual foram controlados com uma inseticida acaricida sistêmico, à base de (Mathamidofos).

3.5 Análise de crescimento

A coleta do experimento foi realizada aos 73 dias após o plantio, sendo que na ocasião foi medida a área foliar, através do medidor de área foliar (LI – 3100, Area Meter, Li-Cor., Inc., Lincoln, Nebraska, USA). Em seguida as plantas foram separadas em folhas, raízes e caules. As partes separadas foram cortadas e colocadas em estufa a 65°C até peso constante, para estimativa do peso seco de cada parte da planta e pela soma obteve-se o peso total de cada planta. Por último, as amostras foram trituradas em moinho tipo Wiley, com malha de 40 mesh, colocadas em sacos de papel e conservadas em dessecador até realização das análises químicas.



Figura 1- Plantas de berinjelas submetidas aos 50% do estresse salino.

3.6 Sintomas visuais

Em todos os tratamentos foram avaliados: sintomas visuais da planta ocasionados pelo excesso de sais e de NaCl foram observadas e registradas durante o cultivo. Com a produção de matéria seca e teores de nutrientes foi calculada a quantidade de nutrientes absorvidos e estabelecidas relações entre a salinidade do meio (solução nutritiva) e nutrientes absorvidos assim como o efeito do sódio.

3.7 Trocas gasosas

Foram determinadas: concentração interna de $\text{CO}_2\text{-C}_i$ (ppm), condutância estomática-gs ($\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ de H_2O), fotossíntese-A ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ de CO_2) e a transpiração-E ($\text{mmol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Nestas medidas foi utilizado, um analisador de gás no infravermelho IRGA (LCI System, ADC, Hoddesdon), em sistema aberto, com fluxo de ar de 200 mL min^{-1} . As medições ocorreram sempre entre 8 e 11 h, com radiação saturante, na temperatura e umidade ambiente.

3.8 Teores de minerais

Na matéria seca de todas as partes das plantas, determinou-se os teores totais de macro e micronutrientes: N, Na, K, P, S, Ca, Mg, Cl, Fe, Cu, Zn e Mn. Em extrato de digestão nitro-perclórica o Na e K foram analisados por fotometria de chama, o P por

colorimetria pelo método molibdovanadato, o S por turbidimetria e o Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn por espectrometria de absorção atômica. O Nitrogênio total (N), foi determinado em extrato de digestão sulfúrica pelo método de semi - micro- kjeldahl. Os cloretos (Cl) foram extraídos por agitação em água e determinado por titulação com nitrato de prata (Malavolta, 1997).

3.9 Estimativa da salinidade limiar

Com os dados de matéria seca da parte aérea, raiz e total, estimou-se a produção relativa, considerando tratamento 1 (sem adição de NaCl) com 100% de produção relativa.

Para cada uma das partes da planta citadas acima, foram plotados em um sistema de eixos coordenados, os valores de produção relativa (y) em função da condutividade elétrica (x). Em seguida foram separados os pontos onde a produção relativa da matéria seca foi inferior a 100% e realizada a análise de regressão para encontrar a equação linear que estima a redução da produção relativa da matéria seca em função do aumento da salinidade. Com base na equação de regressão foi estimada a salinidade limiar (SL) a qual corresponde ao ponto de intercessão entre a reta que passa a 100% de produção relativa com a linha de redução da matéria seca em função da salinidade. Na equação os valores de CEes foram substituídos pela condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn), conforme desenvolvidos por Maas & Hoffman (1977) representada pela equação:

$$Y = 100 - b(CEes - SL)$$

Onde: **Y** = Rendimento Potencial (em porcentagem);

CEes= Salinidade do extrato de saturação em $dS.m^{-1}$

SL = Salinidade Limiar da cultura em $dS.m^{-1}$

b = Diminuição do rendimento por aumento unitário de salinidade acima do valor **SL**.

3.10 Análises estatísticas

Adotou-se o delineamento experimental inteiramente ao acaso com 10 tratamentos e 3 repetições, totalizando 30 unidades experimentais. Para avaliar os efeitos dos diferentes níveis de salinidade (NaCl) nas variáveis estudadas, foi utilizada análise de variância pelo teste F e as comparações de médias foram obtidas pelo teste de Tukey a 5% de significância. A análise dos dados foi realizada através do programa computacional SAEG Versão 8.1 e do Microsoft Excel 2000, utilizado nas análises de regressão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeitos da salinidade no crescimento vegetativo da berinjela

Na tabela 4 são apresentadas as produções de matéria seca das raízes, da parte aérea, da planta inteira (total), a área foliar e as reduções de produção relativa (%) em função da salinidade na solução nutritiva, aos 73 dias de condução do experimento com as diferenças entre as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O aumento na concentração de sais na solução nutritiva ocasionou diminuição significativa na produção de matéria seca das raízes, da parte aérea, total e na área foliar da cultura da berinjela. As reduções foram mais evidentes nos tratamentos contendo maiores concentrações de sais. No nível máximo de salinidade (137,50 mmol. L⁻¹ NaCl), as reduções de matéria seca foram 44,05% nas raízes e 69,70% na parte aérea. A redução observada sugere que os íons absorvidos e transportados para a parte aérea possivelmente excedeu o limite necessário ao ajustamento osmótico da planta, e desta forma acarretaram efeitos danosos ao crescimento (Flower & Yeo, 1986). Uma das explicações mais aceitas para a inibição do crescimento pelo sal é o desvio de energia, associado à adaptação a salinidade e redução no ganho de carbono (Richardson & Mccree, 1985). Em geral a produção de matéria seca da parte aérea sofreu maior inibição que a raiz com reduções de 28,27%; 44,61%, 52,16%; 64,63%; 69,7%; para as CE's de 6,03; 8,12, 10,15, 12,10; 14,10 dS.m⁻¹ respectivamente. Nas raízes as reduções foram de 33,41%, 41,29%, 42,79%, 49,01%, 44,05% para as CE's de 6,03; 8,12, 10,15, 12,10; 14,10 dS.m⁻¹. A maior redução no crescimento da parte aérea do que no sistema radicular, é uma resposta comum das plantas ao estresse salino (Greenway e Munns,

1980), embora, não parece ser geral para todas as espécies ou cultivares (Cramer et al., 1989). Esse comportamento pode estar associado a um ajustamento osmótico mais rápido e uma perda de turgor mais lenta das raízes, quando comparadas com a parte aérea (Shalhevet et al, 1995). Por outro lado, segundo Taiz & Zeiger (2002) quando uma planta é submetida a determinados tipos de estresse, ela aloca reservas para os órgãos que estão diretamente ligados a esse estresse, como estratégia de sobrevivência.

Analogamente ao que foi observada para a produção de matéria seca, a AF declinou em função dos aumentos na concentração de cloreto de sódio na solução nutritiva (Tabela 4). A AF foi fortemente afetada a partir do nível 79,16 mmol de NaCl ($CE=8,12 \text{ dS.m}^{-1}$). No nível mais elevado de salinidade a berinjela apresentou redução de AF equivalente a 67,68%, quando comparada com o tratamento sem adição de sal. Totawat & Mehta (1985) obtiveram resultados semelhantes, os quais verificaram reduções de 60% na AF em plantas de sorgo submetidas a tratamento salino com 12 dS.m^{-1} de condutividade elétrica. Alberico & Cramer (1993) observaram que a AF de plântulas de milho foi um excelente indicador do efeito dos tratamentos salinos, já que a mesma foi reduzida em cerca de 45% com a adição de 80 mol m^{-3} de NaCl à solução nutritiva. Em adição, Hasaneen et al. (1994) verificaram que o estresse salino reduziu a AF de plantas de milho em 52%. O efeito da salinidade sobre o crescimento é explicado pela redução da área foliar que afeta a assimilação de carbono pela planta que, por sua vez, conduz uma menor taxa fotossintética (Munns, 1993). Indiretamente a redução da área foliar pode aumentar a concentração de solutos na folha, contribuindo para o ajustamento osmótico, ou seja, para a adaptação da planta à salinidade; por outro lado, solutos podem elevar-se a níveis tóxicos, em compartimentos celulares específicos da folha (Läuchli & Epstein, 1990).

Tabela 4 - Valores médios da matéria seca de raiz, parte aérea e total e as reduções relativas¹e área foliar da berinjela, e as reduções relativas¹ aos 73 dias de cultivo, sob efeito de diferentes níveis de salinidade. UFC, Fortaleza – CE, 2006.

Tratamento		Raiz		Parte Aérea		Matéria Seca Total		Área foliar	
Nº	CE	MSR	RR	MSPA	RPA	MST	RMST	AF	RAF
	...dS/m...g/pl....	...%...g/pl....	...%...g/pl....	...%...dm ³%...
1	1,70	12,69a	0	99,34a	0	112,02a	0	66,80a	0
2	2,28	11,21abc	11,66	98,46a	0,88	109,67ab	2,10	67,24a	0,66
3	2,60	9,88abc	22,14	101,28a	1,53	111,16a	0,76	62,56	6,35
4	3,11	11,84ab	6,70	86,83a	11,70	98,67ab	11,92	61,13a	8,49
5	4,08	10,21abc	19,54	79,72ab	18,93	89,93abc	19,72	58,68a	12,16
6	6,03	8,45abc	33,41	70,54abc	28,27	78,99bcd	29,49	50,96ab	23,71
7	8,12	7,45bc	41,29	54,47bcd	44,61	61,92cde	44,72	33,49bc	49,87
8	10,15	7,26bc	42,79	47,05cd	52,16	54,31de	51,52	31,41bc	52,98
9	12,10	6,47c	49,01	34,78d	64,63	41,24e	63,19	24,70c	63,02
10	14,10	7,1bc	44,05	29,80d	69,70	36,93e	67,03	21,59c	67,68
DMS		5,23		31,67		31,21		21,31	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. DMS= Diferença mínima significativa. 1- % Percentagem em relação à testemunha -%. MSR - Matéria seca de raiz; RR - Redução de raiz; MSPA - Matéria seca parte aérea; RPA - Redução de parte aérea; MST - Matéria seca total; RMST - Redução de matéria seca total; AF - Área foliar; RAF - Redução de Área foliar.

A redução do crescimento foliar sob estresse hídrico pode ser um mecanismo de sobrevivência que permite a conservação de água. Contudo não necessariamente é o caso do estresse salino onde a disponibilidade da água para o crescimento em geral não é limitante, a medida em que o gradiente de potencial hídrico favorece a absorção, em virtude da osmoregulação. Desta forma, a redução na AF, como consequência do estresse salino, pode representar a inabilidade das plantas para discriminar entre os estresses hídrico e salino (Binzel et al., 1985) ao invés de um mecanismo adaptação (Greenway e Munns, 1980).

As produções relativas de matéria seca de raiz, parte aérea, total e área foliar seguiram modelos de resposta lineares (Figura 2) com reduções nos valores dessas variáveis à medida que se aumentavam as doses de NaCl na solução nutritiva. Verificase que para a produção da matéria seca de parte aérea e total começou a ser afetada quando a salinidade da solução nutritiva foi de $3,11 \text{ dS.m}^{-1}$. As concentrações salinas inferiores a $3,11 \text{ dS.m}^{-1}$ praticamente mantiveram a produção relativa da matéria seca em torno de 100%. Nas concentrações salinas superiores a $3,11 \text{ dS.m}^{-1}$ as produções de matéria seca, tanto da parte aérea como a total, decresceram apresentando valores de coeficientes de determinação elevados, estando de acordo com Maas & Hoffmann (1977) e Maas (1984) quando após estudos, indicaram que o crescimento vegetativo decresce linearmente com o aumento da salinidade acima do valor da salinidade limiar (SL).

De acordo com a figura 2 a salinidade limiar estimada pelo método gráfico de (Maas & Hoffmann 1977) para a cultura da berinjela foi inferior 1 dS.m^{-1} valor considerado baixo e que não representa a salinidade limiar verdadeira. Para esse comportamento certamente deve ter contribuído ao atraso na aplicação do estresse salino e conseqüentemente a curta duração do estresse (26 dias), o qual diminuiu o coeficiente angular da linha que descreve a redução de crescimento com a salinidade (Figura 2), e conseqüentemente a SL. Na figura 2 verifica-se que praticamente até a $CE=3,11 \text{ dS.m}^{-1}$ não houve redução na produção de matéria seca, sugerindo que a SL deve estar nas proximidades a esse valor.

Avaliando o crescimento da cultura da berinjela em resposta à salinidade através da matéria seca total produzida, a cultura apresentou reduções de 11,92; 29,49; e 51,52% em 3,11; 6,03; e 10,15 dS.m^{-1} . Esses resultados, comparados aos da literatura sobre os limites de tolerância à salinidade das culturas (Maas, 1984), permite enquadrar a berinjela nos limites de moderadamente sensível (Figura 2).

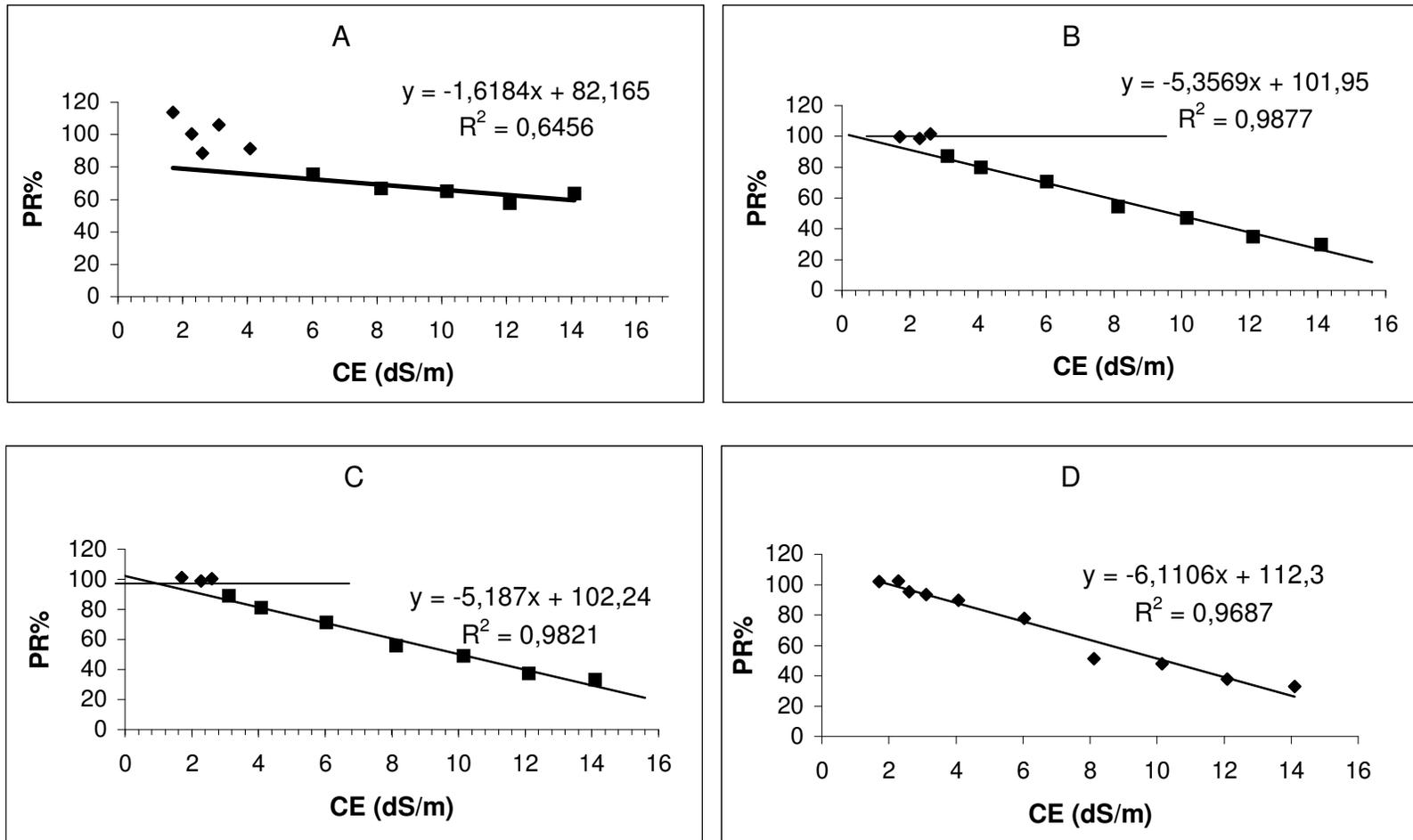


Figura 2 - Produção relativa de matéria seca: raiz (A), parte aérea (B), total (C) e da AF (D) da berinjela em função da salinidade da solução nutritiva.

4.2 Teores de nutrientes minerais

Na tabela 5 são mostrados os teores dos macros e micronutrientes acumulados nas folhas sob diferentes níveis de salinidade estudados e as diferenças estatísticas entre tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de nitrogênio nas folhas variou de 36,06 a 27,23 g/kg de matéria seca, verificando-se uma tendência de redução dos teores com o aumento da salinidade do meio cultivo (Tabela 5); entretanto o tratamento de maior salinidade (CE= 14,1 dS.m⁻¹) apresentou diferenças estatísticas significativas com os de menores salinidade (CE= 1,7 e 2,28 dS.m⁻¹). O efeito da salinidade sobre o teor de nitrogênio parece depender do nível de salinidade, do período em que a planta é submetida ao estresse e principalmente dos diferentes graus de tolerância das espécies e genótipos (Al-Harbi, 1995). O fósforo e o zinco com teores que variaram de 2,27 a 2,93 g/kg MS e de 61,8 a 44,6 mg/kg de MS, respectivamente não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. Os teores de potássio, cálcio, e o magnésio decresceram com o aumento da salinidade, o enxofre no tratamento 1 deferiu dos demais tratamentos, apresentando decréscimos significativos ao longo dos tratamentos. Com relação aos micronutrientes observou-se que o ferro e manganês diminuíram à medida que os níveis de salinidade cresceram, entretanto o teor de cobre apresentou aumento significativo com o incremento da salinidade.

Na tabela 6 são mostrados os teores dos macros e micronutrientes no caule da cultura da berinjela sob diferentes níveis de salinidade estudados e as diferenças estatísticas entre as médias de cada tratamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No caule da berinjela os teores de nitrogênio e fósforo não apresentaram diferenças estatísticas significativas. No nutriente fósforo o primeiro tratamento diferiu dos tratamentos 7, 8, 9 e 10, porém esses não diferiram entre si, enquanto que o potássio, cálcio, magnésio, e o ferro decresceram com o aumento da salinidade. O enxofre no tratamento 1 deferiu dos demais tratamentos, apresentando decréscimos significativos com o aumento da salinidade. As médias dos nutrientes zinco e manganês não apresentaram diferenças estatísticas significativas. O cobre teve seus níveis aumentados com o aumento da salinidade.

Na tabela 7 são mostrados os teores dos macros e micronutrientes nas raízes da berinjela sob diferentes níveis de salinidade estudados e as diferenças estatísticas entre as médias de cada tratamento pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de nitrogênio, fósforo e zinco não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, com exceção do primeiro tratamento do nutriente nitrogênio que diferiu do tratamento com maior concentração de NaCl. Os teores de potássio, cálcio, magnésio, ferro e manganês diminuíram com o aumento da salinidade, o enxofre no tratamento 1 diferiu dos demais tratamentos, apresentando decréscimos significativos ao longo dos tratamentos, enquanto o zinco não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos. O nível de cobre aumentou com o incremento da salinidade.

Nos três órgãos da planta, o nitrogênio comportou-se de forma diferente. Os maiores teores de N foram apresentados pelas folhas (33,8 a 27,3 g/kg de MS) seguida das raízes (22,9 a 19,1 g/kg de MS) e os menores no caule (15,13 a 19,5g/kg de MS). As folhas e raízes mostraram uma tendência de redução dos teores de N com o aumento da salinidade do meio de cultivo, verificando-se diferenças estatísticas significativas apenas entre os tratamentos de maior e o de menor salinidade (Tabelas 5 e 7). Nos caules os teores de N não apresentaram uma tendência definida e não houve diferença estatística significativa entre tratamentos.

A redução do N com a salinidade pode ser explicada pelo fato de que o aumento da absorção e acumulação de Cl pelas plantas frequentemente vem acompanhado por decréscimo no teor de nitrato na parte aérea. Comportamento este atribuído a um efeito antagônico do Cl sobre a absorção de nitrato (Bar et al., 1997 e Feigin et al., 1991) ou à redução na absorção de água (Lea-Cox & Syvertsen, 1993). As maiores concentrações de nitrogênio observadas nas folhas é explicado porque nas folhas está concentrada o maior teor de moléculas orgânicas contendo esse elemento, como clorofila, proteínas, ácidos nucléicos, etc.

Tabela 5 - Teores médios de macro e micronutrientes nas folhas da berinjela, aos 73 dias de cultivo, sob efeito de diferentes níveis de salinidade. UFC, Fortaleza – CE, 2006.

Tratamento		Macronutrientes					
Nº	CE	N	P	K	Ca	Mg	S
.....g/Kg.....							
1	1,70	36,06a	2,27a	54,04a	16,55a	6,03a	4,56a
2	2,28	35,70ab	2,50a	51,80ab	15,93ab	5,11a	4,32b
3	2,60	34,76abc	2,22a	47,32ab	14,93ab	4,90a	4,35b
4	3,11	33,83abc	3,13a	45,92abc	12,9abc	4,54ab	4,25bc
5	4,08	33,27abc	2,72a	42,84abc	11,49bcd	4,19abc	4,18cd
6	6,03	33,20abc	2,36a	37,10bcd	11,35bcd	4,55ab	4,08de
7	8,12	30,70abc	2,57a	31,92cde	8,85cde	2,96bc	4,05e
8	10,15	28,90abc	2,39a	23,10de	6,99de	2,98bc	3,92f
9	12,10	27,93bc	2,90a	25,06de	6,97de	2,74bc	3,90f
10	14,10	27,23c	2,93a	21,70e	5,15e	2,42c	3,54g
CV		8,54	19,98	13,53	14,59	16,04	0,88
DMS		7,93	1,49	14,89	4,69	1,87	0,11

Tratamento		Micronutrientes			
Nº	CE	Zn	Cu	Fe	Mn
.....mg/Kg.....					
1	1,70	59,74a	13,63c	293,99a	339,34a
2	2,28	49,57a	14,71bc	283,00ab	294,62ab
3	2,60	53,35a	15,71abc	245,71abc	284,09ab
4	3,11	54,00a	16,64abc	225,69abc	271,66ab
5	4,08	44,61a	17,72abc	217,45abc	262,81abc
6	6,03	60,26a	18,00abc	208,42abc	243,44abcd
7	8,12	61,83a	19,15abc	172,31bc	173,37bcde
8	10,15	55,70a	19,36ab	155,82c	144,44cde
9	12,10	49,18a	20,18ab	144,44c	130,57de
10	14,10	49,83a	20,45a	136,98c	112,15e
CV		22,97	11,12	18,57	19,02
DMS		35,73	5,64	111,91	124,15

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente, pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 6 - Teores médios de macro e micronutrientes no caule da berinjela, aos 73 dias de plantio, sob efeito de diferentes níveis de salinidade. UFC, Fortaleza – CE, 2006.

Tratamento		Macronutrientes					
Nº	CE	N	P	K	Ca	Mg	S
.....g/Kg.....							
1	1,70	17,82a	2,26a	41,40a	4,97a	3,37a	3,74a
2	2,28	16,60a	1,88ab	34,61ab	4,44ab	2,91ab	3,70ab
3	2,60	15,13a	1,75ab	31,33bc	4,34ab	2,87ab	3,71bc
4	3,11	18,40a	1,75ab	30,52bc	4,69a	2,54ab	3,50c
5	4,08	17,60a	1,75ab	27,86bcd	4,5ab	2,39b	3,33d
6	6,03	16,10a	1,66ab	24,48cde	4,68ab	2,35b	3,27de
7	8,12	16,53a	1,52b	21,82def	4,25ab	2,15b	3,18e
8	10,15	19,50a	1,50b	19,32ef	3,85ab	2,13b	2,95f
9	12,1	18,83a	1,45b	17,92ef	3,56ab	2,02b	2,88f
10	14,1	17,83a	1,36b	14,56f	3,27b	2,11b	2,56g
CV		14,96	13,77	10,83	11,51	13,26	1,36
DMS		7,54	0,67	8,25	1,41	0,95	0,13

Tratamento		Micronutrientes			
Nº	CE	Zn	Cu	Fe	Mn
.....mg/Kg.....					
1	1,70	150,19a	5,99e	301,97a	161,18a
2	2,28	164,58a	6,27de	281,34a	160,95a
3	2,60	169,19a	6,81cde	299,02a	160,94a
4	3,11	172,55a	7,08bcde	314,49a	160,37a
5	4,08	177,03a	7,09bcde	281,34a	166,94a
6	6,03	179,85a	7,90bcde	303,08a	173,34a
7	8,12	178,70a	8,45abc	297,55a	194,66a
8	10,15	174,22a	8,45abc	299,76a	200,16a
9	12,10	163,48a	8,72ab	304,18a	198,69a
10	14,10	148,98a	9,27a	299,02a	205,42a
CV		8,75	8,52	10,10	18,42
DMS		42,48	1,88	87,11	94,98

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente, pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7 - Teores médios de macro e micronutrientes na raiz da berinjela, aos 73 dias de plantio, sob efeito de diferentes níveis de salinidade. UFC, Fortaleza – CE, 2006.

Tratamento		Macronutrientes					
Nº	CE	N	P	K	Ca	Mg	S
.....g/Kg.....							
1	1,70	22,90a	2,24a	56,26a	4,00a	4,08a	2,52a
2	2,28	22,20ab	1,86a	41,00b	3,96a	3,81ab	2,37b
3	2,60	21,80ab	1,98a	31,59c	3,77a	3,77ab	2,15c
4	3,11	21,60ab	2,22a	25,77d	3,69a	3,52ab	2,11c
5	4,08	21,43ab	2,31a	16,94ef	3,42abc	3,62ab	2,03d
6	6,03	20,56ab	2,49a	18,20e	3,25abcd	3,54ab	1,93e
7	8,12	20,10ab	2,38a	15,68ef	3,11bcde	3,53ab	1,89ef
8	10,15	19,93ab	2,72a	14,28ef	2,77cde	3,50ab	1,86f
9	12,10	19,90ab	2,94a	14,93ef	2,62de	3,09b	1,79g
10	14,10	19,10b	2,76a	13,72f	2,44e	2,08c	1,75g
CV		6,01	17,85	5,52	8,46	9,57	1,73
DMS		3,64	1,23	3,97	0,81	0,93	0,40

Tratamento		Micronutrientes			
Nº	CE	Zn	Cu	Fe	Mn
.....mg/Kg.....					
1	1,70	237,13a	21,56b	478,01a	93,55a
2	2,28	249,16a	21,56b	471,88a	85,59ab
3	2,60	259,78a	21,83b	446,20a	83,06ab
4	3,11	261,90a	22,65b	440,59ab	68,22bc
5	4,08	292,53a	22,38b	342,39abc	66,70bcd
6	6,03	292,72a	23,47ab	317,16bcd	65,86bcde
7	8,12	305,72s	24,01ab	286,19cd	54,10cde
8	10,15	353,92s	24,83ab	268,64cd	48,86cde
9	12,10	384,44s	26,20ab	271,23cd	45,28de
10	14,10	378,61s	28,63a	201,91d	44,15e
CV		20,85	8,35	13,56	11,54
DMS		101,82	5,73	138,42	21,87

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente, pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Nos teores de fósforo das folhas e raízes não houve diferença estatística significativas entre os tratamentos, enquanto que no caule os teores de P apresentaram redução significativa com o aumento da salinidade. Por outro lado, o P juntamente com Zn e Mn foram os nutrientes que apresentaram os maiores coeficientes de variação (CV) entre todos os tratamentos, fato que certamente, contribuiu para a falta de significância observada entre os tratamentos. Estes resultados estão de acordo com alguns pesquisadores que indicam que a salinidade causa na planta, por alguns mecanismos desconhecidos, a perda do controle na assimilação do fósforo. (Roberts et al.,1984) e transporte para parte aérea (Grattan & Grieve,1999). Tais mecanismos podem estar relacionados ao aumento do teor de Cl, cujo aumento reduz a absorção e acumulação de P na parte aérea da planta (Papadopoulos & Rending, 1983).

Os teores de potássio sofreram decréscimos significativos com o aumento da salinidade para todas as partes da plantas estudadas. A redução nos teores deste nutriente, em resposta à salinidade, foram mais acentuadas nas raízes do que nos demais órgãos analisados (Tabela 7). Fernandes et al. (2002) estudando o acúmulo de macronutrientes e Na^+ em pupunheira, constataram redução na absorção de K^+ quando se adicionou Na^+ na solução nutritiva, atribuindo esse efeito ao antagonismo existente entre esses cátions. Marschner (1995), sugere uma competição entre esses íons pelos mesmos sítios de absorção na plasmalema ou um aumento do efluxo de K das raízes no meio de crescimento, por causa de distúrbios na integridade das membranas (Rengel, 1992).

O maior teor de potássio ocorreu nas raízes (Tabela 7), aos 73 dias de estresse salino, quando submetidos a $6,70 \text{ mmol.L}^{-1}$ de NaCl. Lacerda (2000) quando estudando dois genótipos de sorgo submetidos a estresse salino, encontrou os maiores teores para este íon nos colmos + bainhas, seguidos pelas raízes, folhas jovens e folhas velhas. Meiri et al. (1970) ao estudarem a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) constataram que foi, principalmente nas folhas, onde mais se acumulou potássio, quando submetidos a $52,8 \text{ mM}$ de NaCl durante 12 dias. Essas discordâncias entre estes resultados podem ser devidas a uma série de fatores como: composição e concentração de sais e a duração do estresse, as diferenças entre genótipos, ao estágio de desenvolvimento da planta analisada.

A influência do estresse salino sobre os teores de cálcio e magnésio mostraram-se dependente do órgão da planta considerado. Os teores de cálcio nas folhas da planta foram sempre maior no tratamento controle e diminuía nos tratamentos sob o incremento da salinidade. O NaCl reduziu os teores de cálcio nas folhas, caules e raízes, porém essa redução foi muito mais expressiva nas folhas.

Comportamento semelhante tem sido verificado com milho (Maas & Grieve, 1987), umbuzeiro (Neves et al., 2004) e sorgo (Grieve & Maas, 1988), quando o NaCl reduziu o teor de cálcio tanto nos caules como nas folhas, porém as maiores reduções ocorreram no limbo de folhas imaturas.

A redução nos teores de Ca^+ na parte aérea de acordo com Marschner (1995) é explicada admitindo-se que o estresse salino, ao reduzir a magnitude da pressão radicular determinaria as diferenças nos teores deste íon na parte aérea. Outra explicação seria aquela na qual o cálcio estaria sendo transportado para a parte aérea via fluxo em massa. Neste caso, algum fator determinante deste fluxo, como a taxa transpiratória, poderia estar sendo afetado pela salinidade. Além disso, o sódio, em altas concentrações externas, poderia deslocar o cálcio dos sítios de absorção na superfície externa da plasmalema das células das raízes (Cramer et al., 1985), afetando diretamente sua absorção e seu transporte para a parte aérea.

Numerosas pesquisas têm demonstrado que a salinidade acarreta reduções nos teores de cálcio em plantas de milho (Kawasaki et al., 1983; Izzo et al., 1991; Alberico & Cramer, 1993; Cramer et al., 1994). Estes pesquisadores reportaram que a elevação na concentração de sódio na solução nutritiva ocasionou queda simultânea nos teores de cálcio dos diversos órgãos da planta. Dessa forma, é provável que a redução nos teores desse nutriente tenha sido um dos fatores que afetaram o metabolismo e conseqüentemente reduziram o crescimento da cultura da berinjela.

O cálcio tem importante papel na resposta das plantas em condições salinas. Já que o mesmo é essencial para manter a integridade das membranas, o que pode ser justificado pelos resultados de pesquisas indicando que a suplementação de cálcio, em tais condições, melhora o crescimento de varias espécies cultivadas (Cachorro et al, 1994).

O comportamento dos teores de magnésio das plantas foi bastante semelhante aos teores de cálcio, quando foram submetidos aos aumentos sucessivos das concentrações de

cloreto de sódio na solução nutritiva. Comparando-se os diversos órgãos da planta, pode-se verificar que, em baixos níveis de cloreto de sódio na solução nutritiva, os maiores teores de magnésio foram encontrados nas folhas independentemente do nível de salinidade.

Trabalhos com sorgo têm reportado que as concentrações de magnésio podem permanecer constantes na parte aérea (Azevedo Neto et al., 1995) ou diminuir na parte aérea e nas raízes (Kawasaki et al., 1983) com o incremento do estresse salino. Esta variabilidade de resultados realça a importância de maiores estudos sobre a influência da salinidade sobre os teores deste macronutriente nos diferentes tecidos vegetais.

Além do papel do magnésio na molécula de clorofila e da sua atividade como cofator em quase todas as enzimas do metabolismo energético (Taiz & Zeiger, 2002) este íon é requerido para a integridade dos ribossomos e contribui efetivamente para a estabilidade estrutural dos ácidos nucléicos e membranas (Clarkson & Hanson, 1980). Desta forma, é provável que a redução nos teores desse nutriente tenha sido um dos fatores que afetaram o metabolismo das plantas e, conseqüentemente, reduziram o crescimento das plantas estudadas.

O enxofre nas folhas, caules e raízes tiveram seus níveis diminuídos à medida que os níveis de salinidade cresceram. As folhas apresentaram os maiores teores e as raízes os menores teores. Até o presente momento, os estudos realizados têm dado pouca importância a influência da salinidade por cloro sobre a absorção e transporte do S nas plantas cultivadas. Os poucos trabalhos existentes tratam, normalmente, da comparação entre o efeito da salinidade provocada por cloro e enxofre.

Os teores dos micronutrientes, em geral, foram pouco afetados pelo aumento da salinidade. Nas raízes e folhas, não houve diferenças estatísticas significativas dos teores de ferro e manganês nos primeiros tratamentos, porém nos últimos houve decréscimos significativos. O nutriente Ferro nos caules não apresentou diferença estatística significativa. Os teores de zinco para os três órgãos da planta estudado não houve diferença estatística significativa com o aumento da salinidade. O cobre nas folhas, raízes e caules tiveram seus teores aumentados com a salinidade da solução nutritiva.

4.3 Teores de íons potencialmente tóxicos

Na tabela 8 são mostrados os teores de cloro e sódio nas folhas, raízes e caules da cultura da berinjela sob diferentes níveis de salinidade estudados e as diferenças estatísticas entre as médias de cada tratamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O incremento do nível de salinidade na solução nutritiva determinou aumentos significativos nos teores de Na em todos os órgãos da planta (Tabela 8). O teor de sódio revelou uma relação linear, sendo os aumentos bem mais expressivos nas raízes. Patil et al. (1984) encontraram aumentos relevantes na concentração de Na nas raízes de goiabeira (0,41 para 0,70%) entre o controle e o nível de 60mM de NaCl.

Os teores de cloro nos tecidos aumentaram de forma significativa com os níveis de NaCl (Tabela 8). Entre os órgãos estudados, as raízes seguidas das folhas e caules apresentaram os maiores teores deste elemento (Figura 3).

Resultados semelhantes foram encontrados por Azevedo Neto & Tabosa (2000) em milho em que verificaram que os maiores teores de sódio foram encontrados na raiz, no colmo e na bainha correspondendo, respectivamente, a cerca de 1,8; 2,8; e 2,1 vezes aos observados no limbo, no nível 100mol m^{-3} de NaCl.

As plantas sofreram reduções e/ ou inibições no seu crescimento, à medida que eram submetidas a concentrações crescentes de salinidade (NaCl), e isso é atribuído ao efeito osmótico, à toxicidade pela absorção excessiva dos íons Na e Cl e ao desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção dos nutrientes essenciais (Yahya, 1998).

Na berinjela sintomas de toxidez por NaCl foram evidenciados pela redução da área foliar (Tabela 4), queima das bordas e ápice do limbo e em estágio mais avançado amarelecimento do limbo foliar (Figuras 4 e 5) que se tornavam mais evidentes com o aumento da concentração salina. Por exemplo, no tratamento 7 ($\text{CE} = 8,12 \text{ dS.m}^{-1}$).

A partir do tratamento 7 ($\text{CE} = 8,12 \text{ dS/m}$) a berinjela foi afetada severamente no que concerne a matéria seca e alguns nutrientes das folhas, caules e raízes (Tabelas 5, 6 e 7)

Os teores de cloro foram superiores aos de sódio ao longo dos tratamentos com o aumento da salinidade, dada a sua mobilidade e transportes elevados, devido ocorrer como ânion livre na planta (Marschner, 1995). Os maiores teores de cloro ocorreram nas raízes bem como os teores de sódio. Na medida em que se aumentava as concentrações de NaCl

de 8,30 a 137,50 mmol/l ocorria um aumento crescente tanto para o cloro como para o sódio, sendo os teores de cloro bem mais expressivos. Fernandes et al (2002) também verificaram maior acúmulo de Cl do que Na em pupunheira, em condições salinas.

Os resultados obtidos sugerem não ter havido mecanismos de exclusão dos íons tóxicos (Na e Cl) após o processo de absorção, resultados em acúmulo na parte aérea e clorose e queima da folhas. Essas respostas resultaram, provavelmente, de alteração no balanço hormonal, na perda de turgescência das células-guarda e na redução generalizada da atividade metabólica da planta (Gorham et al., 1988).

A exposição das plantas a concentrações crescentes de NaCl na solução nutritiva induziu um aumento na absorção de cloro e sódio, em todos órgãos da planta estudados. À medida que o sódio aumentava de forma progressiva ao longo dos tratamentos o potássio decrescia também de forma progressiva nas folhas caules e raízes. Este fato pode ser atribuído segundo Siegel et al., (1980), a um antagonismo entre o Na e o K.

Analisando-se as concentrações de potássio e sódio nas diferentes partes das plantas, verifica-se que o decréscimo nas concentrações de potássio ocorreu simultaneamente à elevação dos teores de sódio (Figura 6). O antagonismo verificado entre as concentrações desses nutrientes nas partes das plantas foi traduzido matematicamente através de elevados coeficientes de correlação, sugerindo a hipótese de que o aumento na concentração de sódio nos tecidos de espécies glicófitas geralmente está associado a uma diminuição na concentração de potássio (Greenway & Munns, 1980)

Tabela 8 - Teores médios de Cloro e Sódio no caule, raiz e folha da berinjela, aos 73 dias de cultivo, sob efeito de diferentes níveis de salinidade. UFC, Fortaleza – CE, 2006.

Tratamento		Folha		Caule		Raiz	
Nº	CE	Cl	Na	Cl	Na	Cl	Na
	...dS/m...g/Kg.....					
1	1,70	12,50d	3,63h	16,66e	2,52g	34,16c	8,33e
2	2,28	31,66c	5,47gh	19,16e	5,46fg	35,00c	9,47e
3	2,60	34,16c	6,3fgh	21,66e	7,70efg	42,5bc	17,04d
4	3,11	34,50c	7,10fg	22,50e	8,96ef	45,83bc	24,44c
5	4,08	36,66c	8,26f	27,50de	11,62de	50,83b	28,69c
6	6,03	38,33c	12,60e	40,00cd	16,24cd	72,50a	31,22c
7	8,12	40,00c	17,46d	41,66bc	21,56bc	77,50a	38,94b
8	10,15	40,83c	25,46c	46,66bc	24,64ab	77,50a	38,63b
9	12,1	52,50b	30,36b	54,66ab	27,58a	84,16a	41,80b
10	14,1	65,83a	38,33a	62,50a	29,54a	84,16a	55,08a
CV		8,78	5,99	13,64	12,55	8,2	8,41
DMS		9,82	2,68	13,9	5,65	14,21	7,14

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

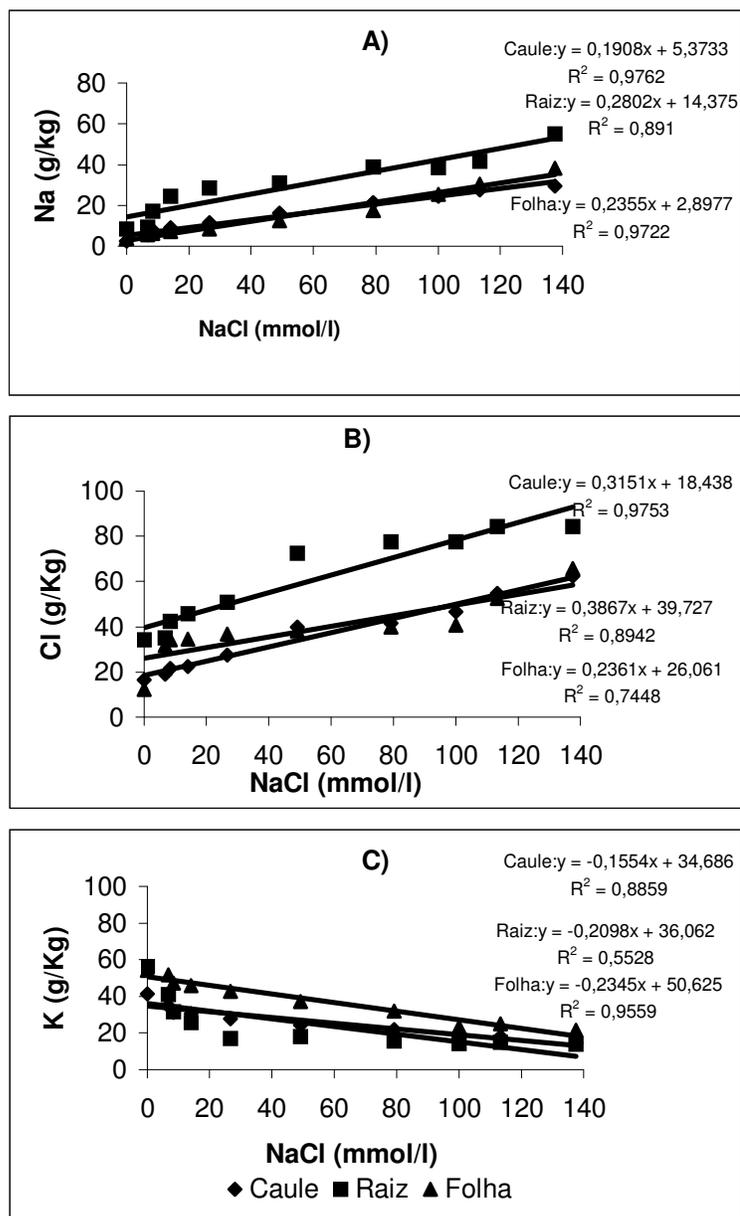


Figura 3- Teores acumulados de Na (A), Cl (B) e K (C) em g/Kg matéria seca nos caules, raízes e folhas em função dos níveis de NaCl na solução nutritiva.



Figura 4- Sintomas iniciais da salinidade ou toxidez de NaCl na berinjela



Figura 5- Sintoma avançado de toxidez por NaCl na berinjela

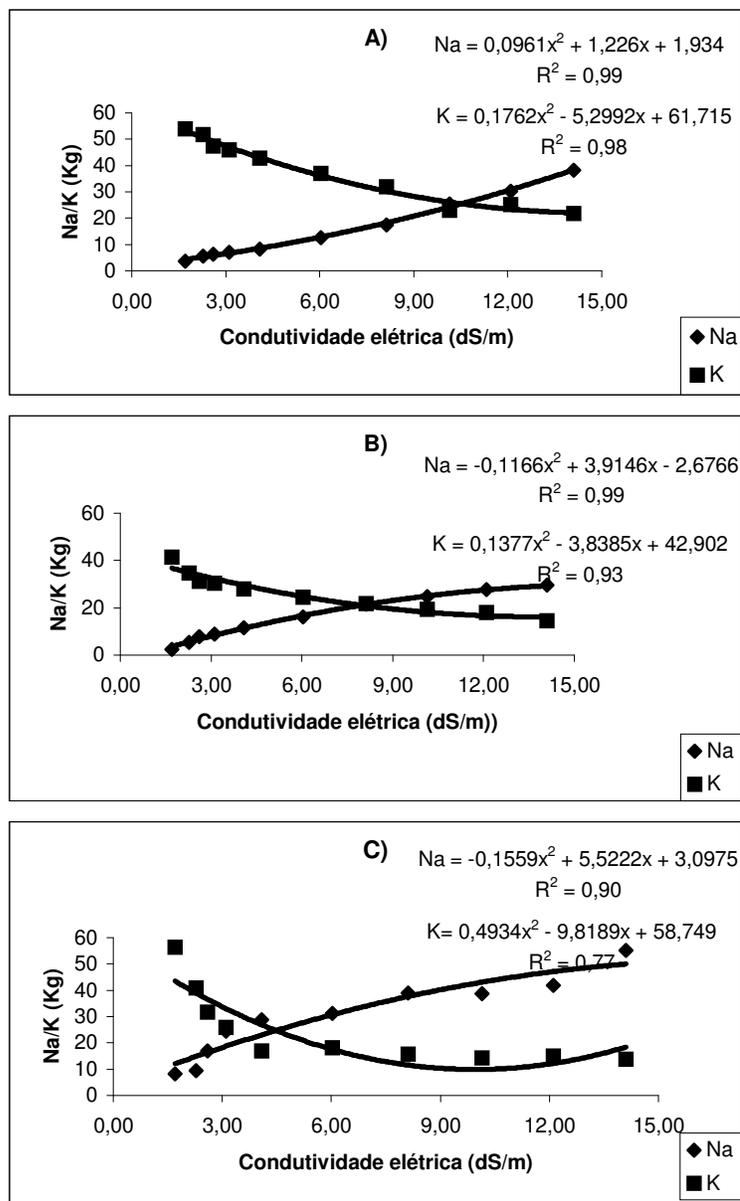


Figura 6- Teores de sódio e potássio em folhas (A), caules (B) e raízes (C) de berinjela em função das condutividades elétricas.

4.4 Trocas gasosas

Na tabela 9 são mostradas as medidas de fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna de CO_2 e suas reduções em folhas de berinjela, aos 70 dias do experimento, sob efeito de diferentes níveis de salinidade

estudados e as diferenças estatísticas entre as médias de cada tratamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O estresse salino causou reduções nas variáveis fotossíntese, transpiração, condutância estomática, e concentração interna de CO₂. Sendo a condutância estomática a variável mais afetada com uma redução de 57,5% quando submetida ao nível de 137,50 mmol.L⁻¹ de NaCl. A fotossíntese, a transpiração e a concentração interna de CO₂ apresentaram reduções intermediárias de 35,13%, 35,42% e 18,95%, respectivamente, no nível mais elevado de salinidade. As medições de fotossíntese e condutância estomática indicaram uma relação direta entre a abertura estomática e a assimilação de CO₂, evidenciadas pelos decréscimos da taxa fotossintética.

Os resultados das avaliações foliares de condutância estomática e transpiração estão também apresentados na figura 7. A relação entre os níveis de salinidade aplicados e a condutância estomática foi linear, sendo o maior valor obtido pelas plantas controle. A menor condutância foliar obtida pelas plantas sob estresse salino provavelmente está relacionada ao déficit hídrico a que essas plantas estão sujeitas (Sultana et al., 1999), devido, em parte à redução da condutividade hidráulica das raízes (Syvertsen & Yelenosky, 1988). Vale ressaltar que o fechamento estomático, e a conseqüente redução do fluxo normal de CO₂ em direção ao sítio de carboxilação, é um dos principais responsáveis pela redução da fotossíntese, em plantas cultivadas em condições de salinidade (Xu et al., 1994). Níveis baixos de fotossíntese também foram encontrados em videiras sob estresse salino por Downton (1976) e Prior et al. (1992), que constataram, com o aumento dos níveis de salinidade, uma drástica redução da condutância estomática, o que acarretou diminuição da pressão parcial de CO₂ intercelular, interferindo negativamente na assimilação de CO₂ por parte do aparelho fotossintético, o que comprometeu o desempenho das plantas submetidas a essa condição ambiental.

A primeira resposta das plantas ao estresse hídrico seria o fechamento estomático. Esse estresse hídrico, induzido pelo estresse salino, atua de forma a reduzir o potencial osmótico da solução nutritiva e, conseqüentemente, o potencial hídrico, limitando a absorção de água pelas plantas. Plantas submetidas ao estresse hídrico, pela sensibilidade

do seu sistema radicular, exibem rápido aumento da resistência estomática, acompanhada pela mudança do potencial hídrico na folha, indicando que essa reação é resultado da produção de ácido abscísico, um hormônio que se transloca das raízes aos ramos e folhas (Pugnaire et al.,1993).

A transpiração seguiu a mesma tendência da condutância estomática, indicando que quando submetidas a condições salinas, plantas de berinjela tendem a fechar os estômatos, havendo, como consequência, redução na quantidade de água transpirada, a qual pode contribuir para redução na absorção e carregamento de íons Na e Cl para o interior das plantas. Com o aumento das doses de NaCl, houve redução da transpiração, seguindo o comportamento de uma equação linear (Figura 7) Rambal & Winkel (1993) verificaram decréscimos na transpiração, à medida que se acentuava o estresse salino, o que também foi evidenciado por alteração do potencial hídrico das folhas.

Pela transpiração, a planta controla sua perda de água ao ambiente na forma de vapor de água. Esse processo é dominante nas relações de água na planta, em virtude do grande volume de água requerido para o controle de vários processos fisiológicos no organismo vegetal. Esse processo é também afetado pelos níveis de absorção mineral, uma vez que a transpiração acelera a ascensão da seiva (Kramer & Boyer, 1995).

Segundo alguns autores, o fechamento dos estômatos e a inibição dos processos bioquímicos acontecem em função de vários tipos de estresse, como por exemplo, o hídrico e o salino (Hasegawa, et al. 1986; Gosset et al. 1994; George & Nissen, 1992). São diversos os fatores que podem interferir no fenômeno de abertura e fechamento dos estômatos como: a presença da luz, o teor de gás carbônico, a temperatura e a disponibilidade de água.

Tabela 9- Medidas de fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (gs) e concentração interna de CO₂ e suas reduções relativa em folhas de berinjela, aos 70 dias do experimento, sob efeito de diferentes níveis de salinidade. UFC, Fortaleza – CE, 2006.

Tratamento		Fotossíntese		Transpiração	
Nº	CE	A	Redução	E	Redução
	dS.m ⁻¹	µmol.m ⁻² .s ⁻¹ de CO ₂	%	mmol.m ⁻² .s ⁻¹	%
1	1,70	18,73a	0	5,76a	0
2	2,28	18,58a	0,80	5,27ab	8,51
3	2,60	18,43ab	1,60	5,12ab	11,11
4	3,11	18,26ab	2,51	5,09ab	11,63
5	4,08	17,20abc	8,17	4,67abc	18,92
6	6,03	16,98abc	9,34	4,45bc	22,74
7	8,12	14,31bcd	23,60	4,41bc	23,44
8	10,15	13,45cd	28,19	4,38bc	23,96
9	12,1	13,41cd	28,40	4,25bc	26,22
10	14,10	12,15d	35,13	3,72c	35,42
CV		9,00		8,04	
DMS		4,20		1,09	

Tratamento		Condutância estomática		Concentração interna de CO ₂	
Nº	CE	gs	Redução	Ci	Redução
	dS.m ⁻¹	mol.m ⁻² .s ⁻¹ de água	%	ppm	%
1	1,7	0,40a	0	221,00a	2,62
2	2,28	0,36ab	10	215,22a	3,32
3	2,6	0,33abc	17,5	213,67a	3,57
4	3,11	0,32abc	20	213,11a	4,62
5	4,08	0,26bcd	35	210,78a	5,43
6	6,03	0,23cd	42,5	209,00a	5,73
7	8,12	0,23cd	42,5	208,33a	11,62
8	10,15	0,22cd	45	195,33a	12,52
9	12,1	0,22cd	45	193,33a	18,95
10	14,1	0,17d	57,5	179,11a	
CV		8,44		16,4	
DMS		0,13		50,26	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente, pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

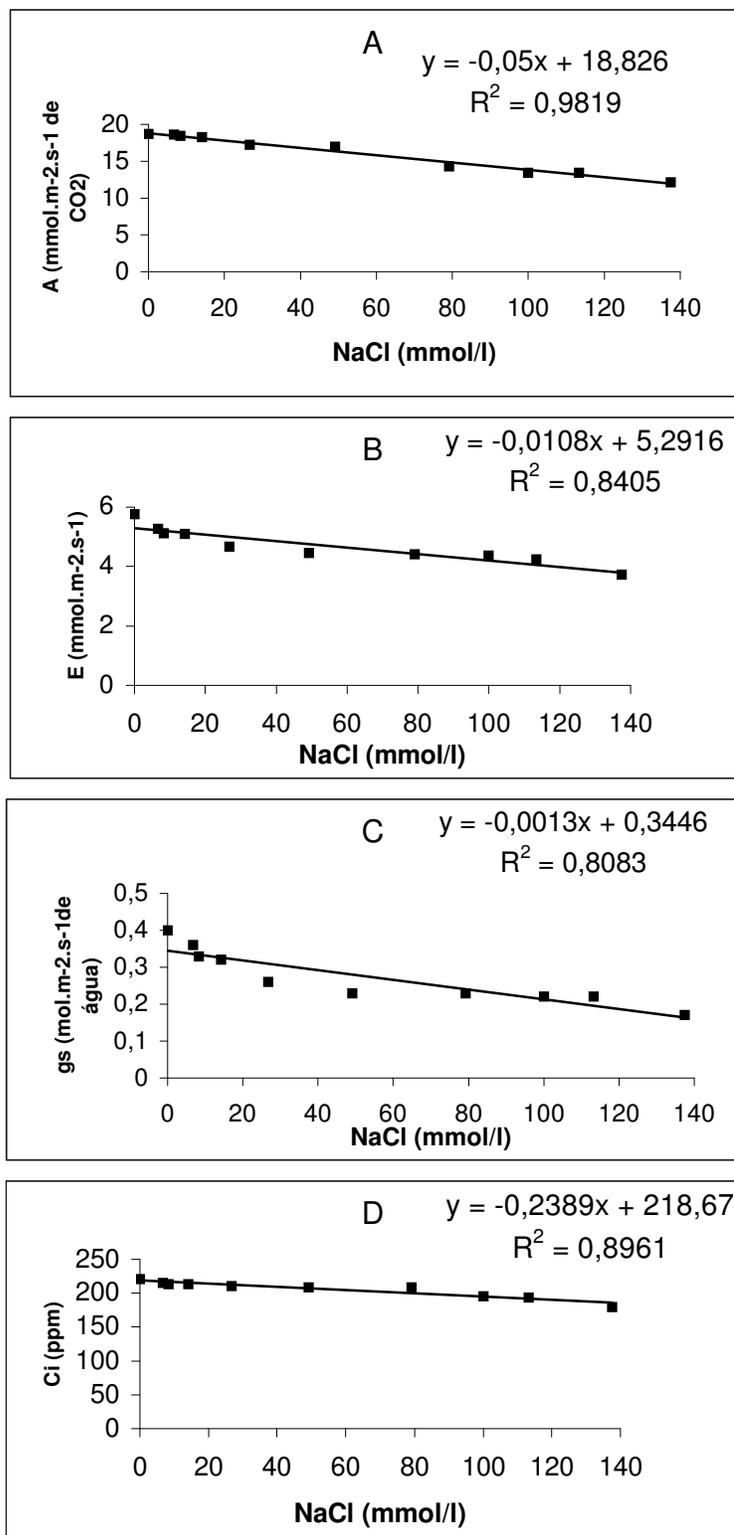


Figura 7 Efeitos da concentração de NaCl sobre a fotossíntese (A), transpiração (B), condutância estomática (C) e concentração interna de CO₂ (D), cultivadas por 70 dias em solução nutritiva.

5. CONCLUSÕES

1. A salinidade afeta negativamente o desenvolvimento das plantas de berinjela e acarreta sintomas visuais de toxidez, caracterizados por queima das bordas e ápice das folhas e, em estágio mais avançado, amarelecimento do limbo e queda das mesmas;
2. As plantas de berinjela são moderadamente sensíveis a salinidade, com uma salinidade limiar na solução nutritiva de aproximadamente $3,11 \text{ dS.m}^{-1}$;
3. A salinidade causa distúrbios na nutrição mineral da berinjela;
4. Os teores de sódio e cloro aumentaram significativamente em todas as partes da planta com o aumento da salinidade;
5. A salinidade reduz a fotossíntese, a transpiração e a condutância estomática.

6. LITERATURA CITADA

- AL-HARBI, A R. Growth and nutrient composition of tomato and cucumber seedlings as affected by sodium chloride salinity and supplemental calcium. **Journal of plant nutrition**, New York, v.18, n.7, p.1403-1416, 1995.
- ALBERICO, G. J.; CRAMER, G. R. Is the salt tolerance of maize related to sodium exclusion? I. Preliminary screening of seven cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.16, p.2289-2303, 1993.
- ANTONINI, A.C.C.; ROBLES, W.G.R.; TESSARIOLI NETO, J.; KLUGE, R.A. Capacidade produtiva de cultivares de berinjela. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 646-648, dezembro 2002.
- ARAÚJO FILHO, J. B.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N.C. Tolerância da bananeira à salinidade, em fase inicial de desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, Brasília, v.30, n.7, p.989-997, jul. 1995.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. Qualidade de água na agricultura. Trad. de H.R. Greyi et al. Campina Grande: UFPB, 218p. (FAO. Estudos de irrigação e Drenagem, 29), 1991.

- AZEVEDO NETO, A.D.; BARRETO, L.P.; BEZERRA NETO, E. Efeito da salinidade sobre os teores de macronutrientes em duas cultivares de sorgo cultivadas em solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa. Resumos expandidos. Viçosa: SBCS, v. 3, p.1345-1347, 1995.
- AZEVEDO NETO, A. D. de ; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II. Dissertação dos micronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. **Revista Brasileira de Eng. Agric. E Ambiental**, Paraíba, v.4; n.2, p.126-171, 2000.
- BALL, M. C.; FARQUHAR, G. D. Photosynthetic and stomatal responses of two mangrove species, *Algeria carniculatum* and *Avicennia marina*, to long term salinity and humidity conditions. **Plant Physiol.**, 74:1-6. 1984a.
- BALL, M. C.; FARQUHAR, G. D. Photosynthetic and stomatal responses of the grey mangrove *Avicennia marina*, to transient salinity conditions. **Plant Physiol.**, 74:7-11. 1984b.
- BAR, Y.; APELBAUM, A.; KAFKAFI, U.; GOREN, R. Relationship between chloride and nitrate and its effect on growth and mineral composition of avocado and citrus plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.20, n.6, p. 715-731, 1997.
- BAÑULS, J., PRIMO-MILLO, E..Effectes of salinity on some citrus scion-rootstock combinations. **Ann. Bot.**, 76: 97-102. 1995.
- BETHKE, C. P.; DREW, C. M. Stomatal and nonstomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of *Capsicum annum* during progressive exposure to NaCl salinity. **Plant Physiology**, Bethesda, v.99, p.219-226, 1992.
- BRESLER, E.; MCNEAL, B. L. E.; CARTER, P.L. **Saline and sodic soils: Principles dynamics, madelling**. Berlim: Springer-verlog, 249p, 1982.

- BINZEL, M.L.; HASEGAWA, P.M.; HANDRA, A.K.; BRESSAN, R.A. Adaptation of tobacco cell to NaCl. **Plant Physiology**, Rockville, v.79, p.118-125, 1985.
- 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, n. 2, p. 205-212, Jan. 1994.
- CARTER, D. L. Salinity and plant productivity. In: Chemical Rubber Co., Handbook Series in nutrition and food (in Press), 1981.
- CASTELLANE, P. D., ARAÚJO, J. A. de. Cultivo sem terra-hidroponia. Jaboticabal, FUNEP, 43p, 1994.
- CHARTZOULAKIS, K.S. & LOUPASSAKI, M. H. Effects of NaCl salinity on germination, growth and gas exchange and yield of greenhouse eggplant. *Agricultural Water Management* 32, 2, 15-225. 1997.
- CLARKSON, D.T.; HANSON, J.B. The mineral nutrition of higher plants. Annual Review of **Plant Physiology**, Palo Alto, v.3, p.239-298, 1980.
- 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.
- CRAMER, G. R.; EPSTEIN, E.; LAUCHLI, A. Na-Ca interactions in barbalee seedlings: relationship to ion transport and growth. **Plant Cell and Environment**, 12; p. 551-558, 1989.
- CRAMER, G., LÄUCHLI, A., POLITO, V.S. Displacement of Ca²⁺ by Na⁺ from the plasmalemma of root cell. **Plant Physiol.**, v.79, p. 207-211, 1985.

- CRAMER, G. R.; NOWAK, R. S. Supplemental manganese improves the relative growth, net assimilation and photosynthetic rates of salt-stressed bar ley. **Physiol. Plant.**, 84: 600-605. 1992.
- CERMEÑO, Z.S. *Cultura de plantas hortícolas em estufa*. Tradução: RIPADO, M.F.B. Lisboa: Litexa-Portugal, 368 p, 1977.
- COELHO, M. Aspectos da dinâmica de água em solos sódicos e salinos-sódicos. **Ciência agrônômica** , Fortaleza, v.14, p.61-68, 1983.
- DAKER, A. **A água na agricultura**. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, v.3, 453p, 1988.
- DOWNTON, W.J.S. Photosynthesis in salt-stressed grapevines. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.4, p.183-192, 1976.
- FARIAS, M.E. **Comportamento ecológico de *Blutaporam portulacóides* (St. Hil) Mears 1982 Amaranthaceae) cultivada em diferentes concentrações de NaCl**. Porto Alegre, 1985. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985.
- FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T.D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Ann. Rev. Plant Physiol.**, 33:317-345. 1982.
- FASSBENDER, H. W. & BORNEMISZA, E. Química dos suelos com énfasis em suelos de América Latina, 2ª ed. San José, Costa rica, IICA, 420p, 1987.
- FAO. 2000. **Global network on integrated soil management for sustainable use of salt affected soils**. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/AGL/ag/spush/intro.htm>. Acesso em 10 de maio 2005.

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, n. 11, p. 1613-1619, 2002.

FEIGIN, A.; et al. Combined effects of KNO₃ and salinity on yield and chemical composition of lettuce and chinese cabbage. **Irrigation Science**, Berlin, v. 12, p.223-230, 1991.

FLOWERS, T. J.; DUQUE, E.; HAJIBAGHERI, M. A.; MCGONIGLE, T. P.; YEO, A. R. The effect of salinity on leaf ultrastructure and net photosynthesis of two varieties of rice: Further evidence for a cellular component of salt-resistance. **New Phytol.**, 100:37-43. 1985.

FLOWER, T.J. HAJIBAGHERI, M. A. AND CHIPSON, N. J.W. The mechanism of salt tolerance in halophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.28, p. 89-121, 1986.

FLOWERS, T.J.; TRORE, P. F.; YEO, A. R. The mechanism of salt tolerance in halophytes. **Ann. Rev. Plant. Physiol.**, 28: 89-121. 1977.

FILGUEIRA, F. A R. Novo manual de olericultura. Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, UFV, 402p, 2000.

GARCÍA-LEGAZ, M. F.; ORTIZ, J. M.; GARCÍA-LINDON, A. G.; CERDÁ, A. Effect of salinity on growth, ion content and CO₂ assimilation rate in lemon varieties on different roots stocks. **Physiol. Plant.**; 89: 427-432. 1993.

GEORGE, A.P.; NISSEN, R.J. Effects of environmental variables and cropping on plant water status of custard apple. **Journal of Horticultural Science**, v.67, n.4, p.445-455, 1992.

- GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 78, p. 127-157, 1999.
- GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. – In: **SIMPÓSIO “MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE IRRIGADA”**. Campina Grande: UFPB, 383p, 1997.
- GRIEVE, C.M. MAAS, E. V. Differential effects of sodium/calcium ratio on sorghum genotypes. **Crop. Sci.** 28; p. 659-665, 1988.
- GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Ann. Yer. Plant Physiol.**, v.31, p.149-190, 1980.
- GORHAM, J.; TOMAR, O. S.; JONES, G. R. Salinity induced changes in the chemical composition of *Leucaena leucocephala* and *Sesbania bispinosa*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 132, p. 678-682, 1988.
- GOSSET, D.R.; MILLHOLLON, E.P.; LUCAS, M.C. Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton. **Crop Science**, v.34, p.706-714, 1994.
- HASANEEN, M.N.A.; EL-SAHT, H.M.; BASSYONI, F.M. Growth, carbohydrates and associated invertase and amylase activities in castor bean and maize as affected by metribuzin and NaCl. **Biologia Plantarum**, Prague, v.36, p.451, 1994.
- HASEGAWA, P.M, BRESSAN, R.A.; HANDA, A. Cellular mechanisms of salinity tolerance. **HorScience**, v.21, p.1317-1324, 1986.
- HEUER, B. Photosynthetic carbon metabolism of crops under salt stress. In: **Handbook of photosynthesis**. Ed. M. Pessaraki. Marcel Dekker, In.. New York, USA. p. 887-896. 1997.

- IZZO, R. NAVARI-IZZO, F.; QUARTACCI, F. Growth and mineral absorption in maize seedlings as affected by increasing NaCl concentrations. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.14, p.687-699, 1991.
- KAWASAKI, T.; AKIBA, T.; MORITSUGU, M. Effects of high concentrations of sodium chloride and polyethylene glycol on the growth and ion absorption in plants: I. Water culture experiments in a greenhouse. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.75, p.75-85, 1983.
- KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. **Water relations of plants and soils**. London: Oval Road Academic, 495p, 1995.
- KURBAN, H.; SANEOKA, H.; NEHIRA, K.; ADILLA, R.; PREMACHANDRA, G. S.; FUGITA, K. Effect of salinity on growth, photosynthesis and mineral composition in leguminous plant *Alhagi pseudoalhagi* (Bieb). **Soil Sci. Plant Nutr.**, 45: 851-862. 1999.
- LACERDA, C. F. de. **Crescimento e Acúmulo de solutos Orgânicos e Inorgânicos em dois Genótipos de sorgo forrageiro submetidos a estresse salino 2000**. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal)- Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- LACERDA, C. F. **Efeito da salinidade no desenvolvimento e composição mineral do feijão-de-corda (*vigna unguiculata* (L.)) e utilização do Ca^{2+} como meio para minorar tais efeitos**. Fortaleza, CE: UFC, 1995, 85p. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas), Universidade Federal do Ceará, 1995.
- LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Plant response to saline and sodic conditions. In: TANJI, K.K. **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE., Cap. 6, p. 113-137, 1990.
- LEA-COX, J. D.; SYVERTSEN, J. P. Salinity reduces water use and nitrate- N-use efficiency of citrus. **Annals of Botany**, London, v. 72, p. 47-54, 1993.

- LIMA, L. A. Efeito de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; QUIROZ, J. E. MEDEIROS, J. M. (Ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura**. Campina Grande: UFPB; SBEA., p. 113-136, 1997.
- LONGSTRETH, D. J.; BOLANÕS, J. A.; SMITH, J. E. Salinity effects on photosynthesis and growth in *Alternanthera philoxenoides* (Mart.) Griseb. **Plant Physiol.** 75: 1044-1047. 1984.
- LONGSTRETH, D. J.; NOBEL, P. S. Salinity effects on leaf anatomy. **Plant Physiol.** 63:700-703. 1979.
- MAAS, E.V. Crop tolerance. **California Agricultura**, v. 36, n.10, p. 20-21, 1984.
- MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance- current assssment., **Proc. J. Irrig. And Drainage**, v. 103, n. 2, p. 115-134, 1977.
- MAAS, E.V.; GRIEVE, C.M. Sodium- induced deficiency insalt- stressed corn. **Plant, Cell an Envirinm.**, 10; p. 559-564, 1987.
- MALAVOLTA & VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S. A E. **Avaliação do estado nutricional das plantas: 2^a ed.** Precipícios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potássio e do Fósforo. 319p, 1997.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2^a ed. London: Academic Press, 889p, 1995.
- MEDEIROS, J.F. de.; GHEYI, H.R. Manejo do sistema solo-água-planta em solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de (Ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB; SBEA, cap.8, p.239-284, 1997.

- MEIRI, A.; MOR, E.; POLJAKOFF-MAYBER, A. Effect of time of expose to salinity on growth, water status, and salt accumulatonin in bean plants. **Ann. Bot.**, 34; p.383-391, 1970.
- MUNNS, R. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 16, n.1, p. 15-24, Jan.1993.
- MUNNS, R.; TERMAAT, A Whole-plant responses to salinity. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourn, v. 13, p. 143-160, 1986.
- MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised médium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Phisiologia Plantarum**, Copenhagen, v.15, n. 3, p.473-497, 1962.
- NEVES, O.S.C.; CARVALHO, J.G.de.; RODRIGUES, C.R. Crescimento e nutrição mineral de mudas de umbuzeiro (*spondias tuberosa* arr. cam.) submetidas a níveis de salinidade em solução nutritiva .**Ciênc. Agrotec**, Lavras, v.28 n.5 p.997-1006, 2004.
- OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: SIMPÓSIO “MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA”, 1997, Campina Grande, PB. **Anais...**, Campina Grande: UFPB, p. 3-35, 1997.
- PAPADOPOULOS, I.; RENDING, V.V. Interactive effects of salinity and nitrogen on growth and yeld of tomato plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.73, n.1, p. 47-57, 1983.

- PATIL, P. K.; PATIL, Y. K.; GHONSIKAR, C. P. Effect of soil salinity on growth and nutritional status of guava (*Psidium guajava* L.). **International Journal Tropical Agriculture**, Hissar, v. 2, n. 4, p. 337-344, 1984.
- PRIOR, L.D.; GREIVE, A.M.; CULLIS, B.R. Sodium chlorine and soil texture interactions in irrigated field growth sultana grapevines. II. Plant mineral content, growth and physiology. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.43, p.1051-1066, 1992.
- PRISCO, J. T. – Alguns aspectos da fisiologia do stress salino. **Rev. Bras. Bot.**, 3: 85-94. 1987.
- PLA SENTIS, M. Riego y desarrollo de suelos afetados por sales en condiciones tropicales. **Soil Tech**, 1; p. 13-35, 1988.
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. Madrid: Ed. Agrícola Espanõla, 512p, 1978.
- PUGNAIRE, F.I.; ENDOLZ, L.S.; PARDOS, J. Constrains by water stress on plant growth. In: PESSARAKLI, P. **Handbook of plant and crop stress**. New York: Marcel Dekker, p. 247-259, 1993.
- RAMBAL, S.; WINKEL, T. Influence of water stress on grapevines growing in the field: from Leaf to whole-plant response. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.20, p.143-157, 1993.
- RENGEL, Z. Role of calcium in salt toxicity **Plant, Cell and environment**, oxford, v.15, p. 625-632, 1992.

- RIBEIRO, C.S. da C.; BRUNE, S.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. Cultivo da Berinjela (Solanum melongena L.). **Comunicado Técnico Embrapa Hortaliças**, Nº15, p.2, 1998.
- RICHARDS, L. A. **Diagnostic and improvement of saline and alkali soils**. Washinton: United States Salinity Laboratory, 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60), 1954.
- RICHARDS, L. A **Diagnostico y rehabilitacion de suelos salinos y sodicos**. Mexico; Aid, 172p, 1962.
- RICHARDSON, S.G.; McCREE, K.J. Carbon balance and water relations of sorghum exposed to salt and water stress. **Plant Physiology**, Rockville, v.79, p.1015-1020, 1985.
- RHOADES, J.D.; LOVEDAY, J.G. Salinity in irrigated agriculture. In: Stewart, D.R.; Nielsen, D.R. (eds.) **Irrigation of agricultural crops**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, p.1089-1142. *Agronomy*, 30, 1990.
- ROBINSON, S. P.; DOWNTON, W. J. S.; MILLHOUSE, J. A. Photosynthesis and ion content of leaves and isolated chloroplasts of salt-stressed spinach. **Plant Physiol.**, 73: 238-242. 1983.
- ROBERTS, J.K.M.; et al. Salt stimulation of phosphate uptake in maize root tips studied by ³¹P nuclear magnetic resonance. **Plant Physiology**, Rockville, v.75 n.4, Aug. p.947-950, 1984.
- ROLSTON, D. E.; BIGGAR, J.W. & NIELSEN, D. R. Effect of salt on soils. *California Agriculture*, 36(10): 11-13, 1984.
- ROMERO-ARANDA, R.; SORIA, T.; CUARTERO, J. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. **Plant Sci.**, 160: 265-272. 2001.

- SANTANA, M. J. de; CARVALHO, J. A. de; SILVA, È L. da; MIGUEL, D. S. da. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface americana. **Ciênc.agrotec**, Lavras, v.27.n.2.p.433-450, 2003.
- SHALHEVET, J.; HUCK, M.G.; SCHROEDER, B.P. Root and shoot growth responses to salinity in maize and soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, p.512-516, 1995.
- SIEGEL, S.M.; et al. Growth of corn in saline waters. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.50, p. 71-73, 1980.
- SILVA, J. V. **Efeitos do CaCl₂ no crescimento e acumulação de osmorreguladores em plantas de feijão-de-corda cv. Pitiúba estressadas em NaCl**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará 103p. 1998.
- SYVERTSEN, J.P.; YELENOSKY, G. Salinity can enhance freeze tolerance of citrus rootstock seedlings by modifying growth, water relations, and mineral nutrition. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.113, p.889-893, 1988.
- SOHAN, D.; JASONI, R.; ZAJICEK, J. Plant-water relations of NaCl and calcium. Treated sunflower plants. **Environ. Exp. Bot.**, 42: 111. 1999.
- SULTANA, N.; IKEDA, T.; ITOH, R. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. **Environmental and Experimental Botany**, Kidlington, v. 42, p.211- 220, 1999.
- TOTAWAT, K.L. MEHTA, A.K. Salt tolerance of maize and sorghum genotypes. **Annals of Arid Zone**, Jodh Pur, v. 24, p.229-236, 1985.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Redwood City: The Benjamin/Cummings publishing Co., 565p, 2002.
- 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, n. 7, p. 1439-1451, 1998.
- YEO, A. R.; LEE, K. S.; IZARD, P.; BOURSIER, P. J., FLOWERS, T. J. Shoot-and long-term effects of salinity on leaf growth in rice (*Oriza sativa* L.). **J. Exp. Bot.**, 42:881-889, 1991.
- YEO, A. R.; FLOWERS, T. J. Varietal differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves. **Physiol. Planty**, 59: 189-195, 1983.
- VIEIRA, A.R.R. **Influência hídrica do solo nos parâmetros vegetativos e produtivos da berinjela (*Solanum melongena* L.)**. 134 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.
- VILLAS BÔAS, R. L.; BOARETO, A. E.; VITTI, G.C. Aspectos de fertirrigação. In: VITTI, G.C.; BOARETO, A. E. (Ed). **Fertilizantes líquidos**.- Piracicaba : PATAFOS, cap. 15, p. 283-308, 1994.
- XU, H.L.; GAUTHIER, L.; GOSSELIN, A. Photosynthetic responses of greenhouse tomato plants to high solution electrical conductivity and low soil water content. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 69, p.821 832, 1994.

ANEXO

Tabela 1A - Quadrado médio da análise de variância dos teores médios de macro e micronutrientes nas folhas da berinjela, aos 73 dias de cultivo, sob efeito de diferentes níveis de salinidade. UFC, Fortaleza – CE, 2006.

Fontes de variação	GL	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	S	Zn ²	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺
Tratamento	9	31,53**	0,35	437,8**	48,52**	4,33**	434,3**	0,24**	94,99	16,35**	9307,11**	1872,59
Resíduo	20	7,53	0,26	26,54	2,63	0,42	0,86	0,001	152,7	3,82	1498,15	1843,76**
Coef. de variação		8,53	19,98	13,52	14,58	16,04	5,99	1,36	22,97	11,12	18,57	19,02

** significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 2A - Quadrado médio da análise de variância dos teores médios de macro e micronutrientes no caule da berinjela, aos 73 dias de plantio, sob efeito de diferentes níveis de salinidade. UFC, Fortaleza – CE, 2006.

Fontes de variação	GL	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	S	Zn ²	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺
Tratamento	9	5,36	0,20**	206,9**	0,87**	0,57**	383,9**	0,450	369,5	3,69**	303,86	1089,72
Resíduo	20	6,8	0,054	8,16	0,24	0,11	3,82	0,0002	215,9	0,42	907,80	1079,15
Coef. de variação		14,39	13,76	10,83	11,51	13,26	12,54	0,88	8,75	8,58	10,10	18,43

** significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 3A - Quadrado médio da análise de variância dos teores médios de macro e micronutrientes na raiz da berinjela, aos 73 dias de plantio, sob efeito de diferentes níveis de salinidade. UFC, Fortaleza – CE, 2006.

Fontes de variação	GL	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	S	Zn ²	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺
Tratamento	9	4,39*	0,36	606,4**	0,95**	0,89**	670,5**	0,19**	8646	15,82**	29536**	927,13**
Resíduo	20	1,58	0,183	1,88	0,08	0,103	6,1	0,002	3954	3,91	2291,19	57,20
Coef. de variação		6,00	17,84	5,52	8,43	9,52	8,41	0,74	20,85	8,35	13,58	11,54

** significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade; ** significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 4A- Quadrado médio da análise de variância dos valores médios da matéria seca de raiz (MSR), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST) e área foliar (AF) da berinjela aos 73 dias de cultivo, sob efeito de diferentes níveis de salinidade, UFC, Fortaleza – CE, 2006.

Fontes de Variação	GL	MSR	MSPA	MST	AF
Tratamento	9	14,58**	2216,9**	2555,34**	985632,056**
Resíduo	20	3,27	119,92	116,53	593409,76
C.V.		19,54	15,59	13,58	15,40

** significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 5A - Quadrado médio da análise de variância dos valores de Concentração interna de CO₂ (CO₂), transpiração (E), fotossíntese (A) e condutância estomática (gs) em folhas de berinjela aos 70 dias de cultivo, sob efeito de diferentes níveis de salinidade UFC, Fortaleza – CE, 2006.

Fontes de Variação	GL	CO ₂	E	A	gs
Tratamento	9	484,61	1,063**	19,37**	0,017**
Resíduo	20	302,19	0,143	2,12	0,002
C.V.		8,44	8,04	9,00	16,42

** significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.