

ESTRESSE SALINO EM PLANTAS DE *Spondias tuberosa* Arruda (Câmara) COLONIZADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES.

Magnólia Góes Silva

Mestrado pelo Curso do Programa de Pós – Graduação em Botânica do DCBIO, UEFS-BA.
E-mail: samorim@uefs.br

Solange Maria Costa de Amorim

Profª. Titular, Coordenadora do Laboratório de Ecofisiologia da Unidade Experimental do Horto Florestal, /UEFS.
E-mail: samorim@uefs.br

RESUMO - O solo agriculturável do semi-árido no Nordeste brasileiro encontra-se, em muitas áreas, degradado pela utilização de práticas não sustentáveis. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito crescente de NaCl sobre plantas de umbu colonizadas com fungos micorrízicos arbusculares. Sob condições de viveiro, as sementes de umbu foram colocadas para germinar em bandejas com solo micorrizado e em bandejas com solo autoclavado. A germinação ocorreu 15 dias após o plantio e no 30º dia de cultivo, as plantas foram transferidas para vasos plásticos com capacidade para 2 L de solução nutritiva com as seguintes doses de NaCl: 0, 100 e 150 mM. Foram monitoradas a taxa de transpiração e condutância estomática até as plantas apresentarem sintomas de toxicidade ao Na⁺. Após a suspensão da exposição ao estresse salino, foram avaliados os teores de N, P, K, S, Ca, Mg, Na e Cl e a produção da massa de matéria seca da parte aérea (caule + folhas) e radicular. Foi observada a redução na fitomassa radicular e aérea no primeiro nível de NaCl em relação ao controle. A condutância estomática em plantas não micorrizadas foi igualmente reduzida. Na raiz, observaram-se significativas reduções nas quantidades de Ca, K e Mg para as plantas micorrizadas e não micorrizadas. Nas folhas, o aumento da dose de NaCl provocou uma redução substancial nas quantidades alocadas de Ca, Mg e N o que, provavelmente, ocasionou o decréscimo na produção de massa seca.

Palavras-chave: *Spondias tuberosa*, estresse salino, nutrição mineral.

ESTRESSE SALINO EM PLANTAS DE *Spondias tuberosa* Arruda (Câmara) COLONIZADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES.

ABSTRACT - The agriculture soil in the semi-arid Brazilian Northeast, it finds, in many areas, degraded by the utilization of not sustainable practice. This work proposed to evaluate the effect of increasing NaCl levels in the soils under *Spondias tuberosa* plants colonized with arbuscular mycorrhizal fungi. Under greenhouse conditions, *Spondias* seeds were going placed to germinate in trays with mycorrhizal soil and in trays with soil autoclavado. The germination occurred 15 days after the planting and in the 30th cultivation day, the plants were going transferred to plastic vases with capacity for 2 L of nutritious solution with the next NaCl doses: 0, 100 and 150 mM. They were monitored the transpiration rate and stomatal conductance until the plants introduced toxicity symptoms to the Na⁺. After the saline stress suspending, they were evaluated the N, P, K, S, Ca, Mg, Na and Cl contents in the drought matter of the aerial part (stem + leaves) and root. It was going observed the reduction in radicular phytomass and aerial in NaCl first-level regarding the control. Stomatal conductance in plants not micorrizadas was equally reduced. In the root, it was observed significant reductions in Ca, K and Mg contents for the mycorrhizal plants and not mycorrhizal. In the leaves, the increase of NaCl dose induced a substantial reduction in the Ca, Mg and N contents and probably it was caused the reduction in the mass drought production.

Keywords - *Spondias tuberosa*, saline stress, mineral nutrition.

INTRODUÇÃO

A comercialização do umbuzeiro, fruteira nativa do semi-árido brasileiro, constitui-se em atividade complementar de renda e, muitas vezes, a única fonte de renda para algumas famílias rurais do Nordeste Brasileiro. Apresenta uma produção significativa nessa região, sendo a Bahia o maior produtor, o que, conseqüentemente, possibilita o extrativismo em larga escala do seu fruto pelos pequenos agricultores. Os locais de predominância do umbuzeiro podem apresentar escassez dos recursos

hídricos e a conseqüente imobilização de nutrientes minerais no solo pode se tornar um dos fatores limitantes na produção vegetal (CAVALCANTI et al., 2000).

A grande concentração de íons no solo, principalmente Na⁺ e Cl⁻, pode causar a disrupção na homeostase do potencial de água e desbalanço iônico na interface solo-planta e promover toxicidade no vegetal, afetando o seu crescimento e a produção de fitomassa (SULTANA et al., 1999; HASEGAWA et al., 2000; ASCH et al., 2000), em conseqüência da redução da absorção de nutrientes minerais, como o potássio, cálcio e

manganês (CRAMER; NOWAK, 1992; KHAN et al., 1997; LUTTS et al., 1999).

Devido ao baixo índice pluviométrico e imobilização iônica no solo, as plantas vasculares fazem associações mutualísticas com fungos micorrízicos que na maioria são arbusculares e que minimizam os estresses hídrico e nutricional e garantem acesso, principalmente, aos nutrientes de baixa mobilidade como o fósforo (SIQUEIRA et al., 2002). Dessa maneira, esses fungos micorrízicos apresentam um benefício significativo sobre a ecofisiologia de muitas espécies vegetais do semi-árido brasileiro, especialmente em áreas que sofreram interferências antropogênicas (BRESSAN et al., 2001; TÓTOLA; BORGES, 2002).

Este trabalho teve como objetivo avaliar os possíveis efeitos do estresse salino sobre a taxa de transpiração, condutância estomática, teores de N, P, K, S, Ca, Mg, Na e Cl, assim como, a produção da massa de matéria seca da parte aérea (caule + folhas) e radicular em *Spondias tuberosa* Arruda, Câmara (Anacardiaceae) colonizadas com fungos micorrízicos arbusculares.

MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de *Spondias tuberosa* Arruda, Câmara (Anacardiaceae) cedidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-árido - CPATSA, Petrolina - PE foram semeadas em viveiro com tela de sombreamento com passagem de 70% de luminosidade, em solo da região de Senhor do Bonfim - Bahia, autoclavado por 20 minutos a uma temperatura de 121°C, para impedir a colonização micorrízica, e em solo não autoclavado, garantindo assim a colonização nativa.

As sementes foram submetidas a tratamento manual para a quebra de dormência segundo metodologia descrita por NASCIMENTO et al. (2000). A germinação ocorreu 15 dias após o plantio e, no 30º dia de cultivo, as plantas foram transplantadas para recipientes plásticos com capacidade para 2L de solução nutritiva de (HOAGLAND & ARNON, 1957), acrescentando-se as doses de NaCl: 0, 100, e 150 mM, mantendo-se o pH da solução em 5,5 e uma planta por recipiente sustentada por esponjas adaptadas a um orifício na tampa de cada vaso. O sistema hidropônico foi arejado continuamente com mangueiras de silicone de 3 mm de diâmetro conectadas a bombas de aquário e a solução nutritiva foi renovada quinze dias após o transplante. O nível da solução nutritiva foi monitorado diariamente a fim de manter o sistema radicular das plantas submerso durante todo o tempo experimental que seria finalizado ao primeiro sintoma de toxicidade ao Na⁺.

Durante o tratamento salino, a taxa de transpiração ($\mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$) e condutância estomática (cm s^{-1}) assim como os elementos microclimáticos: umidade relativa do ar, temperatura do ar e radiação fotossinteticamente ativa foram registrados mediante a utilização do porômetro de equilíbrio dinâmico LICOR, modelo LI-1600. As

determinações foram feitas na face abaxial da folha, utilizando-se sempre a quarta folha completamente estendidas do ramo caulinar às 09:00 h, 11:00 h e 13:00 h.

Ao primeiro sintoma de toxicidade ao Na⁺, aos trinta dias após o transplante, o material vegetal foi coletado e separaram-se raiz e parte aérea (caule + folha) para determinação da produção de fitomassa de matéria seca(g), que foi posteriormente encaminhada ao Centro Nacional de Pesquisa em Mandioca e Fruticultura - CNPMF para as análises químicas e determinação dos teores de N, P, K, S, Ca, Mg, Na e Cl (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

O delineamento estatístico foi baseado no modelo fatorial de 2 x 3 (presença e ausência de fungos micorrízicos arbusculares e 3 níveis de NaCl), com 4 plantas por repetição do tratamento. Os dados obtidos foram submetidos à análise variância pelo teste F, e as médias das variáveis estudadas foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O efeito das doses de NaCl sobre a taxa de transpiração e condutância estomática foi avaliado através da análise de regressão mediante a utilização do programa de estatística Sigmasat, Statistical Software para Windows, versão 2 da Jandel Corporation (1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros sinais de estresse foram observados no terceiro e quinto dias experimentais para doses 100 e 150 mM de NaCl, respectivamente. Os sintomas toxicidade ao Na⁺ nas folhas da base caracterizaram-se pelo surgimento de amarelecimento seguido de murcha, sendo mais expressivo nas plantas não micorrizadas. Observações similares foram encontradas em experimentos com *Citrus sinensis* (BANULS; PRIMO-MILLO, 1995), *Rosa chinensis* e *Rosa rubiginosa* (WAHOME; JESCH; GRITNER, 2000) e em *Myracrodruon urundeuva* (SILVA et al., 2000).

A transpiração foi reduzida nas plantas micorrizadas e não micorrizadas pelo aumento na salinidade (Figura 1A), quando comparadas aos grupos controles, sendo mais expressiva no horário de 13 horas. Isto sugere que houve redução do fluxo de água da planta no sistema, devido provavelmente à concentração de sais na zona radicular, diminuindo o metabolismo vegetal. Resultados similares de declínio da taxa transpiratória pelo acréscimo de NaCl também foram encontrados em porta-enxerto de *Vitis vinifera* (VIANA et al., 2001), em *Cucumis melo* (SOARES et al., 2002), em *Psidium guayava* (TÁVORA et al., 2001), corroborando com os resultados deste trabalho.

Pela transpiração, a planta perde água para o ambiente, na forma de vapor. Esse processo é controlado pela condutância estomática e dominante nas relações hídricas em virtude do grande volume de água ser requisitado para o controle de vários processos fisiológicos no vegetal. A eficiência do uso de água afeta

de forma contundente a produtividade das plantas, uma vez que permite a fixação de gás carbônico, cujos átomos de carbono e oxigênio são direcionados para a produção da fitomassa vegetal, através da atividade fotossintética (KRAMER; BOYER, 1995).

A condutância estomática decresceu com o aumento da salinidade e com o tempo de estresse (Figura 1B) para os dois grupos de plantas. Para o nível de salinidade mais elevado (150 mM de NaCl), a queda na condutância foi mais acentuada nos indivíduos micorrizados e não micorrizados aos nove dias de estresse em relação aos controles, no horário de 13 horas. Para a salinidade de 100 mM a redução foi similar nos indivíduos não micorrizados e para a mesma dose, o melhor resultado foi observado às 9:00 h. É possível que esses dados tenham sido influenciados pela variação da radiação solar incidida no plano da folha.

A elevada concentração de íons no solo, principalmente Na⁺ e Cl⁻, pode causar a disrupção na homeostase no potencial de água e desbalanço iônico na interface solo-planta e promover toxicidade no vegetal, afetando o seu crescimento e a produção de biomassa (SULTANA et al., 1999; HASEGAWA et al., 2000; ASCH et al., 2000), em consequência da redução da absorção de nutrientes minerais, como o potássio, cálcio e manganês (KRAMER; NOWAK, 1992; KHAN et al., 1997; LUTTS et al., 1999).

Os resultados do presente trabalho encontram-se de acordo com os obtidos em *Sultana grapevines* (PRIOR et al., 1992), em *Psidium guayava* (TÁVORA et al., 2001) e porta enxerto de *Vitis vinifera* (VIANA et al., 2001) e sugerem que o estresse salino induziu o déficit hídrico no ambiente de crescimento e atuou de forma a reduzir o potencial osmótico da solução nutritiva e, conseqüentemente, limitou a absorção de água pelas plantas (PUGNAIRE et al., 1993).

A análise de regressão efetuada, relacionando as taxa de transpiração, condutância estomática às doses de NaCl permitiu obter coeficientes de determinação acima de 0,90 e as equações polinomiais explicaram melhor as variações observadas (Figura 1 A e B).

Na avaliação da produção de massa da matéria seca foliar registrou-se uma redução acentuada nos indivíduos não micorrizados e esse fato provavelmente podem estar associado com a queda da condutância estomática, que de maneira indireta, reduz a taxa fotossintética (Figura 2) além da influência da salinidade do meio sobre a nutrição mineral das plantas (Tabela1). Contudo, a variação da fitomassa da matéria seca radicular não foi estatisticamente diferente entre os indivíduos micorrizados e não micorrizados (ANOVA, P < 0,001; Tukey, p<0,005) (Figura 2).

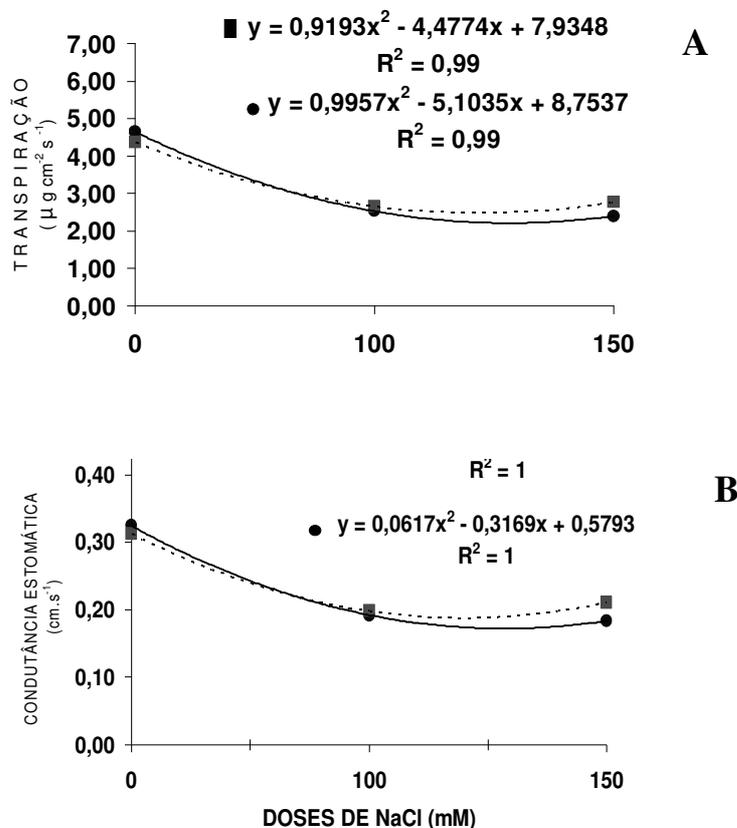


Figura 1. Curvas de regressão polinomial entre transpiração (μg cm⁻² s⁻¹), condutância estomática (cm s⁻¹) e doses de NaCl: 0,100 e 150 mM em plantas de *Spondias tuberosa*, Arruda (Câmara) colonizadas com fungo micorrízico arbuscular [■] e não colonizadas [●].

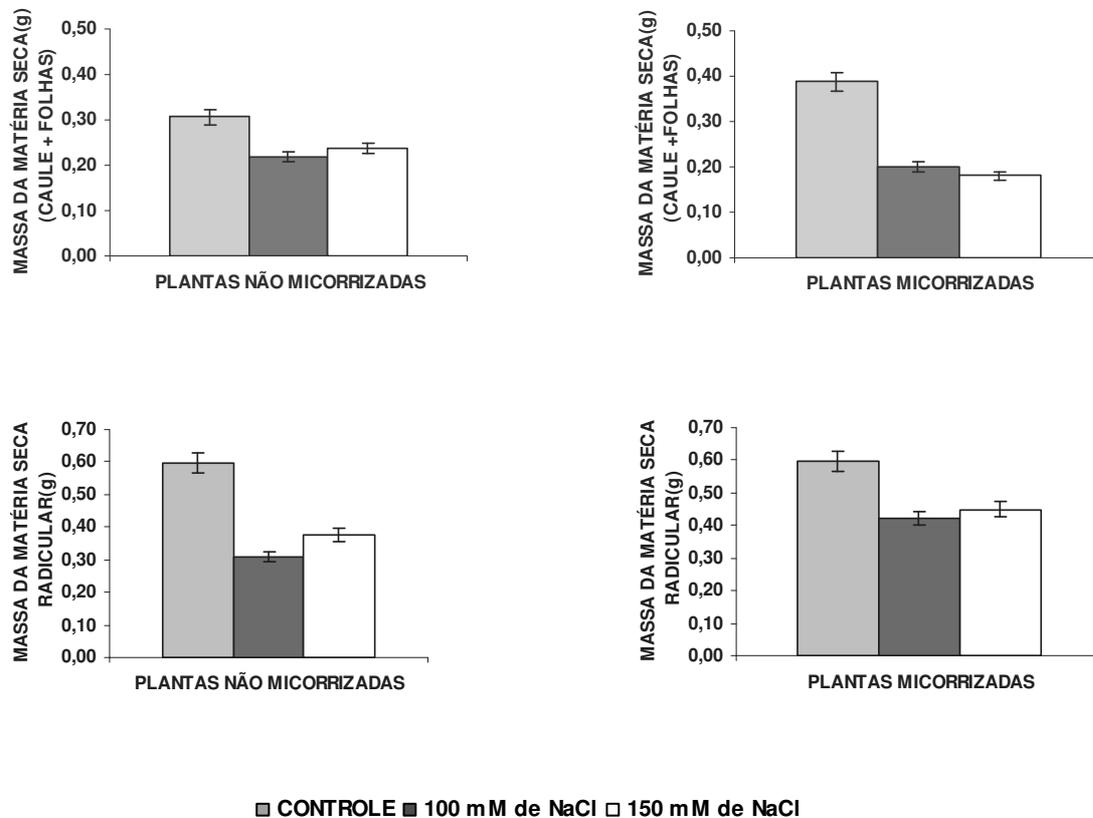


Figura 2. Produção de massa da matéria seca (g) radicular e parte aérea (caule+folha) em plantas de *Spondias tuberosa*, Arruda (Câmara) colonizadas com fungos micorrízicos arbusculares e não colonizadas submetidas à solução hidropônica com as seguintes doses de NaCl: 0,100 e 150 mM. ANOVA, $P < 0,001$; Tukey, $p < 0,005$.

Os efeitos nutricionais dependem da disponibilidade relativa dos elementos no meio de crescimento e da exigência da planta a eles, sendo mais acentuados em condições de deficiência, especialmente de fósforo. Embora os efeitos da colonização micorrízica arbuscular sejam mais consistentes para os nutrientes de baixa mobilidade, como o fósforo, ela pode também interferir direta ou indiretamente na absorção de outros elementos, favorecendo a dinâmica de absorção e translocação dos íons essenciais ao crescimento e desenvolvimento do vegetal (SIQUEIRA et al., 2002).

Com relação aos teores de nutrientes nas plantas em estudo, a salinidade diminuiu o potencial osmótico dificultando a absorção de água e reduzindo conseqüentemente, a absorção dos mesmos (Tabela 1). Na raiz, observou-se que a dose de 150 mM de NaCl induziu significativas reduções nas quantidades de Ca, K e Mg para os indivíduos micorrizados e não micorrizados em comparação ao controle e foram mais expressivo para o potássio.

Nesta experimentação, foram marcantes as relações entre a salinidade e os teores de N e K principalmente nas

plantas não colonizadas com fungos micorrízicos arbusculares. O aumento das doses de NaCl provocou uma redução substancial nas quantidades alocadas de Ca, Mg e N. No tecido foliar, provavelmente o que ocasionou o decréscimo na produção de massa seca foliar. Para o Ca, estas reduções podem ser explicadas devido ao excesso de sódio que inibe o seu movimento da solução externa até o xilema das raízes, e essa redução na sua alocação está também relacionada provavelmente com a integridade e estabilidade da membrana (LARCHER, 2000).

A deficiência de magnésio pode ser induzida em plantas estressadas por NaCl. Essa redução compromete o crescimento vegetal devido à queda na fotossíntese e o declínio na eficiência do uso da água na planta (TAIZ; ZEIGER, 2004). Observou-se uma maior translocação de potássio da raiz para as folhas no tratamento de 150 mM na solução hidropônica, sugerindo uma tentativa de ajustamento osmótico das plantas em estudo, uma vez que este elemento regula a abertura e fechamento dos estômatos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Tabela 1. Teores de nutrientes nas folhas e raiz em plantas de *Spondias tuberosa*, Arruda (Câmara) micorrizadas (M) e não micorrizadas (NM) cultivadas em sistema hidropônico submetidos às doses crescentes de NaCl. (Sódio/Na, Cloro/Cl, Fósforo/P, Cálcio/Ca, Magnésio/Mg, Potássio/K e Nitrogênio/N; mg /kg).

Nutrientes Tratamentos NaCl			Na	Cl	P	Ca	Mg	K	N
			mg/kg						
M	0	F	3,0a	0,5b	1,70b	12,9b	2,5b	1,2a	24,9b
	100	F	5,0b	0,75b	1,49b	8,5a	1,4a	2,2b	23,0b
	150	F	5,0b	1,05a	1,63b	7,0a	1,2a	3,0b	19,6a
M	0	R	8,0b	0,5b	1,67b	7,3b	1,2b	3,4b	11,8b
	100	R	8,0b	0,5b	2,21a	7,1b	1,2b	2,2b	12,6b
	150	R	8,0b	0,5b	1,95b	5,38a	0,9a	0,4a	17,1a
NM	0	F	5,0b	0,5a	2,0b	9,1b	1,2b	0,4a	28,6b
	100	F	5,0b	0,75b	1,51a	7,6b	1,0b	1,0a	22,7b
	150	F	8,0a	1,25b	1,56a	8,5b	0,8a	4,0b	19,9b
NM	0	R	6,0b	0,5a	1,53b	7,3b	1,4b	11,8b	10,9b
	100	R	9,0a	0,75a	1,56b	7,1b	1,3b	9,4b	10,4b
	150	R	11,0a	1,25b	1,97b	6,3a	1,2b	8,2a	8,7a

Houve diferenças significativas nos tratamentos M e NM e nas aplicações das doses de NaCl (0, 100 e 150mM) entre F e R, Tukey, $p < 0,05$. As médias representadas por letras minúsculas iguais não apresentam diferenças significativas nas colunas. Tratamentos: M= plantas micorrizadas; NM= plantas não micorrizadas; F= Teores de nutrientes na folha; R= Teores de nutrientes na raiz.

CONCLUSÕES

Verificou-se que a colonização de fungos micorrízicos arbusculares torna *Spondias tuberosa* eficiente na superação do estresse ao NaCl por aumentar a absorção de íons de baixa mobilização como o fósforo e favorecer da absorção de nitrogênio e potássio.

A toxicidade ao Na^+ promoveu a diminuição dos teores de Cálcio, Potássio, Magnésio e Nitrogênio assim como reduziu a taxa de transpiração, condutância estomática e a produção de fitomassa da matéria seca radicular e aérea (folhas + caules) em *Spondias tuberosa*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASCH, F.; DINGKUHN, M.; DORFFING, K. Salinity increases CO₂ assimilation but reduces growth in field grown irrigated rice. **Plant Soil**, v. 218, p.1-10, 2000.

BANULS, J.; PRIMO - MILLO, E. Effect of salinity on some citrus scion-rootstock combinations. **Annual Botany**, v.76, p.97-102, 1995.

BRESSAN, W. et al. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.36, n.2, p.315-323, 2000.

CAVALCANTI, N. DE B.; RESENDE, G.M.; BRITO L. T. DE L. **Extratativismo vegetal como falta de absorção de mão-de-obra e geração de renda: o caso do**

umbuzeiro (Spondias tuberosa, Arruda Câmara). Petrolina, EMBRAPA. 2000.

CRAMER, G. R.; NOWAK, R. S. Supplemental manganese improves the relative growth, net assimilation and photosynthetic rates of salt-stressed barley. **Plant Physiology**, v.84, p. 600-605, 1992.

HASEGAWA, P. et al. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review Plant Molecular Biology**, v.51, p.463-499, 2000.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D.I., The water culture method for growing plants without soil. **California. Agricultural Experimental**, Sta. Cirs, p.347, 1957.

KHAN, M. S. A. et al. Effect of sodium chloride on growth, photosynthesis and mineral ions accumulation of different types of rices (*Oryza sativa* L.). **Journal Agronomy Crop Science**, v.179, p.149-161, 1997.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. London: Oval Road Academic, p. 495, 1995.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Trad. Carlos Henrique B. A. Prado. São Carlos: RIMA p.531,2000.

LUTTS, S.; BOUHARMONT, J.; KINET, J. M.. Physiological characterizations of salt-resistant rice

(*Oryza sativa* L.) somaclone. **Australian Journal Botanic**, v. 47, p.835 -849,1999.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A.. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. Piracicaba: **Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do Fosfato**, 2ª ed., p.319,1997.

NASCIMENTO, C. E. S.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R.. Produção de mudas enxertadas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda, Câmara.). Petrolina, EMBRAPA- Semi-Árido, **Circular Técnico**, v. 49, p.13, 2000.

PRIOR, L.D.; GREIVE, A. M.; CULLIS, B. R. Sodium chlorine and soil texture interactions in: irrigated field growth sultana grapevines. Plant mineral content, growth and physiology. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.43, p.1051-1066, 1992.

PUGNAIRE, F. I.; ENDOLZ, 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

SILVA, F. A. DE M. et al. Efeito do estresse salino sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) cultivadas em solução nutritiva. **Cerne**, v. 6, n.1, p.52-59. 2000.

SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS, M.R.; STÜRMER, S. L.. Fungos micorrízicos arbusculares. **Biociência e Desenvolvimento**, n.25, março/abril. 2002.

SOARES, F. A. L. et al. Water salinity and initial development of yellow passion fruit. **Scientia Agricola** (Piracicaba, Brasil), v.59, n.3, 2002.

SULTANA, N.; IKEDA, T.; ITOH, R. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains, **Environmental and Experimental Botany**, v. 42, p. 211-220, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Tradução Elaine R. Santarém [et al.]. 3ª Ed. Porto Alegre: Artmed, p.719,2004.

TÁVORA, F. J. A. F.; FERREIRA, R. G.; HERNANDEZ, F. F. F. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.23, n.2, p. 441-446. 2001.

TÓTOLA, M. R.; BORGES, A. C. Growth and nutritional status of Brazilian wood species *Cedrella fissilis* and *Anadenanthera perigrina* in bauxitespoll in response to arbuscular mycorrhizal inoculation and substrate amendment. **Brazilian Journal of Microbiology**. Viçosa, v.31, n.4, p.15. 2002.

VIANA, A. P. et al. Características fisiológicas de porta - enxertos de videira em solução salina. **Scientia Agricola**, v 87, p.207-216, 2001.

WAHOME, P. K.; JESCH, H. H.; GRITNER, I. Mechanisms of salt stress tolerance in two rose rootstocks: *Rosa chinensis* 'Major' and *R. rubiginosa*, **Plant Science**, v.6,n.2,2000.