

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997

v.6, n.1, p.37-45, jan.-mar., 2011

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

Protocolo 807 - 01/02/2010 *Aprovado em 07/12/2010

DOI:10.5039/agraria.v6i1a807

Francisco de A. de Oliveira¹

Marcos de S. Campos²

Francisco R. A. de Oliveira^{2,3}

Mychelle K. T. de Oliveira²

José F. de Medeiros^{2,4}

Talyana K. de Melo²

Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade

RESUMO

O estresse hídrico e salino são os principais estresses abióticos que limitam a produtividade das culturas em todo o mundo. A redução na disponibilidade de água de boa qualidade para irrigação está forçando os produtores a usarem água salina. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da irrigação com água salina no desenvolvimento e nutrição mineral da berinjela. O experimento foi instalado em casa de vegetação, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido – RN. O delineamento foi o inteiramente casualizado, com cinco níveis de salinidade da água de irrigação (0,5; 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 dS m⁻¹) e quatro repetições, sendo a unidade experimental representada por um vaso com capacidade para 12 m⁻³ de solo, contendo uma planta. Como substrato, foi utilizada uma amostra superficial de um Argissolo. Os níveis salinos foram obtidos pela dissolução de NaCl em água proveniente do sistema de abastecimento do Campus da UFRSA. Aos 70 dias após a semeadura, as plantas foram coletadas e avaliadas quanto aos seguintes parâmetros biométricos de desenvolvimento: altura, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, massa seca das folhas, massa seca da parte aérea, área foliar específica, razão de área foliar. Foram, também, determinados os teores de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar. Todos os parâmetros avaliados foram afetados pela salinidade, sendo o efeito mais expressivo para número de folhas, área foliar e massa seca da parte aérea. A salinidade provocou redução dos teores foliares de N e K.

Palavras-chave: Estresse salino, qualidade da água, *Solanum melongena* L.

Nitrogen, phosphorus and potassium development and concentration in leaf tissues of eggplant in function of salinity

ABSTRACT

Water and salt stress are the major abiotic stresses limiting crop productivity worldwide. The reduction of quality water supplies for irrigation purposes is forcing farmers to use saline waters. The objective of this research was to evaluate the effect of irrigation with saline water on eggplant development and mineral nutrition. The experiment was carried out in greenhouse, at the Federal Rural University of the Semi-arid, Mossoró municipality, Rio Grande do Norte, Brazil. The experimental design was completely randomized, with five irrigation water salinity levels (0.5; 1.5; 2.5; 3.5 e 4.5 dS m⁻¹) and four replications. The experimental unit was a 12 m⁻³ pot containing one plant. A superficial sample of an Ultisol. The saline levels were obtained by dissolving NaCl in water from UFRSA Campus supply system. 70 days after the sowing, the plants were collected and the following growth parameters were evaluated: height, stem diameter, leaf number, leaf area, leaves dry matter, shoot dry matter, specific leaf area, and leaf area ratio. Nitrogen, phosphorus and potassium content were also determined in the leaf tissue. All evaluated parameters were influenced by salinity, but the most expressive results were observed for the leaf number, leaf area, and shoot dry matter. Salinity promoted reduction in N and K leaf contents.

Key words: Saline stress, water quality, *Solanum melongena* L.

¹ Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Av. Pádua Dias, 11, CEP 13418-900, Piracicaba-SP, Brasil. Caixa Postal 9. Fone: (19) 3447-8545. Fax: (19) 3447-8571. E-mail: thikaoamigao@bol.com.br

² Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Departamento de Ciências Ambientais, Km 47 da BR 110, Presidente Costa e Silva, CEP 59625-900, Mossoró-RN, Brasil. Caixa Postal 137. Fone: (84) 3315-1799. Fax: (84) 3315-1778. E-mail: marcosufersa@hotmail.com;

ronaldoindep@yahoo.com.br; mkto10@hotmail.com; jfmedeir@ufersa.edu.br; talyanakadja@hotmail.com

³ Bolsista de Iniciação Científica do CNPq

⁴ Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

INTRODUÇÃO

A berinjela (*Solanum melongena* L.) pertence à família das solanáceas; a mesma família de outras hortaliças de grande importância socioeconômica, como tomate, pimentão, batata inglesa, jiló, entre outras. O fruto da berinjela é uma boa fonte de vitaminas e sais minerais (Gonçalves et al., 2006), sendo atribuídas a ele propriedades medicinais, como a capacidade de diminuir o colesterol (Antonini et al., 2002). Por isto, seu consumo tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, tornando-a uma cultura alternativa para os produtores de hortaliças.

Atualmente, a berinjela é cultivada em aproximadamente 1.500 ha no Brasil. A região Sudeste é a principal produtora, com destaque para os estados de São Paulo (60,74%), Minas Gerais (14,32%) e Rio de Janeiro (12,43%), de acordo Ribeiro (2007), sendo inexpressiva a produção desta hortaliça na região Nordeste.

Para que as plantas atinjam seu máximo potencial produtivo, é necessária a interação positiva de fatores genéticos e condições ambientais satisfatórias, com destaque para a disponibilidade nutricional e hídrica. Quando a oferta de água às plantas é adequada, a produção é favorecida pela maior disponibilidade de nutrientes na solução do solo (Malavolta, 2006). Entretanto, além da quantidade de água, outros fatores são importantes na irrigação, como a qualidade da água utilizada, particularmente em relação à concentração de sais solúveis.

O uso de água com elevada salinidade, aliado ao manejo inadequado da água e do solo, pode acarretar problemas de salinização, resultando na degradação das terras. Estima-se que cerca de 230 milhões de hectares das áreas irrigadas no mundo estão salinizados (FAO, 2005).

O aumento da área irrigada e a diminuição da disponibilidade de água de boa qualidade têm incrementado a utilização de águas marginais, com diferentes níveis de salinidade. Assim, o grande desafio dos pesquisadores é a criação de tecnologias que possibilitem o desenvolvimento de uma agricultura irrigada, com o uso de águas salinas, com menor impacto ambiental e máximo retorno econômico.

De forma geral, as plantas cultivadas em ambientes salinos apresentam desenvolvimento e produção reduzidos. Parte desse comportamento das plantas, em resposta à salinidade, pode ser atribuída ao estresse osmótico que reduz a absorção de água, e, conseqüentemente, promove o desbalanceamento nutricional devido à elevada concentração iônica e a toxicidade de alguns íons, particularmente o cloreto e o sódio. (Munns, 2005).

A berinjela é uma cultura exigente em disponibilidade nutricional e hídrica, requerendo água de boa qualidade, sendo classificada com uma cultura moderadamente sensível à salinidade do solo (Ayers & Westcot, 1999). No entanto, a tolerância das plantas à salinidade varia significativamente de acordo com as condições ambientais de cultivo, práticas de manejo cultural, espécies vegetais e até mesmo dentro de uma mesma espécie (Parida & Das, 2005).

Apesar do crescente interesse dos consumidores por produtos vegetais e fitoterápicos, ainda são poucos os

produtores na região que investem na produção da berinjela, sendo que grande parte desse desinteresse se deve à carência de informações sobre manejo cultural, principalmente quanto ao uso da irrigação utilizando águas salinas.

São poucos os estudos desenvolvidos enfocando a resposta da berinjela ao estresse salino, principalmente nas condições do semiárido nordestino. Souza et al. (2005) e Bosco et al. (2009a, 2009b) verificaram que a salinidade afeta o desenvolvimento e a nutrição mineral das plantas, no entanto, esses autores trabalharam utilizando sistemas de cultivos hidropônicos, nos quais as plantas apresentam maior tolerância à salinidade.

Diante do exposto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da salinidade no desenvolvimento de plantas e no teor de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela cultivada em ambiente protegido.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Ciências Vegetais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, Brasil, localizada nas coordenadas geográficas de 5° 11' de latitude sul e 37° 20' de longitude oeste, com altitude média de 18 m. A casa de vegetação tem as paredes laterais e frontais confeccionadas com malha negra, com 50% de sombreamento. A cobertura é em arco tipo túnel, medindo 7,0 m de largura e 18,0 m de comprimento, com manta de polietileno de baixa densidade, transparente, com 0,15 mm de espessura.

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo a unidade experimental representada por um vaso com capacidade para 12 dm³ de substrato, contendo uma planta. Os tratamentos foram constituídos por cinco níveis de salinidade na água de irrigação (0,50; 1,50; 2,50; 3,50 e 4,50 dS m⁻¹).

A escolha dos níveis de salinidade teve como base as condutividades elétricas apresentadas pelas águas disponíveis na região onde foi feito o experimento (Medeiros et al., 2003).

As diferentes soluções salinas foram obtidas pela dissolução de NaCl em água proveniente do sistema de abastecimento do campus da UFERSA, extraída de poço profundo, cuja análise físico-química apresentou as seguintes características: CEes = 0,50 dS m⁻¹, pH = 8,30; Ca²⁺ = 2,10; Mg²⁺ = 1,10; K⁺ = 0,30; Na⁺ = 2,30; Cl⁻ = 1,80; HCO₃⁻ = 3,00 e CO₃ = 0,20 (cmol_c dm⁻³). Para o ajuste da condutividade elétrica de cada nível salino foi utilizado um condutivímetro de bancada com ajuste automático da temperatura.

As soluções eram preparadas e armazenadas em galões de plásticos com capacidade para 20 litros. A condutividade elétrica da solução salina foi medida antes de cada irrigação, admitindo-se variação de ± 0,1 dS m⁻¹, fazendo-se a correção no caso de variação para mais ou para menos.

O substrato utilizado foi coletado na camada de 0-20 de um Argissolo, no campus da UFERSA. O material do solo foi peneirado em malha de 4 mm, e foi retirada uma amostra para fins de análises químicas, que apresentou as seguintes

características: $CE=0,70 \text{ dS m}^{-1}$, $pH=6,90$; $Ca^{2+}=4,10$; $Mg^{2+}=2,00$; $K^{+}=0,27$; $Na^{+}=0,11$; $Al=0,00 \text{ (mmol}_c \text{ L}^{-1})$; $P=35,61 \text{ (mg dm}^{-3})$.

As plantas foram adubadas em fundação, segundo a recomendação de Malavolta (1980), nas seguintes quantidades: N - 300; P - 200; K - 150; Ca - 75 mg kg^{-1} . Como fonte de nitrogênio foram utilizados os fertilizantes nitrato de cálcio e sulfato de amônio, mantendo-se a mesma relação N-NO₃:N-NH₄⁺. Os demais fertilizantes aplicados foram superfosfato simples, cloreto de potássio, e cloreto de cálcio, de forma a se obter o devido balanço dos nutrientes em todos os tratamentos. Como fonte de micronutrientes foi utilizada uma mistura comercial Quelatec® (mistura sólida de quelatos de EDTA, contendo 0,28% Cu, 7,5% Fe, 3,5% Mn, 0,7% Zn, 0,65% B e 0,3% Mo), aplicando-se via água de irrigação, na concentração de 6 g do produto comercial para 100 litros de água.

O plantio foi realizado com semeadura direta, utilizando sementes da variedade 'Preta comprida', semeando-se quatro sementes em cada vaso. Quando as plantas apresentaram quatro folhas definitivas foi realizado o desbaste, deixando em cada vaso a planta mais vigorosa.

A irrigação foi realizada manualmente utilizando uma proveta graduada (500 mL), sendo a irrigação realizada com frequência de uma vez ao dia no período até os 20 dias após a semeadura. A partir dos 20 dias até o final do experimento as irrigações foram realizadas duas vezes ao dia, uma pela manhã e outra no final da tarde.

Em cada irrigação, foi aplicado um volume de água suficiente para elevar a umidade do solo até a capacidade de campo, repondo assim a água consumida pelas plantas, sendo esse volume determinado por meio de pesagens diárias.

Aos 70 dias após a semeadura, as plantas foram coletadas e analisadas quanto aos parâmetros biométricos de desenvolvimento. As características avaliadas foram: altura (ALT), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca das folhas (MSF), massa seca da parte aérea (MSPA), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF) e teores de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar.

Para o número de folhas foram contabilizadas apenas as folhas verdes; a área foliar foi determinada utilizando um integrador de área, marca LI-COR, modelo LI-3100. O material

fresco foi acondicionado em sacos de papel e posto para secar em estufa com circulação de ar forçada, à temperatura de 65°C até atingir massa constante, sendo determinado em balança de precisão (0,01 g). A AFE foi obtida pela relação entre a área foliar e a massa seca das folhas; a RAF foi obtida pela razão entre a área foliar e a massa seca da parte aérea.

A análise nutricional das plantas foi realizada utilizando todas as folhas das plantas, para a determinação da concentração de nitrogênio, fósforo e potássio (Bosco et al, 2009b). Para tais análises, foram digeridas 0,40 g da matéria seca utilizando-se ácido sulfúrico, peróxido de hidrogênio, sulfatos de sódio e de cobre e selênio (Tedesco et al., 1995). No extrato digerido, as determinações foram feitas seguindo-se as metodologias descritas por Miyazawa et al. (1999): destilação com arrasto de vapores para o nitrogênio; espectrofotometria com azul-de-molibdato para o fósforo; e fotometria de emissão de chama para o potássio.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (pelo teste F a 5% de probabilidade) e de regressão, por meio do Software SISVAR (Sistema para Análises Estatísticas) desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram verificadas diferenças significativas para altura (ALT), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca do caule (MSC), massa seca das folhas, e massa seca da parte aérea (MSPA), a 1% de significância, enquanto, para diâmetro do caule (DC) e área foliar específica (AFE), verificou-se efeito significativo a 5% de probabilidade, não sendo observada resposta significativa para razão de área foliar (RAF) (Tabela 1). Na literatura são encontrados estudos que demonstram o efeito da salinidade sobre o desenvolvimento de diversas culturas de interesse agrônomo, sendo a tolerância dessas culturas variada de acordo com as condições ambientais de cultivo e genótipos utilizados (Souza et al., 2007; Oliveira et al., 2009), entre outros.

A altura das plantas (ALT) foi afetada pela salinidade, sendo ajustada uma equação de regressão linear decrescente, com redução de 7,4 cm na ALT das plantas para cada incremento de uma unidade na condutividade elétrica da água de irrigação. A redução total foi de 38,5% no nível mais salino

Tabela 1. Valores dos quadrados médios e significância estatística para as variáveis altura (ALT), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das folhas (MSF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar de plantas de berinjela submetidas à irrigação com água de diferentes níveis de salinidade

Table 1. Mean square values and statistical significance for the variables height (ALT), stem diameter (DC), leaf number (NF) leaf area (AF) shoot dry matter (MSPA), leaf dry matter (MSF), specific leaf area (AFE) and leaf area ratio (RAF) in eggplants submitted to irrigation with water with different salinity levels

Fonte de variação	GL	Quadrados médios							
		ALT	DC	NF	AF	MSPA	MSF	AFE	RAF
Salinidade	4	579,80**	0,025*	361,63**	2069736,80**	165,55**	53,61**	3206,80*	1025,1 ^{ns}
Resíduo	15	7,53	0,006	11,15	61255,1	6,61	2,39	927,8	455,39
CV (%)		14,5	12,3	15,3	14,7	16,6	14,9	19,7	20,6

(*) (**) Significativos a 0,05 e a 0,01 de probabilidade respectivamente; (ns) não significativo

(4,5 dS m⁻¹), em comparação com as plantas irrigadas com a água sem adição de sais (0,5 dS m⁻¹), evidenciando assim o efeito deletério da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas (Figura 1A).

Para o diâmetro do caule foi observada redução linear em função do aumento da salinidade na água de irrigação, semelhante à resposta obtida para altura. No entanto, o efeito foi menos danoso, com uma redução de cerca de 4,9 mm para cada unidade de condutividade elétrica da água, e uma redução no maior nível salino de 25,7% (Figura 1B).

O efeito da salinidade sobre o crescimento das plantas deve-se ao aumento da pressão osmótica do meio de cultivo, que atua negativamente sobre os processos fisiológicos das plantas, reduzindo a absorção de água pelas raízes, inibindo assim a atividade meristemática e o alongamento celular (Ayers & Westcot, 1999). Carvalho et al. (2004) verificaram significativa redução em plantas de berinjela submetidas a estresse hídrico, o que provavelmente ocorreu neste trabalho, em decorrência do aumento da salinidade do solo.

O número de folhas (NF) e a área foliar (AF) foram afetados significativamente pelo aumento da salinidade da água de irrigação. Para NF foi observada resposta decrescente em função da salinidade, sendo ajustada uma equação linear, com uma redução de 5,9 folhas para cada incremento de uma

unidade da condutividade elétrica na água de irrigação. A redução total foi de 67,3% nas plantas irrigadas com água de maior salinidade (Figura 2A).

Com relação à área foliar, foi observada resposta significativa e positiva entre os dois primeiros níveis salinos (0,5 e 1,5 dS m⁻¹), ajustando-se assim a uma equação de regressão quadrática, com a máxima área foliar estimada de 2178,9 cm² planta⁻¹ para a salinidade de 1,2 dS m⁻¹. A menor área foliar foi verificada na maior salinidade (845,5 cm² planta⁻¹), com redução de cerca de 56,5% em comparação com a menor salinidade (Figura 2B). Sabe-se que a salinidade do solo reduz o potencial osmótico, refletindo na diminuição da absorção de água pelas plantas, comprometendo os processos fisiológicos. Assim, as plantas podem apresentar modificações morfofisiológicas a fim de aumentar sua tolerância à salinidade, com destaque para a redução na emissão e no alongamento das folhas, diminuindo a superfície (Tester & Davenport, 2003).

Resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho foram encontrados por Souza et al. (2005) que, trabalhando com a cultura da berinjela, híbrido “Napolitana” cultivada em substrato, encontraram o maior valor de área foliar com salinidade da solução nutritiva de 2,5 dS m⁻¹. Bosco et al. (2009a), trabalhando com berinjela, cv. Florida Market,

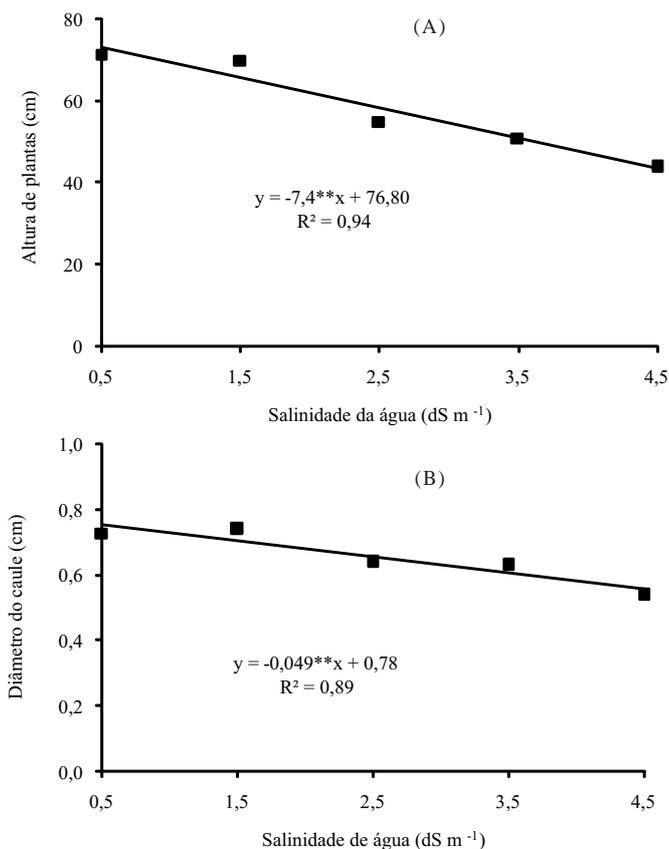


Figura 1. Altura das plantas (A) e diâmetro do caule (B) em plantas de berinjela submetidas à irrigação com água salina

Figure 1. Plant height (A) and stem diameter (B) of eggplants submitted to the irrigation with saline waters

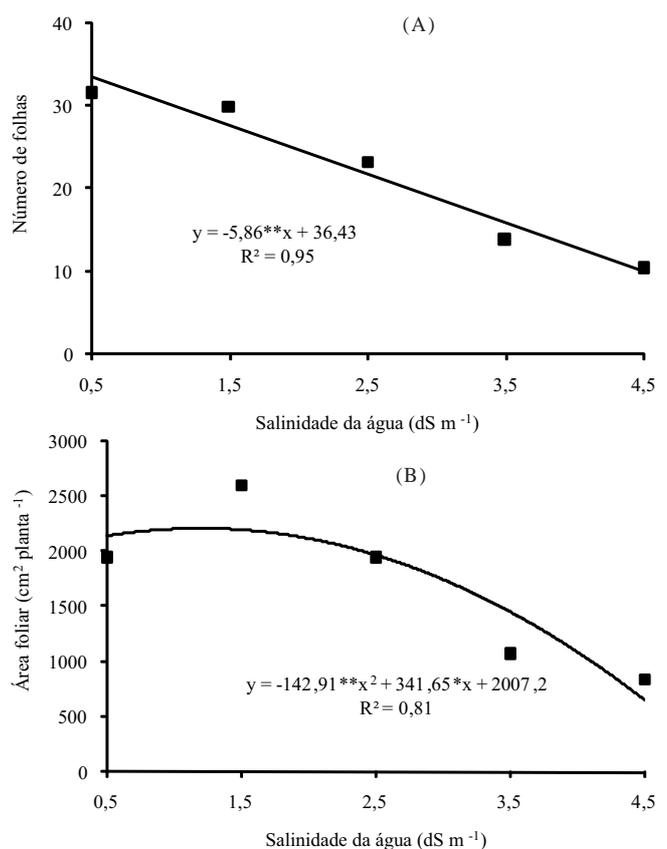


Figura 2. Número de folhas (A) e área foliar (B) em plantas de berinjela submetidas à irrigação com água salina

Figure 2. Leaf number (A) and leaf area (B) of eggplants submitted to irrigation with saline water

verificaram decréscimo linear da área foliar das plantas com salinidade acima de 4,08 dS m⁻¹. Essa variação na tolerância da cultura pode ser atribuída à variabilidade genética e/ou ao sistema de cultivo. De acordo com Soares et al. (2007), a tolerância das culturas à salinidade pode ser maior em cultivo hidropônico, em comparação com o cultivo em solo, visto que, em sistemas hidropônicos, a disponibilidade de água e nutrientes é maior, devido a pouca ou nenhuma contribuição do potencial mátrico sobre o potencial total da água, representando maior absorção de água e nutrientes.

Na literatura são encontrados vários trabalhos que demonstram o efeito deletério da salinidade sobre o desenvolvimento foliar de diferentes espécies de valores agrônomicos, como meloeiro (Porto Filho et al., 2006), maracujá-amarelo (Cruz et al., 2006), milho pipoca (Oliveira et al., 2009), entre outros.

Para massa seca das folhas (MSF) e massa seca da parte aérea (MSPA) foram observadas respostas significativas para o aumento da salinidade, sendo que, para ambos os casos, os ajustes foram obtidos por equações de regressão quadráticas (Figuras 3A e 3B). Comparando-se os valores obtidos nas plantas irrigadas com água sem adição de sais (0,5 dS m⁻¹) com aquelas cultivadas em maior salinidade, foi verificada redução total de 49,2 e 54,6%, para MSF e MSPA, respectivamente.

Esse comportamento pode ser atribuído ao efeito osmótico, à provável toxicidade pela absorção excessiva de Na⁺ e Cl⁻,

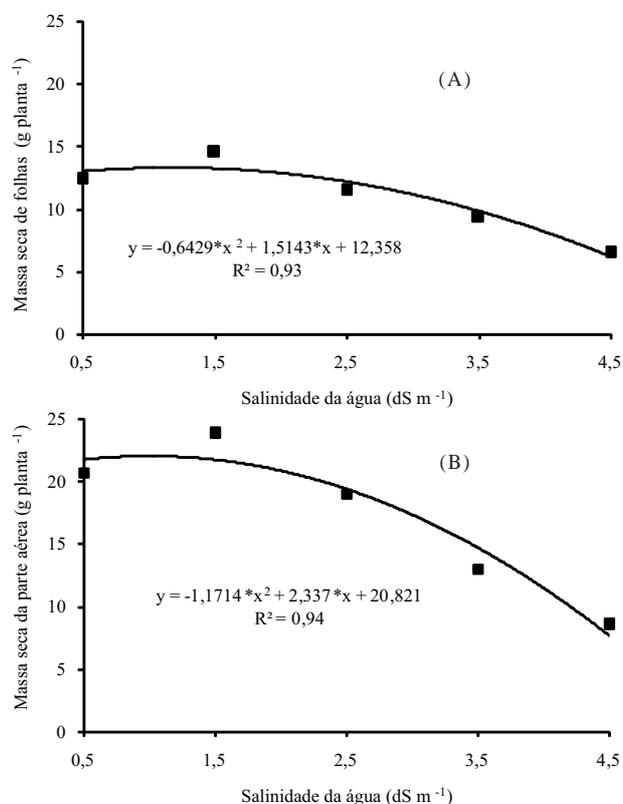


Figura 3. Massa seca das folhas (A) e massa seca da parte aérea (B) em plantas de berinjela submetidas à irrigação com água salina

Figure 3. Leaf dry matter (A) and shoot dry matter (B) in eggplants submitted to irrigation with saline waters

bem como ao desequilíbrio nutricional causado pelo desbalançamento nutricional de nutrientes essenciais aos processos metabólicos (Munns, 2005). De acordo com Wahid (2004), quando as plantas se desenvolvem submetidas a estresses ambientais, elas apresentam modificações morfológicas, como redução na massa seca das folhas e, conseqüentemente, da parte aérea. Alguns autores atribuem a redução no crescimento das plantas em condições salinas ao fechamento dos estômatos foliares, com o objetivo de reduzir a perda de água por transpiração, acarretando numa menor taxa fotossintética (Munns, 2005). Com isso, o crescimento das plantas é afetado pela disponibilidade de água no solo, pois a extensibilidade plástica e elástica dos tecidos decresce quando estes são expostos a condições limitadas de disponibilidade hídrica, reduzindo a expansão do dossel vegetativo (Neumann, 1995).

A área foliar específica (AFE) foi afetada pela salinidade da água de irrigação, apresentando efeito positivo inicialmente com o aumento da salinidade até determinado nível, decrescendo a partir deste, de forma que os dados foram ajustados a uma equação quadrática. O maior valor para AFE (175,6 cm² g⁻¹ MSF) foi estimado para a salinidade de 1,76 dS m⁻¹, superior em cerca de 7,9% em relação às plantas irrigadas com água de menor salinidade (dS m⁻¹), nas quais foi estimada AFE de 162,9 cm² g⁻¹ MSF. Os menores valores foram obtidos quando as plantas foram irrigadas com águas de maiores salinidades, de forma que na salinidade de

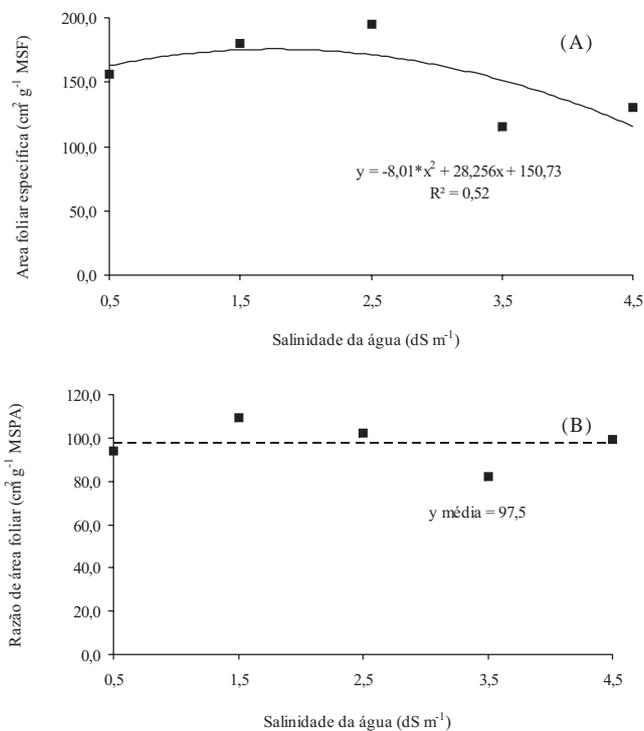


Figura 4. Área foliar específica (A) e razão de área foliar (B) em plantas de berinjela submetidas à irrigação com água salina

Figure 4. Specific leaf area (A) leaf area ratio (B) of eggplants submitted to irrigation with saline water

4,5 dS m⁻¹ foi estimada AFE de 115,7 cm² g⁻¹ MSF, correspondendo à redução de 34,1% (Figura 4A).

Verifica-se, então, que nas maiores salinidades, o efeito foi mais expressivo sobre a expansão foliar do que sobre a produção de fitomassa, aumentando a espessura da folha. Essa resposta já era esperada, visto que as taxas de elongação e divisão celular dependem diretamente do processo de extensibilidade da parede celular, de forma que a resposta imediata das plantas ao estresse salino é a redução na expansão foliar (Parida & Das, 2005). Cardoso et al. (2008), cultivando berinjela em diferentes doses de matéria orgânica e termofosfato magnesiano, encontraram a maior AFE de 231,7 cm² g⁻¹, valor esse acima dos encontrados neste trabalho. A redução da AFE deve-se ao hábito de crescimento contínuo da planta, de forma que as folhas não se expandem com a mesma proporção ao acúmulo de massa seca. O incremento da massa específica foliar pelo aumento na espessura do mesofilo pode favorecer a assimilação de carbono por unidade de área foliar (Boote & Tollenaar, 1994) e representa um mecanismo de aclimação ao estresse salino.

Para razão de área foliar (RAF) não houve resposta significativa, sendo observados valores variando de 82,4 (3,5 dS m⁻¹) a 109,6 (1,5 dS m⁻¹) cm² g⁻¹ MSPA, com média geral de 97,5 cm² g⁻¹ MSPA. Esses valores estão próximos ao valor obtido para a cultura da berinjela por Cardoso et al. (2008), que foi de 127,8 cm² g⁻¹ MSPA (Figura 4B). Porto Filho et al. (2006), trabalhando com a cultura do meloeiro, verificaram efeito da salinidade sobre a área foliar específica e para a razão de área foliar. Quando a RAF diminui, indica-se que, progressivamente, a quantidade de assimilados destinados às folhas decresce, permitindo detectar a translocação e a partição de assimilados para as folhas em relação à matéria seca de toda a planta (Brighenti et al., 1993).

Sabe-se que, sob estresse salino, as plantas apresentam significativa redução na absorção de água, devido ao estresse osmótico. Assim, as alterações nos parâmetros fisiológicos de crescimento observadas neste trabalho podem estar diretamente relacionadas com a redução na evapotranspiração. De forma geral, os parâmetros biométricos de crescimento da berinjela encontrados neste trabalho foram reduzidos significativamente para salinidade a partir de 2,5 dS m⁻¹, de forma que a cultura pode ser classificada como moderadamente sensível quanto a tolerância a salinidade, estando de acordo com Ayers & Westcot (1999).

O teor de nitrogênio no tecido foliar foi afetado pela salinidade da água de irrigação, sendo esse efeito positivo até a salinidade de 1,53 dS m⁻¹ (54,06 g kg⁻¹), decrescendo a partir desta salinidade, de forma que os dados ajustaram-se ao modelo quadrático. Na salinidade de 4,5 dS m⁻¹ ocorreu a menor concentração de N (39,28 g kg⁻¹), resultando assim em redução de 12,84% (Figura 5A). O teor de nitrogênio nas plantas é afetado pela salinidade do solo, e a absorção e o transporte do nitrato são limitados em condições de salinidade, devido ao efeito antagônico existente entre o nitrato e cloreto ou à redução na evapotranspiração.

Vários estudos sobre o efeito do nitrogênio nas plantas apontam que este nutriente atua intensivamente no desenvolvimento vegetal, resultando em aumento da área

foliar e da biomassa vegetal, explicado pelo aumento da capacidade fotossintética da planta, mantendo as folhas verdes por mais tempo com fotossíntese ativa.

Os valores obtidos neste trabalho demonstram que as plantas estavam com uma concentração de N no tecido foliar próxima da faixa considerada ideal, conforme Wichamann (2000), que sugere teores médios em torno de 49 g kg⁻¹ de MS. Bosco et al. (2009b) também verificaram redução no teor de N em resposta ao aumento da salinidade do meio de cultivo, encontrando valores variando de 36,06 a 27,23 g kg⁻¹, enquanto que Souza et al. (2005) verificaram aumento linear do teor de N no tecido foliar da berinjela com o aumento da salinidade, encontrando valores de concentração de N variando de 28,6 a 52,2 g kg⁻¹.

Avaliando o acúmulo total de nitrogênio nas folhas, foi observada resposta semelhante à encontrada para o conteúdo deste nutriente no tecido foliar, apresentando comportamento quadrático. O maior conteúdo de nitrogênio ocorreu na salinidade de 1,02 dS m⁻¹, com acúmulo estimado em 982,49 mg planta⁻¹, decrescendo a partir desta salinidade, de forma que os menores valores ocorreram nas plantas submetidas ao maior nível salino (4,5 dS m⁻¹), com acúmulo de 293,41 mg planta⁻¹, resultando assim em redução total de 69,67%, em comparação com a salinidade de 1,02 dS m⁻¹.

O teor de fósforo no tecido foliar não foi afetado significativamente pela salinidade, não sendo possível ajustar nenhum modelo de regressão, sendo observados valores variando de 3,6 a 5,6 g kg⁻¹, com média de 4,45 g kg⁻¹ (Figura 6A). Esses resultados diferem dos obtidos por Bosco et al. (2009b), que encontraram aumento linear para o teor de P no tecido foliar da berinjela em função da salinidade, no entanto, esses autores observaram uma menor concentração de P, com valores variando de 2,27 a 2,93 g kg⁻¹ de massa seca das folhas. Souza et al. (2005) encontraram valores variando de 5,5 a 6,7 g kg⁻¹, com salinidades de 1,0 e 3,5 dS m⁻¹, respectivamente. Wichamann (2000), por sua vez, propõe teores de 4,5 g kg⁻¹ para este nutriente, assim, os resultados demonstram que as plantas apresentaram adequado suprimento deste nutriente.

Considerando o acúmulo de fósforo nas folhas da berinjela (Figura 6B), verificou-se comportamento semelhante ao observado para o acúmulo de massa seca, apresentando resposta quadrática. O maior acúmulo de fósforo foi observado para a salinidade de 1,59 dS m⁻¹, com 95,85 mg planta⁻¹, decrescendo a partir desta salinidade, de forma que os menores valores foram obtidas nas plantas submetidas ao maior estresse salino (4,5 dS m⁻¹), nas quais foram obtidos valores médios de 38,19 mg planta⁻¹, correspondendo à redução na ordem de 58,86%. Essa resposta demonstra que o acúmulo de fósforo na berinjela independe da concentração deste elemento no tecido foliar, mas depende diretamente do desenvolvimento vegetal das plantas.

O fósforo tem função importante na composição do ATP, responsável pelo armazenamento e transporte de energia para processos endergônicos como a síntese de compostos orgânicos e absorção ativa de nutrientes (Taiz & Zeiger, 2006).

Com relação ao teor de potássio no tecido foliar, foi observada resposta linear decrescente, com redução de

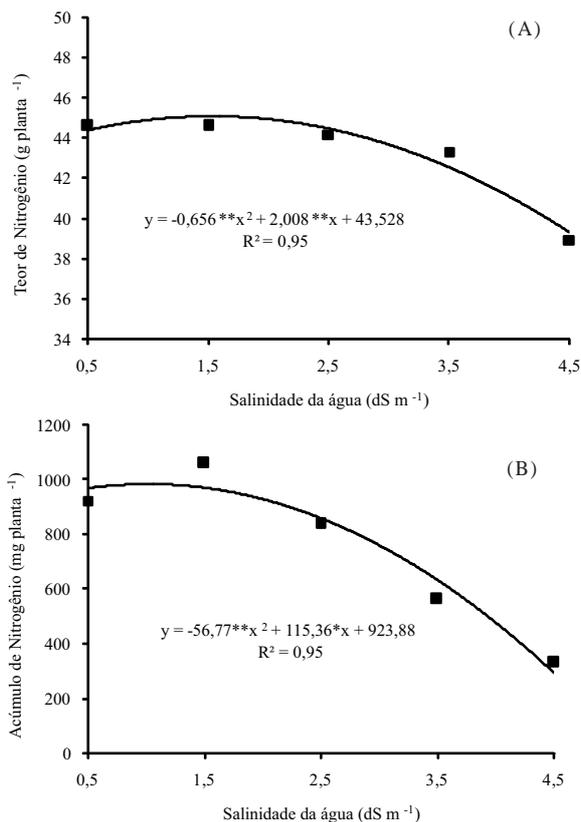


Figura 5. Teor (A) e acúmulo de nitrogênio (B) no tecido foliar de berinjela submetida à irrigação com água salina

Figure 5. N content (A) and accumulation (B) in the leaf tissues of eggplants submitted to irrigation with saline water

3,8 g kg⁻¹ para cada aumento de uma unidade na condutividade elétrica da água de irrigação, sendo obtidos valores variando de 56,8 a 41,4 g kg⁻¹, para as salinidades de 0,5 e 4,5 dS m⁻¹, respectivamente, resultando em redução total de 27,1% (Figura 7A). Verifica-se ainda que, até a salinidade de 3,5 dS m⁻¹, o teor de K no tecido foliar (47,1 g kg⁻¹) está de acordo com a recomendação de Wichamann (2000), que sugere 46 g kg⁻¹ deste nutriente na matéria seca. Souza et al. (2005) observaram teor de K no tecido foliar da berinjela variando de 55,4 a 60,7 g kg⁻¹, em salinidades de 1,0 e 3,5 dS m⁻¹, respectivamente.

Cruz et al. (2006) avaliaram a nutrição mineral do maracujazeiro-amarelo e verificaram que, quanto aos macronutrientes essenciais, as concentrações de potássio foram as que tiveram as maiores reduções decorrentes da aplicação do estresse salino. Esses autores sugerem que a redução no crescimento das plantas cultivadas sob salinidade pode ter sido reflexo, pelo menos em parte, da menor concentração de K em seus tecidos. A deficiência de K em plantas cultivadas em meio salino pode ser aumentada pelo excesso de Na, visto que esses íons competem pelos mesmos sítios no sistema de absorção na membrana plasmática das células radiculares (Marschner, 1995).

A salinidade da água de irrigação afetou o acúmulo de potássio, sendo observado menor acúmulo de potássio em

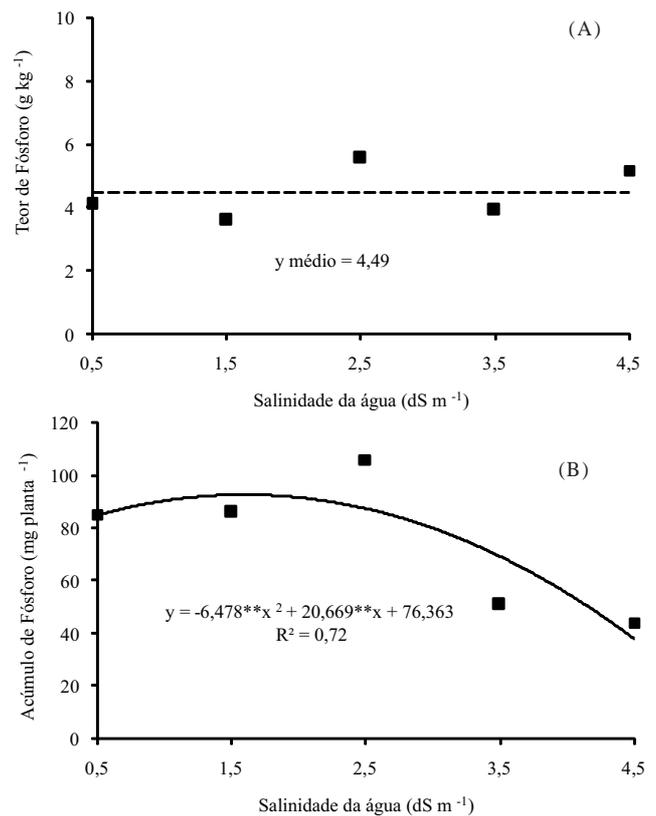


Figura 6. Teor (A) e acúmulo de fósforo (B) no tecido foliar de berinjela submetida à irrigação com água salina

Figure 6. P content (A) and accumulation (B) in the leaf tissues of eggplants submitted to irrigation with saline water

plantas irrigadas com água apresentando condutividade elétrica de 4,5 dS m⁻¹, com 294,7 mg planta⁻¹, resultando em redução total de 75,84% em comparação com as plantas irrigadas com água de menor salinidade (0,5 dS m⁻¹), nas quais foi obtido valor médio de 1219,65 mg planta⁻¹ (Figura 7B). A redução na absorção de potássio pelas plantas submetidas ao estresse salino deve-se tanto à redução no teor de potássio no tecido foliar, bem como ao efeito depressivo da salinidade sobre o desenvolvimento vegetativo das plantas, conforme descrito anteriormente.

Estes resultados evidenciam que a redução na absorção de potássio pelas plantas é um complicador adicional para o crescimento de plantas de berinjela, já que é um dos nutrientes mais absorvidos pelas hortaliças. Embora este elemento não faça parte de nenhum composto orgânico, desempenha importantes funções em plantas sob condições de estresse, como nas propriedades osmóticas, abertura e fechamento dos estômatos, fotossíntese, ativação enzimática, síntese de proteínas, transporte de carboidratos entre outros (Taiz & Zeiger, 2006). De acordo com Shannon & Grieve (1999), o excesso de salinidade no ambiente pode provocar em algumas plantas desbalanços nutricionais que causam a diminuição no crescimento e injúrias, fatos esses observados no presente trabalho.

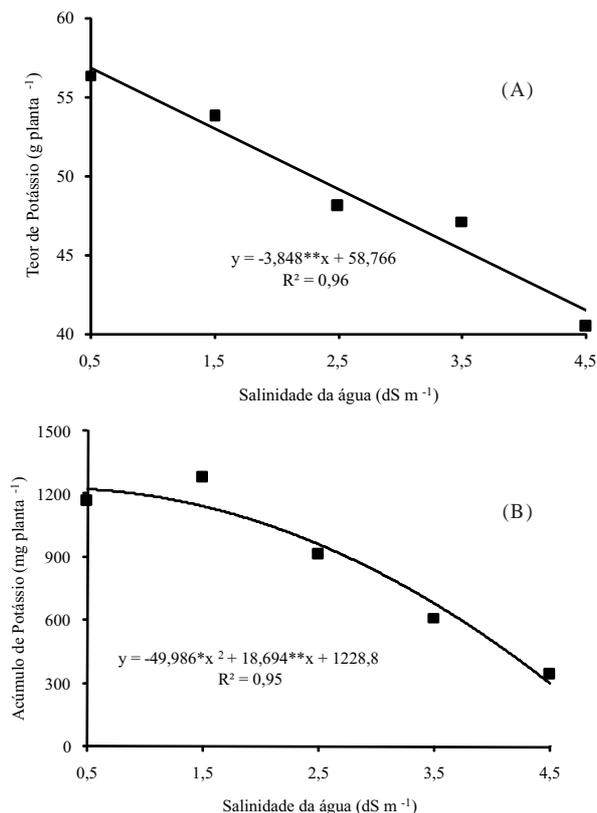


Figura 7. Teor (A) e acúmulo de potássio (B) no tecido foliar de berinjela submetida à irrigação com água salina

Figure 7. K content (A) and accumulation (B) in the leaf tissues of eggplants submitted to irrigation with saline water

CONCLUSÕES

A salinidade da água de irrigação acima de 2,5 dS m⁻¹ afetou significativamente o desenvolvimento e a nutrição da berinjela.

O potássio é melhor absorvido pela berinjela do que o nitrogênio, e ambos tiveram a absorção reduzida em virtude do aumento da salinidade.

Os parâmetros mais afetados pela salinidade foram o número de folhas, a área foliar e o acúmulo de massa seca.

LITERATURA CITADA

Antonini, A.C.C.; Robles, W.G.R.; Tessarioli Neto, J.; Kluge, R.A. Capacidade produtiva de cultivares de berinjela. *Horticultura Brasileira*, v.20, n.4, p.646-648, 2002. [Crossref](#)

Ayers, R.S.; Westcot, D.W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.

Boote, K.J.; Tollenaar, M. Modeling genetic yield potential. In: Boote, K.J.; Bennett, J.M.; Sinclair, T.R.; Paulsen, G.M. (Eds.). *Physiology and determination of crop yield*. Madison: American Society of Agronomy, 1994. cap. 20, p.553-565.

Bosco, M.R.O.; Oliveira, A.B.; Hernandez, F.F.F.; Lacerda, C.F. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. *Revista Ceres*, v.56, n.3, p.296-302, 2009a.

Bosco, M.R.O.; Oliveira, A.B.; Hernandez, F.F.F.; Lacerda, C.F. Influência do estresse salino na composição mineral da berinjela. *Revista Ciência Agronômica*, v.40, n.2, p.157-164, 2009b.

Brighenti, A.M.; Silva, J.F.; Lopes, N.F.; Cardoso, A.A.; Ferreira, L.R. Crescimento e partição de assimilados em Losna. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.5, n.1, p.41-45, 1993.

Cardoso, M.O.; Pereira, W.E.; Oliveira, A.P.; Souza, A.P. Eggplant growth as affected by bovine manure and magnesium thermophosphate rates. *Scientia Agricola*, v. 65, n.1, p.77-86, 2008. [Crossref](#)

Carvalho, J.A.; Santana, M.J.; Pereira, G.M.; Pereira, J. R.D.; Queiroz, T.M. Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos da cultura da berinjela (*Solanum melongena* L.). *Engenharia Agrícola*, v.24, n.2, p.320-327, 2004. [Crossref](#)

Cruz, J.L.; Pelacani, C.R.; Coelho, E.F.; Caldas, R.C.; Almeida, A.Q.; Queiroz, J.R. Influência da salinidade sobre o crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro-amarelo. *Bragantia*, v.65, n.2, p.275-284, 2006. [Crossref](#)

Food and Agriculture Organization – FAO. *Crops & livestock primary & processed*. <http://fao.org>. 24 Mar. 2005.

Gonçalves, M.C.R.; Diniz, M.F.F.M.; Dantas, A.H.G.; Borba, J. R. C. Modesto efeito hipolipemiante do extrato seco de berinjela (*Solanum melongena* L.) em mulheres dislipidemias, sob controle nutricional. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v.16, suplemento, p.656-663, 2006. [Crossref](#)

Malavolta, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 215p.

Malavolta, E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo. Ceres. 2006. 638p.

Marschner, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

Medeiros, J.F.; Lisboa, R.A.; Oliveira, M.; Silva Júnior, M.J.; Alves, L.P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, p.469-472, 2003. [Crossref](#)

Miyazawa, M.; Pavan, M.A.; Muraoka, T.; Carmo, C.A.F.S.; Mello, W.J. Análises químicas de tecido vegetal. In: Silva, F.C. (Org.). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Embrapa, 1999. p.172-223

Munns, R. Genes and salt tolerance: bring them together. *New Phytologist*, v.167, n.3, p.645-663, 2005. [Crossref](#)

Neumann, P. M. The role of cell wall adjustment in plant resistance to water deficits. *Crop Science*, v.35, n.5, p.1258-1266, 1995. [Crossref](#)

Oliveira, F.A.; Medeiros, J.F.; Oliveira, M.K.T.; Lima, C.J.G.S.; Almeida Júnior, A.B.; Amâncio, M.G. Desenvolvimento inicial do milho pipoca irrigado com água de diferentes níveis de salinidade. *Revista Brasileira de Ciências*

- Agrárias. Recife, v.4, n.2, p.149-155, 2009. [Crossref](#)
- Parida, A.K.; Das, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 60, n.3, p.324-349, 2005. [Crossref](#)
- Porto Filho, F.Q.; Medeiros, J.F.; Gheyi, H.R.; Matos, J.A.; Souza, E.R.; Sousa Neto, E.R. Crescimento do meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades. *Horticultura Brasileira*, v.24, n.3, p.334-341, 2006. [Crossref](#)
- Ribeiro, C.S.C. Berinjela (*Solanum melongena* L.). http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Beringela/Beringela_Solanum_melongena_L/index.html. 01 Dez. 2008.
- Shannon, M.C.; Grieve, C.M. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae*, v.78, n.1-4, p.5-38, 1999. [Crossref](#)
- Soares, T.M.; Silva, E.F.F.; Duarte, S.N.; Mélo, R.F.; Jorge, C.A.; Bonfim-Silva, E.M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. *Irriga*, v.12, n.2, p.35-248, 2007.
- Souza, R.A.; Lacerda, C.F.; Amaro Filho, J.; Hernandez, F.F. F. Crescimento e nutrição mineral do feijão-de-corda em função da salinidade e da composição iônica da água de irrigação. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.2, n.1, p.75-82, 2007.
- Souza, V.S.; Soares, I.; Crisóstomo, L.A.; Silva, L.A.; Hernandez, F.F.F. Influência da condutividade elétrica da solução nutritiva na acumulação de matéria seca e teores de nutrientes em berinjela cultivada em pó de coco. *Revista Ciência Agronômica*, v.36, n.2, p.123-128, 2005.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 3.ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2006. 722p.
- Tedesco, M.J.; Gianello, C.; Bohnen, H.; Volkweiss, S.J. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)
- Tester, M.; Davenport, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*, v.91, n.5, p.503-527, 2003. [Crossref](#)
- Wahid, A. Analysis of toxic and osmotic effects of sodium chloride on leaf growth and economic yield of sugarcane. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, v.45, n.2, p.133-141, 2004.
- Wichamann, W. *World fertilizer use manual*. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2000. 600p.