

TROCAS GASOSAS EM PLANTAS DE MILHO SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE E A DOSES DE POTÁSSIO, EM AMBIENTE PROTEGIDO

K. R. GOMES¹, A. V. AMORIM², A. D. LIMA³, H. O. FEITOSA⁴, R. J. C. SILVA JUNIOR⁵, C. F. LACERDA⁶

RESUMO: A exposição de plantas a altas concentrações de sais, principalmente devido ao uso de solos salinizados e de água salina na irrigação, provoca diversas alterações em seus processos fisiológicos. Com base nestas informações, objetivou-se no presente estudo avaliar os efeitos do estresse salino e níveis de potássio nas trocas gasosas de plantas de milho híbrido AG 1051. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 4 x 4, com quatro níveis de salinidade da água de irrigação (0,8; 2,2; 3,6 e 5,0 dS m⁻¹) e quatro doses de potássio (0,6; 2,5; 5,0 e 7,5 g vaso⁻¹), com cinco repetições. As variáveis analisadas foram: fotossíntese (*A*), condutância estomática (*g_s*), transpiração (*E*) e eficiência no uso da água (EUA). De maneira geral, todas as variáveis sofreram reduções com aplicação de água salina, mas não com as doses de potássio. Esses dados sugerem que as plantas de milho híbrido AG 1051 são sensíveis à salinidade e que o aumento nas doses de potássio não revertem tais efeitos.

PALAVRAS-CHAVE: fotossíntese, transpiração, irrigação

GAS EXCHANGE IN MAIZE PLANTS UNDER DIFFERENT SALINITY LEVELS AND DOSES OF POTASSIUM IN PROTECTED ENVIRONMENT

SUMMARY: The exposure of plants to high concentrations of salts, mainly due to the use of saline soils and saline water for irrigation causes several changes in their physiological processes. Based on this information, the objective in the present study was to evaluate the effects of salt stress and potassium levels in the gas exchange of plants of hybrid maize AG

¹Estudante, Agronomia - UFC, Departamento de Engenharia Agrícola, Av Mister Hull, s/n Campus do Pici - Bloco 804, CEP 60455-970, Fortaleza, CE. Fone (85) 33669127. e-mail: krishnaribeiro@yahoo.com.br.

²Doutora, Depto de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

^{3,4}Doutorando, Depto de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

⁵Estudante, Depto de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

⁶Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

1051. We adopted a completely randomized design in 4 x 4 factorial arrangement with four levels of salinity of irrigation water (0.8, 2.2, 3.6 and 5.0 dS m⁻¹) and four doses of potassium (0.6, 2.5, 5.0 and 7.5 g pot⁻¹), with five repetitions. The variables analyzed were: photosynthesis (A), stomatal conductance (g_s), transpiration (E) and efficiency in water use (EWU). In general, all variables were reduced with application of saline water, but not with potassium. These data suggest that the hybrid maize plant 1051 AG are sensitive to salinity and that increasing doses of potassium did not reverse such effects.

KEYWORDS - photosynthesis, transpiration, irrigation

INTRODUÇÃO

Plantas expostas a altas concentrações de sais enfrentam, geralmente, dois problemas: o primeiro é a absorção de água a partir de um solo com um potencial osmótico baixo e por via de consequência, um potencial hídrico bem menor do que o da planta; o segundo resulta do acúmulo de íons tóxicos no citoplasma, os quais inibem muitas reações metabólicas (SALISBURY & ROSS, 1992). É esse desequilíbrio osmótico e iônico que leva a uma redução no crescimento da planta, a uma baixa absorção de nutrientes, à inibição da fotossíntese e transpiração (HASEGAWA et al., 2000). A inibição dos dois últimos fatores tem sido atribuída a reduções na condutância estomática (BRUGNOLI & LAUTERI, 1991), bem como ao acúmulo dos íons Na⁺ e/ou Cl⁻, que afetam desfavoravelmente os processos bioquímicos e fotoquímicos envolvidos na fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 2010).

O processo fotossintético pode ser inibida pelo acúmulo de íons Na⁺ e/ou Cl⁻ nos cloroplastos, os quais inibem os processos bioquímicos e fotoquímicos envolvidos (TAIZ & ZEIGER, 2010). Além disso, a salinidade induz o fechamento estomático que desempenha um papel adaptativo, pois controla o transporte de íons tóxicos até os tecidos fotossintetizantes, evitando, ao mesmo tempo, a perda de água por transpiração (NEUMANN, 1997; ROBINSON et al., 1997). Entretanto, essa redução no fluxo transpiratório tem consequências negativas para a planta porque afeta os sistemas de captação de luz e os centros fotoquímicos de reação no cloroplasto. Além disso, segundo Hasegawa et al., (2000), a necessidade da planta fixar o CO₂, tornaria essa estratégia insustentável a longo prazo.

O milho (*Zea mays* L.), cultura moderadamente tolerante a salinidade, aparece praticamente em todas as regiões brasileiras. Sua importância é fundamentada nas suas diversas formas de utilização, que podem ser desde o consumo *in natura* até o processamento em indústria de alta tecnologia (FERREIRA et al., 2007). Constantemente programas de

melhoramento estão buscando novos procedimentos para a obtenção de variedades mais produtivas e economicamente rentáveis (EMBRAPA, 2008). Por ser um dos cereais de maior importância econômica do mundo, o milho é uma das espécies mais estudadas. Entretanto, estudos que informam o efeito conjunto da salinidade e da adubação com potássio no desenvolvimento e na fisiologia desta cultura são ainda incipientes.

A partir do exposto acima, objetivou-se no presente estudo avaliar os efeitos do estresse salino e do uso de diferentes doses de potássio no desempenho fisiológico de plantas de milho híbrido AG 1051, em ambiente protegido.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no período de 27 de abril a 1 de junho de 2011, na área experimental da Estação Agrometeorológica pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza (3°45'S; 38°33'W; 20m). De acordo com a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Aw', tropical chuvoso, muito quente com predomínio de chuvas nas estações do verão e do outono. As variações de temperatura máxima e mínima durante o experimento dentro da casa de vegetação foram de 36,1 a 28,2°C.

A casa de vegetação onde ocorreu o experimento é do tipo capela, apresenta estrutura de alumínio, cobertura plástica de polietileno com orientação no sentido leste-oeste. Possui dimensões de: 14 m de comprimento, 7 m de largura e pé direito de 3,5 m, com fachadas laterais e frontais cobertas com tela.

A semeadura foi realizada em vasos plásticos com capacidade de 6 L, preenchidos com areia grossa lavada. Foram plantadas cinco sementes por vaso do milho híbrido AG1051, aos sete dias após o plantio foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por vaso. A diferenciação dos tratamentos de salinidade da água e níveis de potássio foi iniciada aos nove dias após a semeadura.

O experimento obedeceu a um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 4 x 4, correspondendo a quatro níveis de salinidade (0,8; 2,2; 3,6 e 5,0 dS m⁻¹) e quatro doses de potássio (0,6; 2,5; 5,0 e 7,5 g planta⁻¹) correspondendo a 10, 50, 100 e 150% da dose recomendada de K₂O; com cinco repetições. A adubação seguiu a recomendação da EMBRAPA (1997), aplicando-se 9,33 g de P₂O₅, 5,0 g de uréia, 0,96 g de FTE. Sendo que as doses de potássio e a uréia foram divididas em duas vezes.

Para o preparo da água salina foram adicionados à água do poço, os sais de NaCl, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, na proporção equivalente a 7:2:1, obedecendo-se a relação entre CEA e sua concentração ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1} = \text{CE} \times 10$) conforme Rhoades et al. (2000). A irrigação foi realizada até 33 dias após o plantio (DAP), em todos os vasos, utilizando-se turno de rega de dois dias, com base na fração de lixiviação de 15%.

As medições de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (g_s) e transpiração (E) foram efetuadas aos 31 DAP. Essas medições foram feitas na primeira folha completamente expandida a partir do ápice, por meio de um analisador de trocas gasosas de plantas (IRGA, mod. Lci, ADC, Hoddesdon, UK), sendo as leituras realizadas entre 10 e 12 h da manhã.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade através do software “ASSISTAT 7.5 BETA” e a análise de regressão foi realizada para os dados em que ocorreu efeito significativo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os parâmetros analisados, pode-se observar que houve influência da aplicação de água salina, mas não houve influência das doses de potássio e da interação desta com a salinidade (Tabela 1). Por outro lado, a eficiência do uso da água (EUA) não foi influenciada por nenhum fator isolado nem pela interação dos mesmos (Tabela 1).

Tabela 1. Valores sumarizados da análise de variância dos quadrados médios para fotossíntese (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E) e eficiência no uso da água (EUA) em plantas de milho cultivadas sob diferentes níveis de salinidade e doses de potássio

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio			
		A	g_s	E	EUA
Salinidade (A)	3	431,7**	170,1**	18,0**	0,26 ^{ns}
Potássio (B)	3	67,2 ^{ns}	34,7 ^{ns}	2,9 ^{ns}	0,20 ^{ns}
Interação (AxB)	9	44,3 ^{ns}	16,3 ^{ns}	1,7 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Resíduo	48	5,09	15,7	2,1	0,45
CV %	-	13,4	44,6	42,6	13,8

**, * e ^{ns} – significativo a 1% e a 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente. CV – coeficiente de variação em porcentagem.

Observa-se na figura 1 que quando aumentou-se a salinidade da água de irrigação, todas as variáveis de trocas gasosas foram reduzidas, sendo os menores valores observados nas plantas submetidas à aplicação de água salina com condutividade elétrica igual a 3,6 e 5,0 dS m^{-1} .

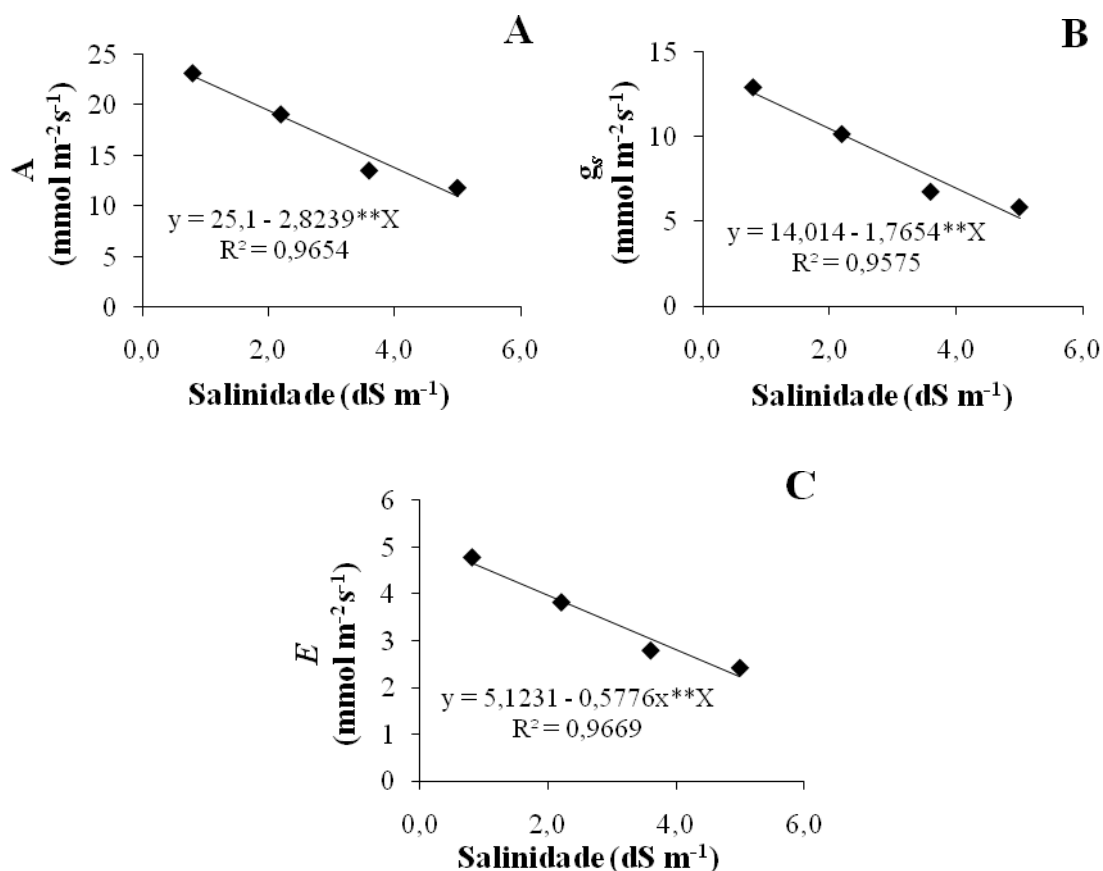


Figura 1. Efeito da salinidade da água de irrigação nas taxas de fotossíntese (A), condutância estomática (B) e transpiração (C) de plantas de milho em ambiente protegido.

Esses resultados também foram observados por Assis Júnior et al. (2007), que estudando o efeito da irrigação com água salina em plantas de feijão-de-corda, observaram um decréscimo na condutância estomática, na taxa de transpiração e na taxa fotossintética. Segundo Taiz & Zeiger (2010), a redução na taxa fotossintética provocada pela salinidade pode ser atribuída aos efeitos osmóticos e ao acúmulo de Na^+ e/ou Cl^- nos cloroplastos, decorrente da alta concentração desses íons nos tecidos das plantas. Se os efeitos osmóticos e íons-específicos decorrentes da absorção de sais excedem o nível de tolerância da planta, a fotossíntese é limitada não somente devido ao fechamento estomático, mas também devido ao efeito do sal sobre os cloroplastos (TAIZ & ZEIGER, 2010).

Para impedir os efeitos deletérios do Na^+ e/ou Cl^- nas folhas, a condutância estomática é reduzida, o que evita ao mesmo tempo a perda de água por transpiração (ROBINSON et al., 1997). Entretanto, essa redução no fluxo transpiratório tem consequências negativas para a planta porque afeta os sistemas de captação de luz e os centros fotoquímicos de reação no cloroplasto. Além disso, segundo Hasegawa et al. (2000), a necessidade de a planta fixar o CO_2 , tornaria essa estratégia insustentável a longo prazo.

CONCLUSÕES

O fator salinidade mostrou-se determinante, em contraposição às doses de potássio que apresentaram valores insignificantes para a fotossíntese, condutância estomática e transpiração.

Nas condições estudadas a salinidade teve uma maior influencia nas trocas gasosas do que as doses de potássio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUGNOLI, E.; LAUTERI, M. Effects of salinity on stomatal conductance, photosintetic capacity, and carbon isotope discrimination of salt tolerant (*Gossypium hirsutum* L.) and salt-sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C₃ non-halophytes. **Plant Physiology**, v. 95, p. 628-635, 1991.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. CNPS. 2 ed. Rio de Janeiro, 212p., 1997.

FERREIRA, P. A. GARCIA, G. O.; NEVES, J. C. L.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, D. B. Produção relativa do milho e teores folheares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 38, n. 1, p.7-16, 2007.

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

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Trad. GHEYI, H. R.; SOUSA, J. R. de.; QUEIROZ, J. E. Campina Grande: UFPB, 2000.

ROBINSON, M. F.; VÉRY, A. A.; SANDERS, D.; MANSFIELD, T.A. How can stomata contribute to salt tolerance? **Annals of Botany**, vol. 80, p. 387-393, 1997.

SALISBURY F., ROSS C. **Plant Physiology**. Fourth edition. California: Wadsworth Publishing Company, 1992, 682 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 5. ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 2010. 782 p.

YEO, A. R. Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants. **Science Horticulturae**, v.78, p. 159-174, 1999.