



## Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo

Krishna R. Gomes<sup>1</sup>, Aiala V. Amorim<sup>2</sup>, Francisco J. Ferreira<sup>1</sup>, Francisco L. A. Filho<sup>1</sup>,  
Claudivan F. Lacerda<sup>1</sup> & Enéas Gomes-Filho<sup>3</sup>

### RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da interação entre salinidade e espaçamento de plantio em plantas de milho (*Zea mays* L.) Híbrido AG 1051. Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, em arranjo fatorial 3 x 2, sendo três espaçamentos entre fileiras (0,5, 0,7 e 0,9 m) e dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,8 e 5,0 dS m<sup>-1</sup>), com 5 repetições. As variáveis analisadas foram: fotossíntese (A), radiação fotossinteticamente ativa (RFA), altura da planta, massa seca da parte aérea (MSPA), índice de área foliar (IAF), área foliar (AF), e teores foliares de carboidratos, N-aminossolúveis, Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup>. As taxas de fotossíntese líquida não diferiram significativamente em decorrência dos espaçamentos nem da salinidade da água de irrigação. A RFA interceptada pelas folhas basais do milho foi maior no espaçamento com 0,9 m, porém não houve diferença entre as plantas estressadas e não estressadas, com relação à radiação interceptada pelas folhas e as taxas fotossintéticas. Embora a salinidade tenha afetado os níveis de carboidrato e de sódio nas folhas, as maiores diferenças foram relacionadas ao espaçamento de plantio e à idade da folha avaliada. De modo geral, o adensamento do cultivo de milho não minimizou os efeitos deletérios da salinidade no crescimento das plantas.

**Palavras-chave:** estresse salino, fotossíntese, *Zea mays*

## Physiology and growth responses of maize subjected to salt stress in different cultivating spacings

### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of interaction between salinity and plant spacing on maize (*Zea mays* L.) hybrid AG 1051. A randomized block in a 3 x 2 factorial was used, with three row spacings (0.5, 0.7 and 0.9 m) and two levels of salinity of irrigation water (0.8 and 5.0 dS m<sup>-1</sup>), with five replications. The variables analyzed were: photosynthesis (A), photosynthetically active radiation (PAR), plant height, shoot dry mass (SDM), leaf area index (LAI), leaf area (LA), content of carbohydrate, soluble N-amines, Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup>. The rates of net photosynthesis did not differ significantly neither as a result of plant spacings nor the salinity of irrigation water. The PAR intercepted by the basal leaves of maize was higher in the spacing of 0.9 m, but no difference between stressed and unstressed plants in relation to the radiation intercepted by leaves and photosynthetic rates was observed. Although salinity affected the levels of carbohydrates and sodium in leaves, the greatest differences were related to plant spacing and leaf age evaluated. In general, the densification of maize cultivation did not minimize the deleterious effects of salinity on plant growth.

**Key words:** photosynthesis, salt stress, *Zea mays*

## INTRODUÇÃO

As plantas estão constantemente expostas a estresses abióticos e dentre eles o estresse salino é um dos que mais comprometem o crescimento e a produtividade das culturas em todo o mundo (Vaidyanathan et al., 2003; Veeranagamallaiah et al., 2007; Islã & Aragués, 2010). No Brasil, embora não se tenham estudos detalhados quanto ao mapeamento e à identificação de áreas salinizadas, estima-se que 20 a 25% das áreas irrigadas enfrentam problemas causados pela salinização dos solos, sendo a região Nordeste a mais afetada (FAO, 2005).

O excesso de sais ocasionados por esse tipo de estresse pode perturbar as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas resultando em distúrbios nas relações hídricas e alterações na absorção e na utilização de nutrientes essenciais para as plantas (Amorim et al., 2010), retardando seu crescimento e reduzindo a produção. Dentre os processos fisiológicos afetados pela salinidade se destaca a fotossíntese, que pode ser inibida pelo acúmulo de íons  $\text{Na}^+$  e/ou  $\text{Cl}^-$  nos cloroplastos, os quais afetam os processos bioquímicos e fotoquímicos envolvidos na fotossíntese (Taiz & Zeiger, 2009). Outra alteração metabólica que as plantas podem desenvolver quando submetidas ao estresse salino, é o acúmulo de solutos orgânicos compatíveis, tais como N-aminossolúveis e carboidratos solúveis (Tester & Davenport, 2003).

O milho (*Zea mays* L.), é uma planta de ciclo anual, pertencente à família gramineae, que apresenta baixo ponto de compensação de  $\text{CO}_2$ , alta taxa fotossintética e baixo consumo de água para a formação de matéria fresca (Azevedo Neto & Tabosa, 2000). O milho é o principal cereal produzido no Brasil, cultivado em cerca de 13 milhões de hectares, com produção de aproximadamente 42 milhões de toneladas de grãos e produtividade média de 3,2 toneladas por hectare (CONAB, 2005). De acordo com Ayers & Westcot (1999), o milho (*Zea mays* L.), é uma cultura moderadamente sensível a salinidade, apresentando salinidade limiar da água de  $1,1 \text{ dS m}^{-1}$  e do solo de  $1,7 \text{ ds m}^{-1}$ .

A diminuição da área foliar das plantas sob condições de estresse salino é um mecanismo importante para a redução das perdas de água pela planta; entretanto, vale destacar que o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e sua conversão em energia química, o que ocorre diretamente na folha, atuando na formação de carboidratos, que são alocados para os órgãos vegetativos e reprodutivos. De acordo com Wang et al. (2001), a redução na área foliar em plantas sob estresse salino pode provocar redução na absorção de luz e na eficiência de uso da radiação, em condições de campo.

Por outro lado, as plantas sob estresse salino podem apresentar taxas de fotossíntese médias superiores àquelas de plantas irrigadas com água de baixa salinidade, em função do menor sombreamento dessas plantas (Távora et al., 2000; Lacerda et al., 2010). Nessas condições, é provável que a redução do espaçamento de plantio resulte em ganhos de rendimento e na eficiência do uso da água. No entanto, os estudos referentes a esse tema, e particularmente no que diz respeito às respostas fisiológicas de plantas nessas condições, são escassos. Objetivou-se, portanto, no presente trabalho,

avaliar o efeito do espaçamento de plantio e da salinidade da água de irrigação no crescimento e na fisiologia de plantas de milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Laboratório de Hidráulica e Irrigação da UFC, em Fortaleza, CE ( $3^\circ 45' \text{ S}$ ;  $38^\circ 33' \text{ W}$  e altitude de 19 m). Segundo a classificação de Köppen, a área do experimento está localizada em região de clima  $\text{Aw}'$ . O solo do local é classificado como argissolo vermelho amarelo (EMBRAPA, 2006), com textura média. As plantas de milho (*Zea mays* L.) Híbrido AG 1051, foram cultivadas no período de setembro a novembro (estação seca) de 2009. As informações meteorológicas obtidas durante o período experimental são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Valores médios de temperatura (T), velocidade do vento (V), umidade relativa (UR), e acumulados de precipitação (P), insolação (INS), e evaporação do Tanque Classe A (ECA) obtidos durante o período experimental

Data	T (°C)	V (m s <sup>-1</sup> )	UR (%)	P (mm)	INS (horas)	ECA (mm)
Set/2009	27,2	4,7	71	3,0	303,8	246,1
Out/2009	27,3	4,0	69	2,0	324,1	257,3
Nov/2009	27,6	4,5	70	5,2	317,8	267,1

O experimento obedeceu a um delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial  $3 \times 2$  (três espaçamentos entre linhas x dois níveis de salinidade da água de irrigação), com cinco repetições, totalizando 30 parcelas. Cada parcela teve o comprimento de 3,0 m, com 5 linhas de plantio, sendo consideradas úteis apenas as três linhas centrais. Os espaçamentos utilizados foram E1 (0,5 x 0,2 m); E2 (0,7 x 0,2 m); e E3 (0,9 x 0,2 m), correspondendo às densidades de plantio de 100.000, 71.428 e 55.555 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente.

O plantio foi realizado no final de setembro; na ocasião foram plantadas três sementes por cova e aos dez dias após o plantio realizou-se o desbaste, deixando-se somente uma planta por cova. A irrigação com água salina foi iniciada logo após o desbaste e o turno de rega foi de três dias.

Foram utilizadas águas com duas condutividades elétricas (CEa), uma com  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  (oriunda de poço) e a outra com CEa de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ . Para o preparo da última foram adicionados, à água do poço, os sais de  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  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 água foi aplicada em sulcos nivelados e fechados e as lâminas de irrigação definidas com base nos valores de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) obtidos pelo método do tanque classe A e dos coeficientes da cultura (K<sub>c</sub>), recomendados para os diferentes estádios fenológicos da cultura (Doorenbos & Kassam, 1994). No cálculo da lâmina a ser aplicada acrescentou-se uma fração de lixiviação de 0,15 (Ayers & Westcot, 1999). As irrigações foram realizadas até 55 dias após o plantio (DAP), em todos os tratamentos, utilizando-se turno de rega de três dias.

A adubação seguiu a recomendação de Fernandes (1993), utilizando-se por cova 1,5 g de ureia, 8,4 g de superfosfato simples e 1,4 g de cloreto de potássio. O superfosfato simples foi aplicado em fundação enquanto as doses de ureia e cloreto de potássio foram fracionadas em três aplicações, uma em fundação e duas em cobertura, aos 31 e 48 DAP.

Aos 55 DAP foram efetuadas medições de fotossíntese líquida (A) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Essas medições foram feitas na segunda folha, a partir da base (inferior), e na primeira folha completamente madura, a partir do ápice (superior), 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. As medições foram feitas sob condições ambientes de temperatura e concentração de CO<sub>2</sub>.

Os limbos foliares utilizados na medição das taxas de fotossíntese foram coletados aos 56 DAP e imediatamente congelados em nitrogênio líquido (-196 °C) sendo, em seguida, armazenados a -25 °C para posterior análise. Para realizar as análises de solutos orgânicos e inorgânicos, as folhas foram liofilizadas e em seguida trituradas. O extrato foi obtido através da homogeneização de 100 mg do pó vegetal seco, com 10 mL de água deionizada durante 60 min a 45°, sob agitação constante (Cataldo, 1975). O extrato foi centrifugado a 3000 x g por 15 min, sendo o sobrenadante filtrado em papel de filtro e armazenado a -25 °C. Os teores de carboidratos solúveis foram determinados de acordo com Dubois et al. (1956), N-aminossolúveis, segundo Yemm & Cocking (1955), e os teores de potássio e sódio foram obtidos por fotometria de chama.

Aos 56 DAP grupos de quatro plantas dentro da área útil de cada parcela foram coletados para a realização da medição de altura, os quais foram coletados posteriormente, separando-se de início os limbos foliares para determinação da área foliar total (LI-3000, Li-Cor, Lincoln, USA); em seguida, os limbos foliares e os colmos + bainhas foram colocados para secar em uma estufa de circulação forçada de ar a 60 °C até atingirem peso constante para obtenção da matéria seca. Os dados da área foliar foram utilizados no cálculo de índice de área foliar.

Após a retirada das plantas foram coletadas subamostras de solo nas profundidades de 0 a 0,30; 0,30 a 0,60 e 0,60 a 0,90 m nas cinco parcelas de cada tratamento, visando à confecção de amostra composta por tratamento e profundidade. Nessas amostras foi efetuada medição de condutividade elétrica em extrato 1:1 (solo:água).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se o programa computacional SAEG/UFV.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes da instalação do experimento os valores de CE<sub>1:1</sub> nas camadas de 0 a 0,3, 0,3 a 0,6 e 0,6 a 0,9 m foram, respectivamente, 0,27, 0,31 e 0,4 dS m<sup>-1</sup>. O aumento da salinidade da água de irrigação durante o cultivo do milho resultou em incrementos na CE<sub>1:1</sub> do solo nas três profundidades avaliadas (Tabela 2), verificando-se os maiores valores na profundidade de 0,30 a 0,60m.

**Tabela 2.** Condutividade elétrica do extrato solo/água (CE<sub>1:1</sub>) em amostras de diferentes profundidades de um Argissolo vermelho amarelo

Espaçamentos (m)	CE <sub>1:1</sub> (dS m <sup>-1</sup> )		
Água do poço	0-0,3 m	0,3-0,6 m	0,6-0,9 m
0,5	0,631	0,223	0,123
0,7	0,450	0,312	0,133
0,9	0,369	0,354	0,252
Água salina			
0,5	1,264	1,386	0,610
0,7	1,638	1,807	0,992
0,9	1,230	1,157	0,440

Esta variação da condutividade elétrica em profundidade evidencia a ocorrência de diferentes graus de lixiviação dos sais presentes na água de irrigação, nas mesmas condições de solo e clima. Resultados semelhantes obtiveram Assis Júnior et al. (2007), Bezerra et al. (2010) e Neves et al. (2010), trabalhando em anos anteriores na mesma área do presente estudo. De modo geral, os maiores valores de condutividade elétrica foram observados nos espaçamentos de 0,7 m entre fileiras.

As taxas de fotossíntese líquida não diferiram significativamente em decorrência dos espaçamentos de plantio utilizados, ou da salinidade da água de irrigação, mas apresentaram diferença em relação à posição das folhas (Tabela 3). De modo geral, na medida em que se aumenta a densidade de plantio também se aumentava o índice de área foliar e a interceptação da luz e, conseqüentemente, reduz-se a capacidade fotossintética das folhas basais (Távora et al., 2005).

**Tabela 3.** Taxas de fotossíntese líquida (A) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) medidas aos 55 DAP em plantas de milho submetidas a diferentes espaçamentos de plantio (ESP) e irrigadas com água de baixa e alta salinidade (CEa)\*

CEa (dS m <sup>-1</sup> )	ESP (m)	A (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	RFA (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )
1ª folha madura a partir do ápice (superior)			
0,8	0,5	43,80 Aa	1867,6
0,8	0,7	51,52 Aa	1834,4
0,8	0,9	50,40 Aa	1824,6
5,0	0,5	46,67 Aa	1605,6
5,0	0,7	50,09 Aa	1765,6
5,0	0,9	48,18 Aa	1634,6
2ª folha a partir da base (inferior)			
0,8	0,5	6,86 Aa	85,8
0,8	0,7	6,59 Aa	108,4
0,8	0,9	13,16 Aa	978,0
5,0	0,5	7,37 Aa	104,8
5,0	0,7	9,87 Aa	128,8
5,0	0,9	14,70 Aa	952,8

\* Médias nas colunas seguidas de mesma letra maiúscula para o mesmo nível de CEa e da mesma letra minúscula para o mesmo espaçamento, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05)

Independente do espaçamento utilizado e da folha avaliada, não se verificou efeito da salinidade da água de irrigação sobre a taxa fotossintética líquida (Tabela 3). Este resultado diverge de muitos outros obtidos com diferentes espécies, os quais demonstram redução na taxa fotossintética das folhas, causada

pelo estresse salino, decorrente do fechamento parcial dos estômatos, associado aos efeitos osmóticos da salinidade, e da toxidez iônica sobre o metabolismo (Sultana et al., 1999). Portanto, as plantas de milho demonstraram boa capacidade de aclimação nas condições do presente estudo, em condições de campo, devendo-se salientar que a aplicação de água salina se iniciou somente após o estabelecimento da plântula, considerada a fase de maior sensibilidade dessa espécie à salinidade (Maas & Hoffman, 1977). No entanto, os resultados parecem evidenciar maior grau de tolerância da cultura do milho em comparação com dados da FAO, que considera a salinidade limiar da água de 1,1 dS m<sup>-1</sup> (Ayers & Westcot, 1999).

A redução no IAF (Tabela 4), em função do aumento no espaçamento de plantio, resultou em maior penetração da radiação no cultivo de milho, com tendência, também, de aumento nas suas taxas de fotossíntese nas folhas basais (Tabela 3). Os menores valores de A nas folhas inferiores se deveram, provavelmente, à baixa incidência de radiação e ao próprio estágio de desenvolvimento dessas folhas. Por outro lado, os elevados valores de A nas folhas superiores estão de acordo com os resultados obtidos por Kim et al. (2007) e Suwa et al. (2010), para esta espécie, e refletem a elevada intensidade de radiação e o metabolismo C<sub>4</sub> da espécie, o qual apresenta elevado ponto de saturação para a luz (Taiz & Zeiger, 2009).

**Tabela 4.** Valores médios de índice de área foliar (IAF), área foliar (AF, dm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>), matéria seca da parte aérea (MSPA, g planta<sup>-1</sup>) e altura (ALT, m), de plantas de milho submetidas a diferentes espaçamentos de plantio (ESP) e irrigadas com água de baixa e alta salinidade (CEa)\*

Treatamentos	IAF	AF	ALT	MSPA
CE:0,8 e ESP:0,5	5,31Aa	212,5Ba	1,29Aa	483,4Ba
CE:0,8 e ESP:0,7	4,39Ba	246,2Aa	1,46Aa	681,8Aa
CE:0,8 e ESP:0,9	3,12Ca	224,7ABa	1,32Aa	598,9ABa
CE:5,0 e ESP:0,5	4,73Ab	189,2Ba	1,26Aa	476,9Aa
CE:5,0 e ESP:0,7	3,91Bb	219,2Ab	1,28Ab	562,2Aa
CE:5,0 e ESP:0,9	2,73Ca	196,7ABb	1,16Aa	480,1Aa

\* Médias nas colunas seguidas de mesma letra maiúscula para o mesmo nível de CEa e da mesma letra minúscula para o mesmo espaçamento, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05)

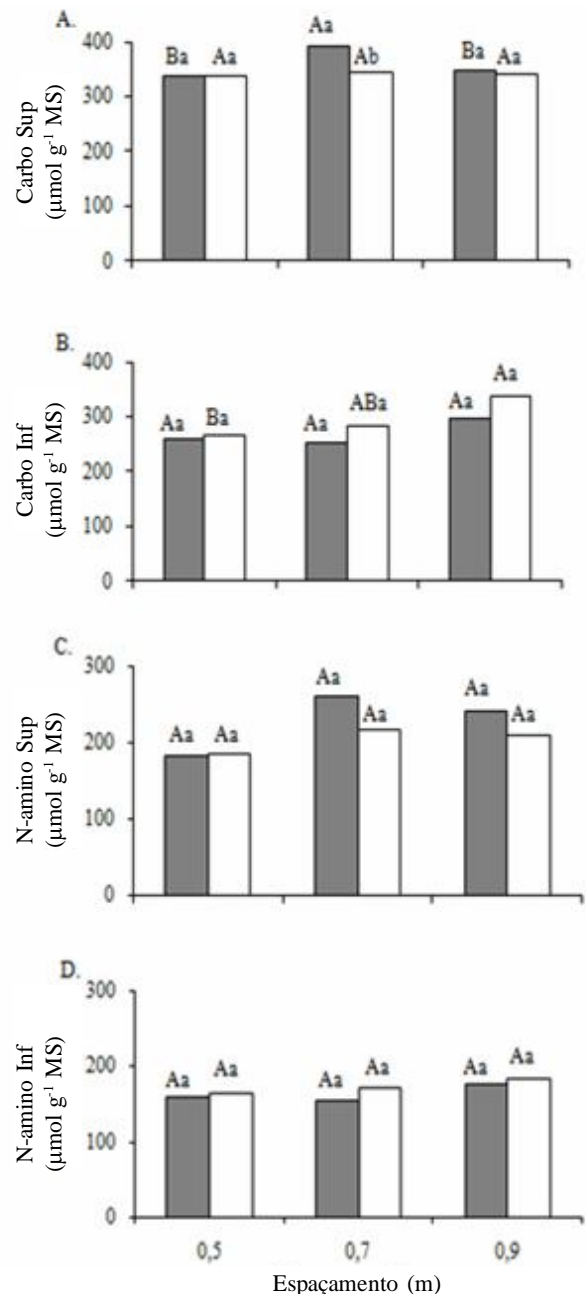
Dentre as variáveis de crescimento, a área foliar foi a que mostrou maior sensibilidade em relação aos fatores avaliados, reduzindo com o aumento da densidade de plantio e com a salinidade da água de irrigação (Tabela 4). A redução no crescimento foliar representa um mecanismo de defesa das plantas sob condições de estresse hídrico e salino, reduzindo as perdas de água por transpiração (Taiz & Zeiger, 2009). Entretanto, também representa alterações na partição de fotoassimilados e redução na área destinada ao processo fotossintético, o que pode resultar em perdas de produtividade.

A altura das plantas não sofreu influência do espaçamento mas apresentou diferença significativa com relação à salinidade da água de irrigação, sendo os menores valores obtidos no segundo espaçamento (Tabela 4). Os valores médios de altura das plantas irrigadas com água salina foram menores do que as irrigadas com água de poço. A produção de matéria seca da parte aérea nas plantas irrigadas com água de baixa salinidade

foi influenciada pelo espaçamento de plantio, sendo os maiores valores encontrados no espaçamento 0,7 m (Tabela 4).

Os teores de solutos orgânicos (Figura 1) foram maiores nas folhas superiores do que nas inferiores, o que pode estar associado às maiores taxas de fotossíntese observadas nas primeiras (Tabela 3).

Os teores de carboidratos nas folhas superiores sofreram influência significativa com relação aos espaçamentos e à salinidade da água de irrigação (Figura 1). Nas folhas inferiores



Obs.: Valores (colunas) com a mesma letra maiúscula (espaçamentos) ou minúscula (salinidade da água de irrigação) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

**Figura 1.** Teores de carboidratos solúveis em folhas superiores (A), em folhas inferiores (B) e os teores de N-aminossolúveis em folhas superiores (C) e em folhas inferiores (D), em plantas de milho submetidas a diferentes espaçamentos de plantio e irrigadas com água de baixa (■) e alta (□) condutividade elétrica

os teores de carboidratos também sofreram influência significativa com relação aos espaçamentos mas não apresentaram diferença significativa com relação aos diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (Figura 1B).

Observou-se, também, que as folhas superiores apresentaram maiores valores médios de carboidratos em relação às folhas inferiores (Figuras 1A e 1B) devido, provavelmente, à maior incidência de radiação nas folhas superiores (média de 1755,4 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) que nas folhas inferiores (média de 393,1 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), o que resultou em maiores taxas de assimilação de carbono nas primeiras (Tabela 3).

Os teores de N-aminossolúveis em folhas superiores e inferiores não apresentaram diferença significativa com relação aos espaçamentos utilizados, ou à salinidade da água de irrigação (Figuras 1C. e 1D). De modo geral, as folhas mais

velhas (inferiores) apresentaram menores valores médios que as folhas mais jovens (superiores).

Os teores de sódio nas folhas superiores apresentaram diferenças significativas com relação aos espaçamentos, mas não em relação à salinidade da água de irrigação (Figura 2A); já os teores de sódio nas folhas inferiores apresentaram diferença com relação aos espaçamentos e às diferentes condutividades da água utilizada na irrigação (Figura 2B).

De modo geral, as folhas mais velhas (inferiores), Figura 1A e 1B, apresentaram maiores valores médios de Na<sup>+</sup> que as folhas mais jovens (superiores). Isto pode ser considerado um mecanismo de retenção, semelhante ao observado nos caules (Aquino et al., 2007), o que resulta no menor acúmulo de íons potencialmente tóxicos nos ápices e nas folhas mais jovens, favorecendo o crescimento e a assimilação de carbono.

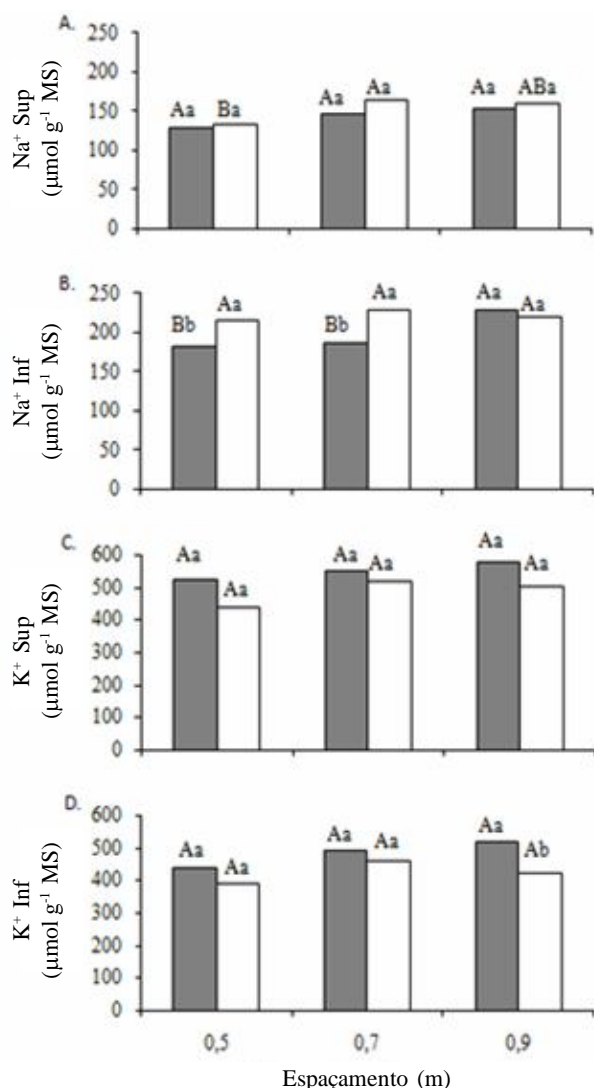
Os teores de potássio nas folhas superiores não apresentaram diferença significativa com relação aos espaçamentos de plantio, ou aos diferentes níveis de salinidade (Figura 2C); já as folhas inferiores apresentaram diferenças com relação à salinidade da água de irrigação, mas não apresentaram diferenças com relação aos espaçamentos de plantio (Figura 2D). Observou-se, ainda, que as folhas superiores apresentaram maiores valores médios de potássio que as folhas inferiores, sendo que as plantas que estavam sob estresse salino apresentaram menores valores médios que as plantas irrigadas com água de baixa salinidade. As diferenças entre os teores de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> nas folhas superiores e inferiores podem estar associadas às diferentes taxas de retranslocação desses íons na planta, sendo que essa taxa é normalmente maior para o potássio (Lacerda et al., 2006).

## CONCLUSÕES

1. A RFA interceptada pelas folhas basais do milho foi maior no tratamento de maior espaçamento, porém não houve diferença entre as plantas estressadas e não estressadas para a radiação interceptada pelas folhas e para as taxas fotossintéticas.
2. O aumento do espaçamento de plantio reduziu o IAF, mas não a área foliar e a produção de matéria seca da parte aérea.
3. Os teores de N-aminossolúveis e K<sup>+</sup> não sofreram influência da salinidade ou do espaçamento de plantio, com exceção do teor de K no espaçamento de 0,9 m, quando se verificou efeito negativo da salinidade.
4. Embora a salinidade tenha afetado os níveis de carboidrato e de sódio nas folhas, as maiores diferenças foram relacionadas ao espaçamento de plantio e à idade da folha avaliada.
5. De modo geral, o adensamento do cultivo de milho não minimizou os efeitos deletérios da salinidade no crescimento das plantas.

## LITERATURA CITADA

Amorim, A. V.; Gomes-Filho, E.; Bezerra, M. A.; Prisco, J. T.; Lacerda, C. F. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, p.113-121, 2010.



Obs.: Valores (colunas) com a mesma letra maiúscula (espaçamentos) ou minúscula (salinidade da água de irrigação) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

**Figura 2.** Teores de sódio em folhas superiores (A) e em folhas inferiores (B), e os teores de potássio em folhas superiores (C) e em folhas inferiores (D) em plantas de milho submetidas a diferentes espaçamentos de plantio e irrigadas com água de baixa (■) e alta (□) condutividade elétrica

- Aquino, A. J. S.; Lacerda, C. F.; Bezerra, M. A.; Gomes Filho, E.; Costa, R. N. T. Crescimento, partição de matéria seca e mecanismo de retenção de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> em plantas de sorgo irrigadas com águas salinas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.961-971, 2007.
- Assis Júnior, J. O.; Lacerda, C. F.; Silva, F. B.; Silva, F. L. B.; Bezerra, M. A.; Gheyi, H. R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo me função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. *Engenharia Agrícola*, v.27, p.702-713, 2007.
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. A qualidade da água na agricultura. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. Estudos FAO, Irrigação e Drenagem, 29
- Azevedo Neto, A. D.; Tabosa, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte I análise do crescimento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, p.159-164, 2000
- Bezerra, A. K. P., Lacerda, C. F., Hernandez, F. F. F., Silva, F. B., Gheyi, H. R. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. *Ciência Rural*, v.40, p.1075-1082, 2010
- Cataldo, D. A.; Harron, M.; Schrader, L. E.; Youngs, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.6, p.71-80, 1975.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Série histórica da área plantada por produtos 1990/91 a 2003/04. <<http://www.conab.gov.br>>. 10 Jan. 2005.
- Doorenbos, J.; Kassam, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 33
- Dubois, M.; Gilles, K. A.; Hamilton, J. K.; Rebers, P. A.; Smith, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, v.28, p.350-356, 1956.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação dos solos. Brasília: Embrapa CNPS, 2006. 306p.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical databases- production 2005 – crops primary.<http://faostat.fao.org/site/408/default.aspx>. 09 Fev. 2010.
- Fernandes, V. L. B. Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará. Fortaleza: UFC, 1993. 248p.
- Islã, R.; Aragués, R. Yield and plant ion concentrations in maize (*Zea mays* L.) subject to diurnal and nocturnal saline sprinkler irrigations. *Field Crops Research*, v.116, p.175-183, 2010.
- Kim, S. H; Gitz, D. C.; Sicher, R.C.; Baker, J. T.; Timlin, D. J.; Reddy, V. R. Temperature dependence of growth, development, and photosynthesis in maize under elevated CO<sub>2</sub>. *Environmental and Experimental Botany*, v.61, p.224-236, 2007.
- Lacerda, C. F.; Assis Júnior, J. O. de; Lemos Filho, L. C. A.; Guimarães, F. V. A.; Oliveira, T. S. de, Gomes Filho, E.; Prisco, J. T.; Bezerra, M. A. Morpho-physiological responses of cowpea leaves to salt stress. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.18, p.455-465, 2006.
- Lacerda, C. F.; Silva, F. B.; Neves, A. L. R.; Ness, R. L. L.; Silva, F. L. B. Interação salinidade x espaçamento de plantio em um ciclo de rotação cultural feijão-de-corda/milho. In: Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola, 9, e Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 39, 2010, Vitória. Resumos. Vitória: SBEA, 2010. CD Rom.
- Maas, E. V.; Hoffman, G. J. Crop salt tolerance assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE*, v.103, p.115-134, 1977.
- Neves, A. L. R.; Lacerda, C. F.; Teixeira, A. S.; Costa, C. A. G.; Gheyi, H. R. Monitoring soil coverage and yield of cowpea furrow irrigated with saline water. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, p.59-36, 2010.
- Rhoades, J. D.; Kandiah, A.; Mashali, A. M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. Estudos FAO. Irrigação e drenagem, 48
- 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.
- Suwa, R.; Hakata, H.; Hara, H.; El-Shemy, H. A.; Adu-Gyamfi, J. J.; Nguyen, N. T.; Kanai, S.; Lightfoot, D.A.; Mohapatra, P.K.; Fujita, K. High temperature effects on photosynthate partitioning and sugar metabolism during ear expansion in maize (*Zea mays* L.) genotypes. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.48, p.124-130, 2010.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Plant physiology*. 4<sup>nd</sup> ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc. Publishers, 2009. 848p.
- Távora, F. J. A. F.; Carvalho, W. P.; Pinho, J. L. N.; Pitombeira, J. B. Densidade de plantio na cultura do feijão-de-corda. I. Área foliar, interceptação da luz e características de florescimento. *Revista Ciência Agronômica*, v.31, p.11-19, 2000.
- Távora, F. J. A. F.; Mendes, R. M. S.; Pinho, J. L. N.; Pitombeira, J. B. Alterações na relação fonte-dreno em feijão-de-corda submetido a diferentes densidades de plantas. *Revista Ciência Agronômica*, v.36, p.82-90, 2005.
- Tester, M.; Davenport, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. *Annals of Botany*, v.91, p.503-527, 2003.
- Vaidyanathan, H.; Sivakumar, P.; Chakrabarty, R.; Thomas, G. Scavenging of reactive oxygen species in NaCl-stressed rice (*Oryza sativa* L.) – differential response in salt-tolerant and sensitive varieties. *Plant Science*, v.165, p.1411-1418, 2003.
- Veeranagamallaiah, G.; Chandraobulreddy, P.; Jyothsnakumari, G.; Sudhakar, C. Glutamine synthetase expression and pyrroline-5-carboxylate reductase activity influence proline accumulation in two cultivars of foxtail millet (*Setaria italica* L.) with differential salt sensitivity. *Environmental and Experimental Botany*, v.60, p.239-244, 2007.
- Wang, D.; Shannon, M. C.; Grieve, C. M. Salinity reduces radiation absorption and use efficiency in soybean. *Field Crops Research*, v.69, p.267-277, 2001.
- Yemm, E. W.; Cocking, E. C. The determination of amino-acids with ninhydrin. *Analyst*, v.80, p.209-213, 1955.