

Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila *a* em amendoim sob condições de salinidade¹

Growth, production and fluorescence characteristics of chlorophyll *a* in peanut under saline conditions

Karina Guedes Correia^{2*}, Pedro Dantas Fernandes³, Hans Raj Gheyi⁴, Reginaldo Gomes Nobre⁵ e Tatiana da Silva Santos⁶

Resumo - O objetivo deste trabalho foi analisar variáveis de crescimento e produção e as características de emissão de fluorescência da clorofila *a* em dois materiais genéticos de amendoim irrigados com águas de diferentes salinidades. O experimento foi instalado em casa de vegetação em Campina Grande-PB, entre junho e setembro de 2004. Utilizou-se o esquema fatorial 5 x 2, em delineamento inteiramente casualizado com seis repetições, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa): 0,4 (controle, água do sistema de abastecimento), 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e duas cultivares (BR-1 e L-7). Todas as variáveis de crescimento e produção analisadas foram afetadas significativamente pela salinidade da água de irrigação. O número de folhas e a área foliar decresceram 4,1 e 8,7%, respectivamente, por aumento unitário da CEa, enquanto o número de frutos (NFRUT) e o peso de 10 sementes tiveram um decréscimo total de 36,0 e 78,3%, entre os níveis de CEa de 0,4 e 6,0 dS m⁻¹. A massa seca da parte aérea foi reduzida em 13,9 e 11,6% para as cultivares BR-1 e L-7, respectivamente, por aumento unitário da CEa. A partir da salinidade limiar de 1,095 dS m⁻¹ o NFRUT decresceu 7,7% por aumento unitário da CEa. Não se verificou alteração significativa nos parâmetros associados à emissão da fluorescência, devida ao estresse salino. A cultivar BR-1 mostrou-se mais sensível à salinidade da água de irrigação que a L-7.

Palavras-chave - *Arachis hipogaea* L.. Eficiência quântica do fotossistema II. Estresse salino.

Abstract - The objective of this study was to evaluate variables of the growth, production and the fluorescence characteristics of emission of the chlorophyll *a* in two genetic materials of peanut irrigated with water of different salinities. The experiment was conducted in a greenhouse at Campina Grande - PB, during the period of June to September, 2004. A 5 x 2 factorial scheme was adopted using a completely randomized design with six replications; the five levels of water salinity - ECw were (Control, water of the municipal supply system - 0.4; 1.5; 3.0; 4.5 and 6.0 dS m⁻¹) and two cultivars (BR-1 and L-7). All the analyzed variables of growth and production were affected significantly by the salinity of the irrigation water, the number of leaves and leaf area decreased respectively 4.1 and 8.7% per unit increase of salinity, while the number of fruits and weight of 10 seeds had a total decrease of 36.0 and 78.3% between 0.4 and 6.0 dS m⁻¹ of ECw. The dry weight of shoot of BR-1 and L-7 cultivars was reduced 13.9 and 11.6% with per unit increase of water salinity, respectively. From the threshold salinity of 1.095 dS m⁻¹ the number of fruits decreased 7.7% for unit increase of the ECw. No significant alterations were observed in the parameters associated to the emission of the fluorescence of chlorophyll *a* due to salt stress. The cultivar BR-1 showed more sensitivity to the salinity of the irrigation water than the L-7.

Key words - *Arachis hipogaea* L.. Quantum efficiency of the photosystem II. Salt stress.

* Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 07/06/2009; aprovado em 23/11/2009

Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada à UFCG, Campina Grande-PB

²Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, CTRN/UFCG, Campina Grande-PB, Brasil, correiakg@gmail.com

³Instituto Nacional do Semiárido - INSA/UFCG, Campina Grande-PB, Brasil, pdantas@insa.gov.br

⁴Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, CTRN/UFCG, Campina Grande-PB, Brasil, hans@deag.ufcg.edu.br

⁵Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar/UFCG, Pombal-PB, Brasil, rgomesnobre@yahoo.com.br

⁶Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, CTRN/UFCG, Campina Grande-PB, Brasil, tatysilvasantos@gmail.com

Introdução

A utilização de espécies tolerantes à salinidade e a adoção de práticas de manejo de cultivo, do solo e da água tem propiciado o uso de águas salinas na irrigação de culturas (RHOADES et al., 2000); entretanto, as culturas não respondem de forma semelhante à salinidade e algumas conseguem produzir rendimentos economicamente viáveis em níveis elevados de salinidade do solo.

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é considerado uma das oleaginosas mais importantes em nível mundial, sendo a quarta mais produzida, ficando atrás apenas da soja, do algodão e da canola. Ele participa com 10% da produção de óleo comestível enquanto a produção de grãos representa 23,5 milhões de toneladas por ano; seus principais produtores são: Índia, China, Estados Unidos, Nigéria, Indonésia e Senegal (BELTRÃO, 2004). Além disso, a ampliação do mercado em função da possibilidade da produção de biodiesel traz novas e favoráveis perspectivas de exploração desta cultura no Nordeste do Brasil (PINTO et al., 2008).

Os efeitos do estresse salino que levam à redução do crescimento e da produtividade das culturas estão associados: (i) ao desbalanço nutricional, quando a alta concentração de Na^+ no solo reduz a disponibilidade de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , ou quando o Na^+ desloca o Ca^{2+} ligado às membranas, alterando a sua integridade estrutural e funcional; (ii) à toxidez por íons, quando o Na^+ , em altas concentrações na planta, interfere na estrutura e na função de algumas enzimas ou na função do K^+ ; (iii) ao efeito osmótico, restringindo a absorção de água pelas raízes, sob baixo potencial hídrico da solução do solo, o que pode ocasionar queda no potencial de turgescência das células, comprometendo o crescimento e desenvolvimento das plantas (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Fatores genéticos e ambientais afetam o crescimento das plantas e seus efeitos têm sido pesquisados usando-se medições da eficiência fotoquímica do fotossistema II (FSII), estimada através da relação entre a fluorescência variável e a fluorescência máxima da clorofila *a* (F_v/F_m) com o uso de fluorômetros. Esta relação expressa o rendimento quântico dos processos fotoquímicos desse fotossistema (LAZÁR, 1999), ou seja, a eficiência relativa da captura de energia luminosa pelo FSII. O uso dos parâmetros de fluorescência tem sido difundido por se tratar de um método que, além de não destrutivo, permite uma análise qualitativa e quantitativa da absorção e aproveitamento da energia luminosa pelo FSII e possíveis relações com a capacidade fotossintética (MOUGET; TREMBLIN, 2002; TORRES NETTO et al., 2005).

Quando expostas a estresse ambiental ou abiótico, alterações no estado funcional das membranas dos tilacóides dos cloroplastos provocam mudanças nas características dos sinais de fluorescência os quais podem ser quantificados nas folhas (BAKER; ROSENQVST, 2004) através da técnica de determinação, *in vivo*, da fluorescência inicial (F_o), máxima (F_m), terminal (F_t) e variável (F_v) da clorofila *a*, além da eficiência fotoquímica (E_f). Percival e Fraser (2001) e Percival et al. (2003) utilizaram este método como ferramenta para identificação de plantas tolerantes ao sal e também na seleção genética de tolerância à seca, ao calor e à poluição.

Considerando a importância da cultura do amendoim objetivou-se, no presente trabalho, analisar as características de emissão de fluorescência da clorofila *a* e as variáveis de crescimento e produção ao final do ciclo de produção das cultivares BR-1 e L-7 com a finalidade de identificar, entre os dois materiais genéticos, o que apresenta maior tolerância às condições de salinidade.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, vinculada ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande, PB, com as seguintes coordenadas geográficas: 7°15'18" de latitude Sul, 35°52'28" de longitude Oeste do meridiano de Greenwich e altitude de 550 m, durante o período de 03 de junho a 15 de setembro de 2004.

Estudou-se o efeito de cinco níveis de condutividade elétrica da água (CEa) preparadas a partir da adição de NaCl na água do sistema de abastecimento: 0,4 (controle), 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m^{-1} , em duas cultivares de amendoim (BR-1 e L-7), formando um arranjo fatorial 5 x 2, com os tratamentos dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis repetições.

As sementes utilizadas no experimento foram fornecidas pela EMBRAPA - CNPA, Campina Grande - PB. O semeio foi realizado em recipientes plásticos de 25 L de capacidade, preenchidos com uma camada de 2 kg de brita + 3 kg de areia + 20 kg de material do solo contendo 5% de húmus. O material de solo usado para o preenchimento dos vasos foi do tipo Cambissolo, cujas características, determinadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG de acordo com metodologias propostas por Embrapa (1997), estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características físico-hídricas e químicas do solo utilizado no experimento

Características avaliadas	Valor
Classificação textural	Franco-argilo-arenoso
Densidade aparente - kg dm ⁻³	1,34
Porosidade - %	49,43
Capacidade de campo (30 kPa)	12,95
Ponto de murchamento (1500 kPa)	4,66
Água disponível - %	8,29
Complexo sortivo - cmol _c dm ⁻³	
Soma de bases (S)	2,44
Cálcio (Ca ⁺²)	0,88
Magnésio (Mg ⁺²)	1,35
Sódio (Na ⁺)	0,09
Potássio (K ⁺)	0,12
Hidrogênio (H ⁺)	1,98
Alumínio (Al ⁺³)	0,20
Matéria orgânica (M.O.) - g kg ⁻¹	1,17
pH em água (1:2,5)	5,70
CEsusp.(1:2,5) - dS m ⁻¹	0,27

O solo foi adubado utilizando-se 0,87 g kg⁻¹ de superfosfato simples e 0,13 g kg⁻¹ de cloreto de potássio, níveis apropriados para cultivo em vasos (NOVAIS et al., 1991). A adubação de cobertura constou da aplicação de uma solução contendo 2,5 g de nitrato de cálcio e 0,4 g de cloreto de potássio, dissolvidos em 100 mL na água de irrigação, iniciando-se 22 dias após a semeadura (25/06) e repetida quinzenalmente.

A quantidade do sal utilizado no preparo das águas de irrigação foi determinada de forma a se obter a CEa desejada, com base na relação mg L⁻¹ = 640 x CEa (RHOADES et al., 2000). As irrigações foram realizadas a cada cinco dias, desde a germinação, levando-se em consideração o consumo de água pela cultura, que foi determinado para cada nível de salinidade da água de irrigação, mediante a diferença entre o volume de água aplicado e o drenado. No intervalo de 20 dias aplicou-se uma fração de lixiviação de 0,01.

O controle fitossanitário foi realizado à base de benlate 500 (fungicida sistêmico) e lanate (inseticida) a partir dos 45 dias após semeadura (DAS) e repetido quinzenalmente. As pulverizações foram feitas sempre ao final da tarde com pulverizador costal manual.

Realizaram-se as medições de emissão da fluorescência da clorofila *a* aos 93 DAS, às 16:00 h, utilizando-se o instrumento PEA (Plant Efficiency

Analyser, Hansatech Norfolk, UK), segundo metodologia descrita por DaMatta et al. (1997). Antes das medições as folhas foram mantidas no escuro durante 30 minutos, sendo determinados os seguintes parâmetros: fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica (Fv/Fm). Determinaram-se ainda, aos 105 DAS, as variáveis de crescimento: número de folhas (NF), matéria seca da parte aérea (MSPA) e área foliar (AF) e as de produção: número de frutos (NFRUT) e peso de 10 sementes (P 10SEM).

Na contagem do NF consideraram-se apenas as que estavam expandidas e de cor verde típica da cultivar; obteve-se a MSPA após secagem do material em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C, até a obtenção de peso constante; estimou-se a área foliar a partir de amostras de discos retirados de várias partes da folha com a ajuda de um vazador de área conhecida (0,20 cm²); os discos e as demais partes das folhas foram colocados separadamente em sacos de papel e postos em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até peso constante. Posteriormente, usou-se a equação: AF = (fitomassa seca das folhas x área do disco x número de discos) / (fitomassa seca dos discos).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste 'F' e regressão. Para o fator "nível de salinidade" realizou-se análise de regressão, por ser um fator quantitativo. Para o fator "cultivar", por ser

qualitativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE). A variável número de folhas foi transformada em $\sqrt{x+1}$ (FERREIRA, 2000). O modelo platô também foi utilizado para avaliar os efeitos da salinidade da água para a variável NFRUT (MAAS; HOFFMAN, 1977).

Resultados e discussão

Crescimento e Produção

Os níveis de salinidade (NS) afetaram significativamente ($p < 0,01$) todas as variáveis estudadas. Para o fator cultivar (CV) também houve efeito significativo ($p < 0,05$) nas variáveis NF e MSPA; enquanto a interação NS x CV foi significativa apenas para a MSPA aos 105 DAS. De acordo com as equações de regressão, o modelo que melhor ajustou os dados para o NF, a MSPA e a AF foi o linear, para o P 10SEM o quadrático e para o NFRUT foi o modelo platô.

Ao final do período experimental, o NF foi afetado significativamente ($p < 0,01$) pelos níveis de salinidade da água de irrigação. Em referência ao fator cultivar, notou-se efeito significativo ($p < 0,05$), mas não se constatou influência da salinidade sobre o NF entre as cultivares, por não ter sido significativa a interação NS x CV aos 105 DAS.

De acordo com a equação de regressão, o modelo que melhor se ajustou para o NF foi o linear, com um decréscimo de 4,1% por aumento unitário da CEa (Figura 1). Segundo Fageria (1989), em condições de deficiência hídrica induzida pelo efeito osmótico (seca fisiológica), é comum ocorrerem alterações morfológicas e anatômicas nas plantas como medida de manter a absorção de água e reduzir a taxa de transpiração. Dentre as mudanças morfológicas se destacam a redução do tamanho e o número de folhas. Conforme Távora e Melo (1991), a deficiência hídrica reduz a produção de matéria seca do amendoim. No entanto, algumas oleaginosas podem ser consideradas tolerantes às condições de seca, como o gergelim (BELTRÃO, 2001) e a mamona (SOUZA et al., 2007).

Vários autores observaram decréscimos no número de folhas quando as culturas são cultivadas sob estresse salino, como por exemplo: Silva et al. (2008), trabalhando com mamoneira submetida a diferentes níveis de condutividade da água de irrigação (0,7 a 6,7 dS m^{-1}), verificaram redução linear do NF, aos 80 DAS, de 9,9 e 7,5% por aumento unitário da CEa para as cultivares BRS Paraguaçu e Energia, respectivamente; Gurgel et al. (2003), em experimento com aceroleira

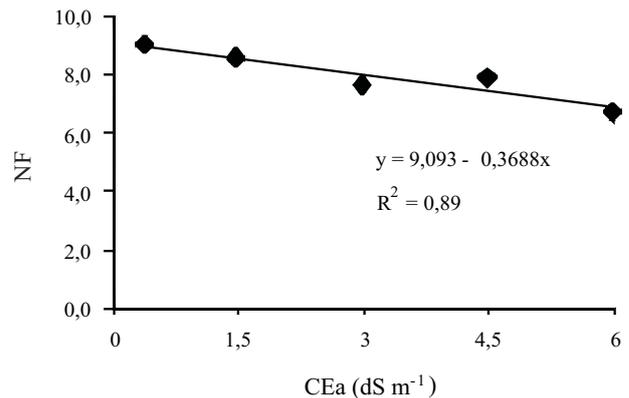


Figura 1 - Número médio de folhas (NF) em plantas de amendoim em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 105 dias após o semeio

em condições de salinidade, observaram que o número de folhas sofreu decréscimo de 11,7% por incremento unitário da CEa aos 50 DAS.

A MSPA apresentou decréscimo linear de 13,9 e 11,6% para as cultivares BR-1 e L-7, respectivamente, por incremento unitário da CEa (Figura 2). Dantas et al. (2002), trabalhando com 50 genótipos de caupi sob condições de salinidade, constataram que todos os genótipos apresentaram reduções significativas na produção de matéria seca das folhas em função do aumento da salinidade do solo. A redução sofrida pela MSPA foi mais acentuada para a cultivar BR-1, que se mostrou menos tolerante às condições de salinidade.

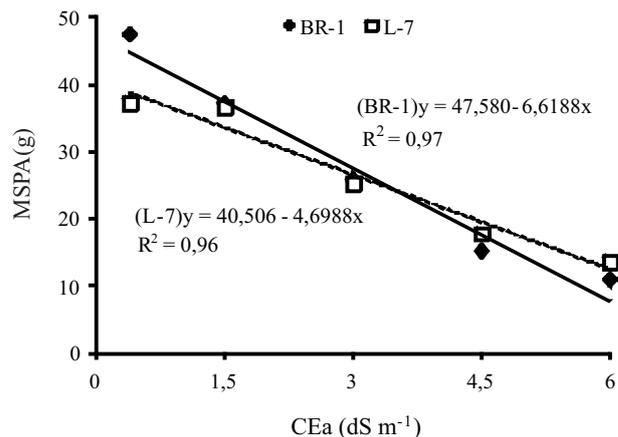


Figura 2 - Matéria seca média da parte aérea (MSPA) em plantas de amendoim das cultivares BR-1 e L-7 em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 105 dias após o semeio

Quanto à AF, constatou-se decréscimo de 8,7% por aumento unitário da CEa (Figura 3). Reduções na AF decorrente do aumento da salinidade da água de irrigação e, conseqüentemente, da solução do solo, também se relacionam com um possível mecanismo endógeno de controle que a planta desenvolve em condições de estresse para diminuir a transpiração. Souza Junior et al. (2005), trabalhando com algodoeiro colorido (BRS verde) sob estresse salino, notaram que a fitomassa seca da parte aérea e a área foliar foram as variáveis mais afetadas pelo aumento da salinidade da água de irrigação. A redução da AF decorre, provavelmente, da diminuição do volume das células (SOUZA, 1995) que, em associação com reduções na atividade fotossintética, contribui para a adaptação das culturas à salinidade.

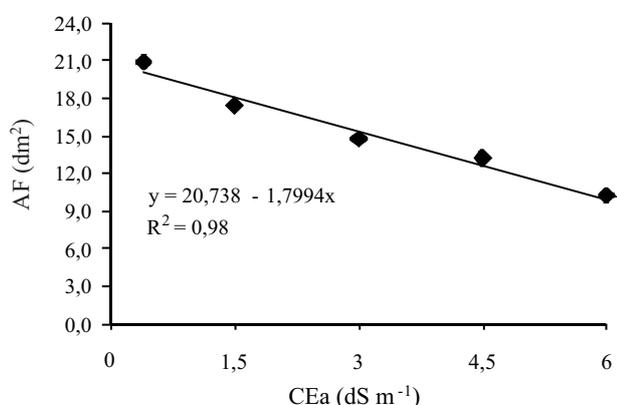


Figura 3 - Área foliar média (AF) em plantas de amendoim em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 105 dias após semente

Dentre as variáveis de crescimento estudadas, a MSPA foi a que se mostrou mais indicada para avaliar a tolerância dos dois cultivares de amendoim à salinidade uma vez que foi a que apresentou maior queda.

A salinidade afetou significativamente o NFRUT, o qual apresentou decréscimo total de 36,0% no nível mais elevado da salinidade da água de irrigação (CEa = 6,0 dS m⁻¹). A produção máxima do amendoineiro, correspondente a 100% da produção do NFRUT, foi de 5,33 frutos. Por meio do estudo do modelo platô (MASS; HOFFMAN, 1977) aplicado aos dados de produção relativa, verificou-se que a salinidade limiar foi de 1,095 dS m⁻¹ e a produção relativa para valores de CEa acima desse valor decresceu 7,3% por aumento unitário da CEa (Figura 4A), indicando que águas com até 2,0 ou 3,0 dS m⁻¹ podem ser utilizadas no cultivo desta espécie, com reduções relativamente pequenas (< 20%) no número de

frutos. Redução de produção pela salinidade também foi constatada por Souza Junior et al. (2005), em experimento com algodão colorido, tendo sido observada diminuição de 6,6% no número de capulho por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação.

O P 10SEM apresentou decréscimo total de 78,3% no nível de 6,0 dS m⁻¹ (Figura 4B). Conforme Rhoades et al. (2000), a salinidade do solo causada pela irrigação com água salina e/ou pela combinação dos fatores água, solo e manejo das culturas pode, em geral, resultar em redução no número de frutos, no peso dos frutos e sementes, influenciando diretamente a produção.

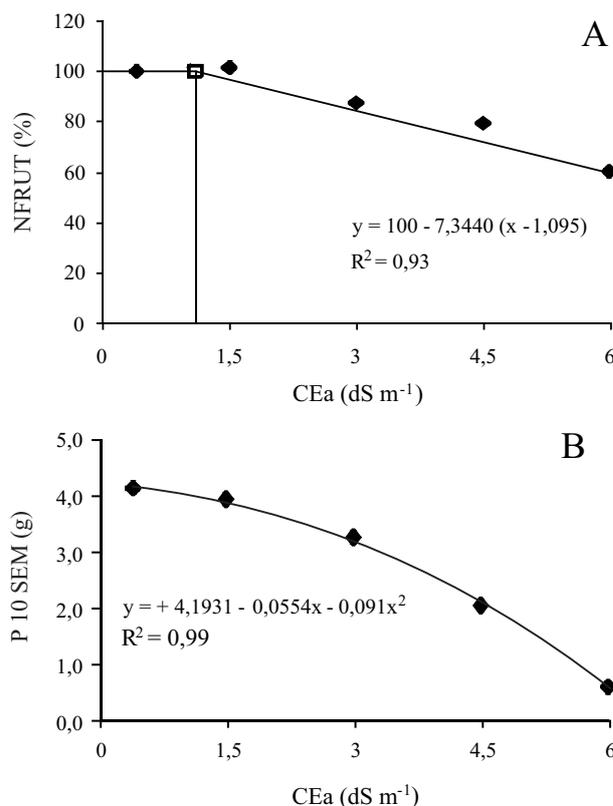


Figura 4 - Percentagem média do número de frutos - NFRUT (A) e peso de 10 sementes - P 10SEM (B) em plantas de amendoim em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 105 dias após a semente

Esses resultados estão associados aos efeitos da salinidade da água de irrigação sobre a fisiologia da planta, promovendo distúrbios metabólicos, principalmente em relação à absorção da água e de nutrientes do solo e à redução da área foliar, o que implica em menor superfície fotossintetizante e, em consequência, no menor rendimento

da cultura, interferindo diretamente no número de frutos e no peso de 10 sementes.

Eficiência Fotoquímica

Observou-se, com base na análise de variância (Tabela 2), que nenhuma das variáveis analisadas, que avaliam a eficiência do aparelho fotossintético do amendoimzeiro, foi afetada pelos níveis de sais da água de irrigação. Portes e Magalhães (1993), no entanto, trabalhando com 12 genótipos de feijão submetidos a estresse salino, não observaram diferenças significativas para a atividade fotoquímica nos materiais testados.

Bjorkman e Demming (1987) mediram a emissão da fluorescência da clorofila em espécies dos grupos de plantas C3 e C4 e encontraram diferenças entre as espécies dos diferentes grupos e entre folhas crescidas ao sol e à sombra da mesma espécie. Esses autores sugeriram que a determinação da relação Fv/Fm se constitui em excelente método para a avaliação da atividade fotoquímica do

fotossistema II (FSII) e mostraram, ainda, que os valores absolutos para a emissão da fluorescência, Fo e Fm, mostraram diferenças significativas entre as espécies de plantas C3.

Observa-se, na Tabela 2, que os tratamentos não influenciaram significativamente a razão (Fv/Fm). No entanto, verifica-se que as médias variaram de 0,73 a 0,86, estando de acordo com os resultados obtidos por Bjorkman e Demming (1987) que, trabalhando com diferentes espécies e ambientes, obtiveram um valor médio de 0,83. Já Li et al. (2004), trabalhando com 99 espécies nativas de diferentes habitats da Mongólia, citam valores que variaram de 0,57 a 0,79.

O fato dos parâmetros associados à emissão da fluorescência (Fo, Fm, Fv e Fv/Fm) não terem diferido entre as cultivares, pode indicar que os materiais testados são geneticamente muito próximos em relação à atividade fotoquímica.

Tabela 2 - Resumo da ANOVA e médias dos fatores para CEa e cultivar para as variáveis fluorescência inicial (Fo), máxima (Fm), variável (Fv) e eficiência quântica (Fv/Fm) em plantas de amendoim, aos 93 dias após o semeio

Causa de Variação	Quadrados Médios			
	Fo	Fm	Fv	Fv/Fm
Nível Salino (NS)	9517,3 ^{ns}	808382,9 ^{ns}	929377,9 ^{ns}	0,015 ^{ns}
Cultivar (CV)	2520,8 ^{ns}	254472,3 ^{ns}	282658,1 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Interação.(NS x CV)	7696,1 ^{ns}	403037,6 ^{ns}	461700,1 ^{ns}	0,011 ^{ns}
Resíduo	10492,0	306256,0	356007,0	0,007
CV%	21,04	20,43	26,82	10,20
Nível de Salinidade (dS m-1)	Médias			
0,4	513,00	3034,7	2521,7	0,829
1,5	418,83	3037,8	2637,0	0,869
3,0	496,50	2742,5	2238,5	0,841
4,5	488,33	2570,2	2086,3	0,793
6,0	517,50	2157,3	1639,8	0,736
Cultivar				
BR – 1	496,0 a	2616,4 a	2127,6 a	0,796 a
L – 7	477,7 a	2800,6 a	2321,7 a	0,820 a
DMS	78,02	421,52	454,47	0,063

** Significativo ($p < 0,01$), * Significativo ($p < 0,05$) e ^{ns} Não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade

Conclusões

1. A salinidade afetou negativamente todas as variáveis de crescimento e produção avaliadas;
2. A cultivar BR-1 mostrou-se mais sensível à salinidade da água de irrigação;
3. A produção, em termos de número de frutos e peso de 10 sementes, decresceu com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação;
4. A partir da salinidade limiar de 1,095 dS m⁻¹, o número de frutos decresceu 7,3% por aumento unitário da CEa;
5. Os níveis de salinidade da água de irrigação não influenciaram os parâmetros associados à emissão da fluorescência da clorofila *a*.

Referências

BAKER, N. R.; ROSENQVST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.

BELTRÃO, N. E. de M. **A cultura do amendoim na agricultura familiar brasileira**. 2004. Disponível em: <<http://www.embrapa.br:8080/aplic/rumos.nfs>>. Acesso em: 01 set. 2008.

BELTRÃO, N. E. de M. Potencial da cultura do gergelim para a região Nordeste, em especial para o estado da Bahia. **Bahia Agrícola**, v. 04, n. 02, p. 49-51, 2001.

BJÖRKMANN, O.; DEMMIG, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, v. 170, n. 04, p. 489-504, 1987.

DAMATTA, F. M. *et al.* Photosynthesis in coffee (*Coffea arabica* and *C. canephora*) as affected by winter and summer conditions. **Plant Science**, v. 128, n. 01, p. 43-50, 1997.

DANTAS, J. P. *et al.* Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 06, n. 03, p. 425-430, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de análises de solo e água**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA, DPU, 1989. 425 p. (Documento, 18.)

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000, 422 p.

GURGEL, T. M. *et al.* Estresse salino na germinação e formação de porta-enxerto de aceroleira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 07, n. 01, p. 31-36, 2003.

LAZÁR, D. Chlorophyll *a* fluorescence induction. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1412, p. 1-28, 1999.

LI, Y. G. *et al.* Traits of chlorophyll fluorescence in 99 plants species from the sparse-elm grassland in Hunshandak Sandland. **Photosynthetica**, v. 42, n. 02, p. 243-249, 2004.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance-current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division of ASCE**, v. 103, n. 01, p. 115-134, 1977.

MOUGET, J.; TREMBLIN, G. Suitability of the fluorescence monitoring system (FM, Hansatech) for measurement of photosynthetic characteristics in algae. **Aquatic Botany**, v. 74, n. 03, p. 219-231, 2002.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. *In: Métodos de pesquisa em fertilidade de solo*. Brasília: EMBRAPA. 1991. 392 p. (Documentos, 3).

PERCIVAL, G. C.; FRASER, G. A. Measurement of the salinity and freezing tolerance of *Crataegus* genotypes using chlorophyll fluorescence. **Journal of Arboriculture**, v. 27, n. 05, p. 233-245, 2001.

PERCIVAL, G.; FRASER, G.; GILLIAN, A. Foliar salt tolerance of *Acer* genotypes using chlorophyll fluorescence. **Journal of Arboriculture**, v. 29, n. 02, p. 61-65, 2003.

PINTO, C. de M. *et al.* Crescimento, distribuição do sistema radicular em amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 03, p. 429-436, 2008.

PORTES, T. A.; MAGALHÃES, A. C. N. Análise comparativa de diferentes genótipos de feijão através da medição da fluorescência da clorofila *a* e do balanço de O₂. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 05, n. 01, p. 17-23, 1993.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB. 2000. 117 p. (Estudos da FAO - Irrigação e Drenagem, 48).

SAS/STAT User's Guide. *In: SAS INSTITUTE. SAS Onlinedoc: Version 8.2, Cary, 2000. CDROM.*

SILVA, S. M. S. *et al.* Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 04, p. 335-342, 2008.

SOUZA, M. R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. CV Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação**. 1995. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SOUZA, A. S. *et al.* Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. II - crescimento e produtividade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 04, p. 422-429, 2007.

SOUZA JUNIOR, S. P. *et al.* Germinação, crescimento e produção do algodoeiro colorido BRS verde sob estresse salino.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 09, p. 236-241, 2005. Suplemento.

TÁVORA, F. J. A. F.; MELO, O. I. F. Resposta de cultivares de amendoim a ciclos de deficiência hídrica: crescimento vegetativo, reprodutivo e relações hídricas. **Revista Ciência**

Agrônômica, v. 22, n. 01-02, p. 47-60, 1991.

TORRES NETTO, A. *et al.* Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll *a* fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, v. 104, n. 02, p. 199-209, 2005.