

## TROCAS GASOSAS E EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA DO GERGELIM SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO COM NITRATO-AMÔNIO

**ADAAN SUDÁRIO DIAS<sup>1</sup>; GEOVANI SOARES DE LIMA<sup>2</sup>; HANS RAJ GHEYT<sup>3</sup>; REGINALDO GOMES NOBRE<sup>4</sup>; PEDRO DANTAS FERNANDES<sup>5</sup> E FRANCISCO ALVES DA SILVA<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Rua Aprígio Veloso, 882 -Universitário, Campina Grande, PB, sudario\_dias@hotmail.com

<sup>2</sup>Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Rua Jario Vieira Feitosa, 1770, Bairro dos Pereiros, Pombal, PB, geovani.soares@ccta.ufcg.edu.br

<sup>3</sup>Núcleo de Engenharia de Água e Solo, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Rua Rui Barbosa, 710 -Centro, Cruz das Almas, BA. hans@pq.cnpq.br

<sup>4</sup>Departamento de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semiárido, UFERSA, Avenida Universitária Leto Fernandes, km 01, Sítio Esperança II, Zona Rural Caraúbas, RN, rgomesnobre@yahoo.com.br

<sup>5</sup>Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Rua Aprígio Veloso, 882 -Universitário, Campina Grande, PB, pedrodantasfernandes@gmail.com

<sup>6</sup>Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Rua Jario Vieira Feitosa, 1770, Bairro dos Pereiros, Pombal, PB, franliro@ccta.ufcg.edu.br

### 1 RESUMO

Na região semiárida a qualidade da água usada na irrigação varia tanto em termos geográficos quanto ao longo do ano, sendo comum a ocorrência de águas com elevada concentração de sais, evidenciando a necessidade de pesquisas visando à obtenção de tecnologias que possam minimizar os efeitos deletérios da salinidade às plantas. Deste modo, objetivou-se com este trabalho avaliar as trocas gasosas e a fluorescência da clorofila *a* do gergelim cv. CNPA G3 irrigado com águas salinizadas e adubação com diferentes combinações de nitrato e amônio. O experimento foi conduzido em vasos adaptados como lisímetros em condições de casa-de-vegetação no município de Campina Grande, PB. Os tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 5, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>) e cinco combinações de nitrato-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e amônio-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (200:0; 150:50; 100:100; 50:150; 0:200 mg de N kg<sup>-1</sup> de solo), com três repetições. A salinidade da água de irrigação a partir de 0,6 dS m<sup>-1</sup> promoveu depleção nas trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* do gergelim cv. CNPA G3; a adubação com nitrogênio na forma amoniacal (0/200 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) proporcionou efeito negativo sobre a condutância estomática, transpiração foliar e a eficiência quântica potencial do gergelim; o fornecimento de N na forma mista, sobretudo, nas plantas irrigadas com água de elevada salinidade, promoveu incremento na concentração interna de CO<sub>2</sub>. Houve interação significativa entre os níveis salinos e as combinações de nitrato e amônio para condutância estomática, transpiração foliar e eficiência quântica potencial do gergelim cv. CNPA G3.

**Palavras-chave:** *Sesamum indicum* L., Qualidade de água. N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Fotossíntese.

**DIAS, A. S.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. A. da**

## GAS EXCHANGE AND PHOTOCHEMICAL EFFICIENCY OF SESAME UNDER SALINE STRESS AND NITRATE-AMMONIUM FERTILIZATION

### 2 ABSTRACT

In the semiarid region the quality of water used for irrigation varies both geographically and during the year, and water with high salt concentration is a common occurrence, indicating the need for research to find technologies that can minimize the deleterious effects of salinity on plants. Thus, the aim of this study was to evaluate gas exchange and chlorophyll *a* fluorescence of sesame cv. CNPA G3 irrigated with saline water and fertilized with different combinations of nitrate and ammonium. The experiment was conducted in lysimeters under greenhouse conditions in the municipality of Campina Grande, PB. Treatments were distributed in randomized blocks, in a 5 x 5 factorial scheme, with five levels of electrical conductivity of the irrigation water-EC<sub>w</sub> (0.6, 1.2, 1.8, 2.4 and 3.0 dS m<sup>-1</sup>) and five combinations of nitrate-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and ammonium-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (200:0, 150:50, 100:100, 50:150, 0:200 mg of N kg<sup>-1</sup> of soil), with three replicates. The salinity of irrigation water from 0.6 dS m<sup>-1</sup> promoted depletion in gas exchange and chlorophyll *a* fluorescence of sesame cv. CNPA G3; fertilization with nitrogen in ammoniacal form (0/200 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) affected negatively stomatal conductance, leaf transpiration and potential quantum efficiency of sesame; the supply of N in mixed form, especially in plants irrigated with high salinity water, promoted increase in internal CO<sub>2</sub> concentration. There was significant interaction between saline levels and nitrate and ammonium combinations for stomatal conductance, leaf transpiration and quantum efficiency of sesame cv. CNPA G3.

**Keywords:** *Sesamum indicum* L. Water quality. N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Photosynthesis.

### 3 INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.), pertence à família *Pedaliacea* e tem a África como seu centro de origem devido ao grande número de espécies do gênero *Sesamum* neste continente (SOUSA et al., 2014). Sua principal utilização é *in natura*, e compo os produtos da indústria alimentícia e de panificação (QUEIROGA et al., 2008). O plantio desta cultura ocorre principalmente nas pequenas propriedades do Nordeste em condições de sequeiro, região onde é comum a ocorrência de águas salinas. Trata-se de uma cultura que não tolera pH do solo abaixo de 5,5 ou acima de 8,0 e é extremamente sensível à salinidade e à alcalinidade (GRILO JÚNIOR; AZEVEDO, 2013).

Devido à ocorrência de águas com elevada concentração de sais na região semiárida, especialmente no nordeste brasileiro e, a sensibilidade da cultura ao estresse salino, torna-se uma necessidade o desenvolvimento de pesquisas que tenham como propósito a obtenção de tecnologias que possam minimizar os efeitos deletérios da salinidade sobre a cultura do gergelim, já que é quase obrigatória, a utilização de águas salinas na agricultura nesta região, pois, a salinidade é um dos estresses abióticos que mais limita o crescimento, desenvolvimento e a produtividade das plantas em todo o mundo (FREIRE et al., 2014).

Submetidas a estresses abióticos, como a salinidade da água, as plantas apresentam sintomas de alterações no estado funcional das membranas dos

tilacóides dos cloroplastos, que provocam mudanças nas características dos sinais de fluorescência (SILVA et al., 2011) e funcionamento do fotossistema II (PSII) que é um indicador da eficiência no uso da radiação fotoquímica e, conseqüentemente, na assimilação de CO<sub>2</sub> pelas plantas (FREIRE et al. 2014).

O uso de águas salinas causa redução no potencial osmótico na solução do solo, diminuindo a disponibilidade de água às plantas, podendo causar fechamento estomático limitando a condutância estomática e a transpiração, reduzindo conseqüentemente, a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (SILVA et al., 2010). Contudo, a irrigação com águas salinas está condicionada à tolerância das culturas à salinidade e às práticas de manejo da irrigação e adubação (LIMA et al., 2015).

A adubação, sobretudo nitrogenada, destaca-se como importante prática de manejo. De acordo com Lima et al. (2012), o nitrogênio além de promover o crescimento vegetal pode reduzir o efeito deletério do estresse salino. Devido, às funções exercidas por este nutriente no metabolismo vegetal, fazendo parte de compostos orgânicos, como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, pigmentos fotossintéticos, prolina e compostos quaternários de amônio, entre eles a glicina betaína. O acúmulo destes solutos pode aumentar a capacidade de ajustamento osmótico das plantas glicófitas ao estresse salino (SILVA et al., 2008). Além disso, existem evidências de competição na absorção entre nitrato e cloreto, de modo que o aumento na concentração de um pode diminuir ou inibir a absorção do outro.

O nitrogênio (N) encontra-se disponível para as plantas em diferentes formas, sendo o nitrato-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e o amônio-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> as formas minerais de nitrogênio encontradas em condições naturais (HELALI et al., 2010). O seu suprimento sob diferentes formas iônicas causa efeitos complexos sobre o crescimento e a

atividade metabólica das plantas (GUO et al., 2012), e pode acarretar respostas fisiológicas positivas e negativas (BARTELHEIMER; POSCHLOD, 2013).

A adubação nitrogenada, exclusivamente como NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pode resultar em diminuição da produção de matéria seca em plantas que apresentam baixa capacidade de reduzir nitrato (ALI et al., 2007). Por outro lado, altos níveis de amônio nos tecidos celulares, podem ser tóxicos e provocar efeitos negativos sobre o crescimento radicular e da parte aérea (HACHIYA et al. 2012), causando distúrbios fisiológicos e nutricionais (HOLZSCHUH et al., 2011).

Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar as trocas gasosas e a fluorescência da clorofila *a* do gergelim cv. CNPA G3 irrigado com águas de diferentes salinidades e adubado com diferentes combinações de nitrato e amônio.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida, entre novembro de 2015 e fevereiro de 2016, em vasos adaptados como lisímetros em condições de casa-de-vegetação no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), localizada no município de Campina Grande, PB, situado nas coordenadas geográficas 7°15'18'' latitude S, 35°52'28'' de longitude W e altitude média de 550 m. De acordo com a classificação climática de Köppen adaptado ao Brasil (COELHO; SONCIN, 1982), o clima de Campina Grande – PB é do tipo CSa, ou seja, mesotérmico, semiúmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono a inverno.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados em arranjo fatorial 5 x 5, com três repetições, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação

– CEa (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>) e cinco combinações de nitrato-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e amônio-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - CNA (200:0; 150:50; 100:100; 50:150; 0:200 mg N kg<sup>-1</sup> de solo).

Os diferentes níveis de salinidades da água usada na irrigação foram preparados mediante dissolução dos sais NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O na água de abastecimento do município de Campina Grande - PB, de modo a se obter proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente. Conforme Medeiros et al. (2003) essa relação catiônica é comumente encontrada nas fontes de água utilizada para irrigação, na maioria das propriedades do Nordeste brasileiro. Os níveis salinos foram obtidos

considerando a relação entre CEa e a concentração de sais (10\*mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>= CEa dS m<sup>-1</sup>), extraída de Richards (1954).

Utilizaram-se para o cultivo, lisímetros de 20 L de capacidade; contendo furo na base para permitir a drenagem, acoplada a um dreno transparente de 4 mm de diâmetro. Abaixo de cada dreno havia uma garrafa plástica para a coleta de água drenada visando estimativa do consumo de água pela planta. Os lisímetros foram preenchidos, com uma camada de 0,5 kg de brita seguido de 24,5 kg de solo, cujas características químicas e físicas estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características\* químicas e físicas do solo utilizado no experimento

Características químicas							
pH(H <sub>2</sub> O) (1:2,5)	M.O (dag kg <sup>-1</sup> )	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> .....(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ).....	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	CE <sub>es</sub> (dS m <sup>-1</sup> )
6,24	10,79	48,00	0,28	1,82	7,41	5,23	2,50
Características físicas							
Fração granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )			CT	Umidade (kPa)		PT (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	DA (kg dm <sup>-3</sup> )
Areia	Silte	Argila		(dag kg <sup>-1</sup> )			
656,60	175,00	168,40	FA	28,84	10,42	53,64	1,27

\*Determinadas conforme metodologia proposta por Claessen (1997).

M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1 M pH 7,0; Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup> extraídos utilizando-se CaOAc 0.5 M pH 7,0; CE<sub>es</sub> – Condutividade elétrica do extrato de saturação; CT- Classe textural; FA – Franco Arenoso; PT- Porosidade total; DA- Densidade aparente.

Avaliaram-se nesta pesquisa a cultivar CNPA G3 de gergelim que de acordo com Lima et al. (2013), possui porte médio, ciclo entre 90 e 100 dias, hábito de crescimento ramificado, floração e maturação uniformes. Apresenta um fruto/axila e semente de coloração creme e é resistente a mancha angular e por isso é indicada para a região semiárida nordestina, onde esta é a principal doença da cultura.

Antes da semeadura elevou-se o teor de umidade do solo a capacidade de campo, utilizando-se água de acordo com os tratamentos pré-estabelecidos. Após a semeadura, a irrigação foi realizada diariamente, sendo o volume aplicado determinado de acordo com a necessidade

hídrica das plantas, estimado pelo balanço de água: volume aplicado menos o volume drenado na irrigação anterior.

Foram semeadas quinze sementes de gergelim cultivar CNPA G3 em cada lisímetro, posteriormente realizaram-se os desbastes em duas etapas, momento em que as plantas se apresentavam com dois e três pares de folhas definitivas, aos 20 e 30 dias após a semeadura (DAS) respectivamente, deixando-se uma planta por vaso.

A adubação com fósforo e potássio foi realizada em fundação, conforme Novais et al. (1991), sendo aplicado 300 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 150 mg de K<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup> de solo, utilizando o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente. Como fonte

de  $\text{N-NO}_3^-$  usou-se o nitrato de cálcio e de  $\text{N-NH}_4^+$  o cloreto de amônio. As combinações de  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{NH}_4^+$  foram parcelados em cinco aplicações iguais em intervalos de dez dias, sendo a primeira aplicação realizada aos 15 DAS. Com o objetivo de inibir a nitrificação do  $\text{N-NH}_4^+$  aplicado ao solo, a cada aplicação com o cloreto de amônio foi utilizado um inibidor de nitrificação, a dicianodiamida na dose de 10% em relação ao nitrogênio ( $\text{NH}_4^+$ ) total (TRENKEL, 1997).

Avaliaram-se as trocas gasosas e a fluorescência da clorofila *a* do gergelim aos 60 DAS, período de transição da fase de floração para frutificação. Determinaram-se as trocas gasosas na folha mediana e intacta do ramo produtivo intermediário da planta, através da condutância estomática - *g<sub>s</sub>* ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  - *A* ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração - *E* ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e concentração interna de  $\text{CO}_2$  - *C<sub>i</sub>* ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ). De posse destes dados, determinaram-se a eficiência instantânea no uso de água - *EiUA* [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$ ] e eficiência instantânea da carboxilação - *EiCi* [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$ ], através das relações entre *A/C<sub>i</sub>* e *A/E*, respectivamente (SUASSUNA et al., 2014), utilizando-se um analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo "LCPro+" da ADC BioScientific Ltda.

A fluorescência da clorofila *a* foi mensurada mediante determinação da

fluorescência inicial (*F<sub>o</sub>*), fluorescência máxima (*F<sub>m</sub>*), fluorescência variável (*F<sub>v</sub>*) e a eficiência quântica potencial (*F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>*) em folhas pré-adaptadas ao escuro mediante uso de pinças foliares durante 30 minutos, entre as 7:0 e 8:0 horas da manhã, na folha mediana do ramo produtivo intermediário da planta, utilizando-se fluorômetro modulado Plant Efficiency Analyser – PEA II®.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, quando significativo, realizada a análise de regressão polinomial para o fator níveis de salinidades da água e o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para comparação de médias referentes às combinações de nitrato e amônio, utilizando-se do software estatístico SISVAR-ESAL 5.1 (FERREIRA, 2011).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme resumo da análise de variância (Tabela 2), o fator níveis salinos afetou significativamente a transpiração, a eficiência instantânea de carboxilação ( $p < 0,01$ ) e a condutância estomática e taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $p < 0,05$ ). As combinações de nitrato e amônio afetaram a eficiência instantânea no uso da água e a *g<sub>s</sub>* ( $p < 0,05$ ) e a *E* ( $p < 0,01$ ). Já para a interação entre os fatores (NS x CNA), houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) apenas para a *g<sub>s</sub>* e a concentração interna de  $\text{CO}_2$  (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para condutância estomática (*gs*), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), taxa transpiratória (*E*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*Ci*), eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*) e eficiência instantânea de carboxilação (*EiCi*) de plantas de gergelim cv. CNPA G3 irrigadas com águas salinas e adubadas com combinações de nitrato e amônio.

Fonte de variação	Quadrado médio						
	GL	<i>gs</i>	<i>A</i>	<i>E</i>	<i>Ci</i>	<i>EiUA</i>	<i>EiCi</i>
Níveis salinos (NS)	4	0,02*	100,4*	1,5**	7617,0 <sup>ns</sup>	3,5 <sup>ns</sup>	0,06**
Reg. linear	1	0,08**	347,7**	5,2**	28844,6*	0,1 <sup>ns</sup>	0,21**
Reg. quadrática	1	0,01 <sup>ns</sup>	33,0 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	77,2 <sup>ns</sup>	6,0 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
Nitrato:amônio (CNA)	4	0,02*	4,9 <sup>ns</sup>	1,6**	7075,0 <sup>ns</sup>	21,1*	0,01 <sup>ns</sup>
Interação (NS x CNA)	15	0,02*	40,1 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	8040,0*	7,9 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,01 <sup>ns</sup>	13,2 <sup>ns</sup>	1,4*	3040,5 <sup>ns</sup>	21,8 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
Resíduo	49	0,007	34,5	0,3	4344,6	8,3	0,01
CV (%)		19,8	14,4	15,9	18,6	16,4	19,6

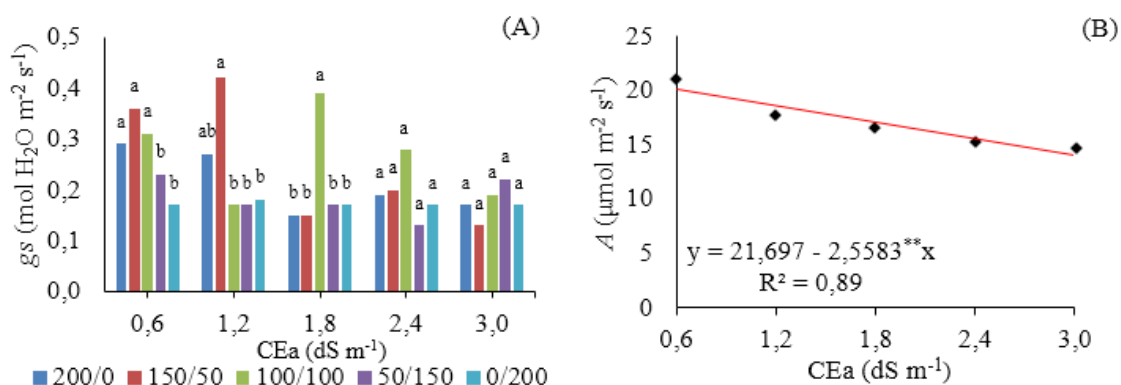
<sup>ns</sup>, \*\*, \* respectivamente não significativo, significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$

Com base na Figura 1A, observa-se que a interação entre os fatores salinidade da água de irrigação e as combinações de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> interferiu significativamente na condutância estomática das plantas de gergelim quando foram irrigadas com águas de CEa de 0,6; 1,2 e 1,8 dS m<sup>-1</sup>, sendo os maiores valores para esta variável obtidos quando as plantas de gergelim receberam adubação com combinação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:NH<sub>4</sub><sup>+</sup> de 150/50 e irrigação com CEa de 0,6 e 1,2 dS m<sup>-1</sup> e de 100/100 quando as plantas foram irrigadas com água de 1,8 dS m<sup>-1</sup>, indicando que o NH<sub>4</sub><sup>+</sup> como única fonte de N influencia negativamente esta variável. A diminuição na *gs* em função da adubação com íons NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ainda não está completamente elucidada (LOPES; ARAUS, 2006). Contudo, Britto & Kronzucker (2002) citam que tal declínio pode ocorrer em função de vários fatores simultâneos, como por exemplo, a redução da concentração foliar de potássio, elemento importante para o funcionamento normal dos estômatos.

O fechamento estomático também pode ser consequência do menor potencial hídrico foliar em decorrência da salinidade da água de irrigação em que as plantas foram submetidas, bem como a redução da condutividade hidráulica das raízes; situação que ocorre em plantas adubadas com elevadas quantidades de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, reduzindo o transporte de água para parte aérea (ADLER et al., 1996)

A salinidade da água de irrigação afetou negativamente a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), sendo que os dados se ajustaram ao modelo linear (Figura 1B), com decréscimos na *A* de 11,79% por aumento unitário da CEa. Essa redução na taxa fotossintética deve-se à diminuição na quantidade de água absorvida e CO<sub>2</sub> fixado pela planta em função do fechamento estomático em razão da diminuição no potencial osmótico do solo decorrente do aumento da CEa de irrigação. Além disso, a maior resistência difusiva dos estômatos, também promove redução na fotossíntese, principalmente pela restrição da condução gasosa da folha (KERBAUY, 2008).

**Figura 1.** Condutância estomática –  $g_s$  de gergelim cv. CNPA G3, em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e as diferentes combinações de nitrato e amônio (A) e taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  -  $A$  em função da CEa (B).



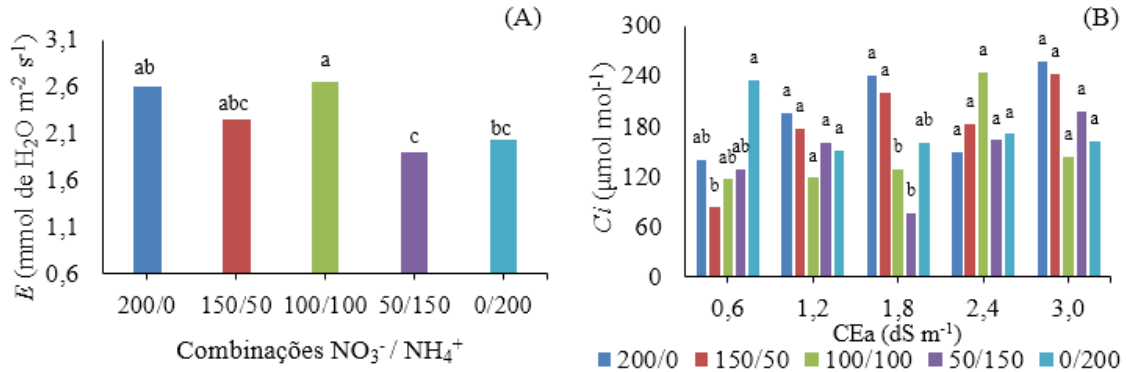
Médias com letras diferentes indica que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Verifica-se através do teste de comparação de médias (Figura 2A) que as plantas de gergelim cultivadas com 200/0; 150/50; e 100/100 de  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ , ou seja, com a fonte nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ) superior ou igual ao  $\text{NH}_4^+$  não apresentaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) na transpiração foliar, sendo que o maior valor para esta variável alcançado sob a adubação com 100/100  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  e, a partir desta combinação, à medida que se aumentou a dose de  $\text{NH}_4^+$  para 50/150 e 0/200, constatou-se redução na transpiração. Observa-se ainda (Figura 2A) que as combinações de 50/150 e 0/200  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  promoveram os menores valores para  $E$  (1,89 e 2,02 mmol de  $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), evidenciando, efeito negativo do excesso de amônio quando fornecido como única fonte

de N, e que o adequado balanço entre as fontes nítrica e amoniacal pode promover o melhor desenvolvimento desta cultura.

Conforme Bittsánszky et al. (2015), a redução na transpiração foliar ocorre devido ao excesso de amônio, ocasionar diminuição no pH intracelular e desequilíbrio osmótico, podendo aumentar o conteúdo de espécies reativas de oxigênio, induzindo o estresse oxidativo, o que resulta em alterações fisiológicas. Em contrapartida Hachiya et al. (2012) relatam que apesar da redução de  $\text{NO}_3^-$  para  $\text{NH}_4^+$  consumir grandes quantidades de equivalentes redutores esse processo tem um papel funcional na manutenção da homeostase redox no citosol, evitando a produção de espécies reativas de oxigênio.

**Figura 2.** Transpiração foliar -  $E$  do gergelim cv. CNPA G3, sob distintas combinações de nitrato e amônio (A) e concentração interna de  $\text{CO}_2$  -  $A$  em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação -  $\text{CEa}$  e as diferentes combinações de nitrato e amônio (B).



Médias com letras diferentes indica que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

A concentração interna de  $\text{CO}_2$  do gergelim cv. CNPA G3 foi influenciada significativamente pela interação entre os fatores em estudo (NS x CNA) e, conforme o teste de médias (Figura 2B), houve diferença significativa das distintas combinações de nitrato e amônio apenas quando utilizaram-se níveis de  $\text{CEa}$  de 0,6 e 1,8  $\text{dS m}^{-1}$ . Contudo, a irrigação com o maior nível de salinidade (3,0  $\text{dS m}^{-1}$ ) e adubação com 200/0 e 150/0  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  proporcionou os maiores valores para  $C_i$ . Tal situação, indica que o  $\text{CO}_2$  fixado nas células do mesófilo foliar não está sendo utilizado para a síntese de açúcares durante a fotossíntese, com seu consequente acúmulo (FREIRE et al., 2014), sugerindo interferência de algum fator nesse processo, fato este confirmado a partir dos dados da taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (Figura 1B), em que neste estudo também apresentou diminuição nas plantas cultivadas com o maior salino (3,0  $\text{dS m}^{-1}$ ).

As combinações de nitrato e amônio influenciaram a  $C_i$  quando as plantas de gergelim foram submetidas à irrigação com água de condutividade elétrica de 0,6 e 1,8  $\text{dS m}^{-1}$ . Nas plantas de gergelim cultivadas com água de menor  $\text{CEa}$  (0,6  $\text{dS m}^{-1}$ ), a maior concentração de  $\text{CO}_2$  foi obtida quando usou-se unicamente o cloreto de amônio como fertilizante (0/200 de  $\text{NO}_3^-$  e

$\text{NH}_4^+$ ). De acordo com Guo et al. (2012), o incremento na  $C_i$  das plantas adubadas com a maior proporção de  $\text{NH}_4^+$  pode ser atribuído aos efeitos adversos do excesso da nutrição com amônio nas plantas, pois, este cátion em excesso pode promover o fechamento estomático, resultando em inibição da taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$ .

Em relação à eficiência instantânea no uso de água ( $EiUA$ ), observa-se através do teste de médias (Figura 3A), que o  $\text{NO}_3^-$  utilizado como fonte de nitrogênio em combinação igual ou superior ao de amônio (100/100; 150/50 e 200/0 de  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ) promoveu redução desta característica, onde o menor valor de  $EiUA$  [ $6,51 (\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$ ] foi obtido quando adubaram-se as plantas com a combinação de 100/100 de nitrato/amônio, já a maior  $EiUA$  [ $9,49 (\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$ ] foi alcançada quando as plantas foram submetidas a combinação de 50/150 de nitrato e amônio. Cruz et al. (2008), em estudo avaliando a influência da adubação com nitrato e amônio no cultivo de mandioca, também observaram redução na  $EiUA$ , quando as plantas foram submetidas a adubação unicamente nitríca. Os referidos autores explicam que a  $EiUA$  das plantas cultivadas com  $\text{NH}_4^+$  foi mantida à custa do fechamento estomático, pois, conforme mencionado anteriormente é

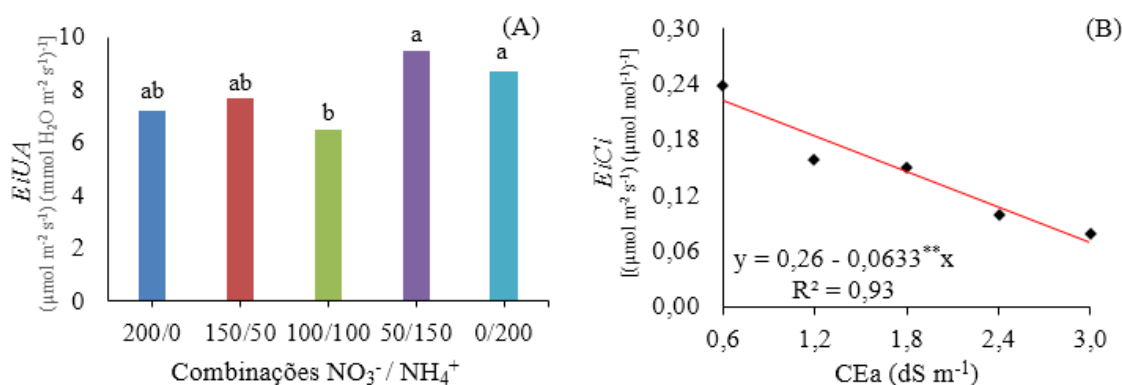


um efeito adverso da nutrição exclusiva com amônio, em consequência promove limitação na taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (GUO et al., 2012).

Assim como verificado para a taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (Figura 1B), a eficiência instantânea de carboxilação também foi influenciada negativamente pela CEa de irrigação e, os dados obtidos para esta variável melhor se ajustaram ao modelo linear (Figura 3B). De acordo com a equação de regressão, a taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  apresentou redução de 24,35% por aumento unitário de CEa, ocasionando uma diminuição de 58,43% da  $EiCi$  nas plantas irrigadas com água de 3,0  $\text{dS m}^{-1}$  quando comparadas com as plantas irrigadas com

água de 0,6  $\text{dS m}^{-1}$ . A  $EiCi$  é influenciada pela concentração interna de  $\text{CO}_2$ , que em condições de salinidade tende a aumentar em detrimento da taxa fotossintética. Desse modo, a redução da taxa fotossintética com consequente aumento da  $Ci$  ocasiona redução desta variável. Por outro lado, valores reduzidos da  $Ci$  associado ao aumento na  $g_s$  geram um acréscimo na  $EiCi$ . Além disso, quando as concentrações de  $\text{CO}_2$  intercelulares são muito baixas, o influxo deste componente nas células do mesófilo é restringido, assim, a planta utiliza o  $\text{CO}_2$  proveniente da respiração para manter um nível mínimo de taxa fotossintética, tornando-a limitada (SILVA et al., 2015).

**Figura 3.** Eficiência instantânea no uso da água –  $EiUA$  pelo o gergelim cv. CNPA G3, sob distintas combinações de nitrato e amônio (A) e eficiência instantânea de carboxilação -  $EiCi$  (B), em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa.



Médias com letras diferentes indica que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Analisando a Tabela 3, observa-se efeito significativo dos níveis salinos ( $p < 0,01$ ) sobre a fluorescência variável (Fv) e rendimento quântica potencial (Fv/Fm). As combinações de nitrato e amônio

influenciaram de forma significativa ( $p < 0,01$ ) a fluorescência inicial e Fv/Fm. A interação entre os fatores (NS x CNA), promoveu influência significava apenas sobre a Fv/Fm.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica potencial (Fv/Fm) das plantas de gergelim irrigadas com águas salinas e adubadas com diferentes combinações de nitrato e amônio.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Fo	Fm	Fv	Fv/Fm
Níveis salinos (NS)	4	999,2 <sup>ns</sup>	2077,6 <sup>ns</sup>	11995,2 <sup>**</sup>	0,03 <sup>**</sup>
Reg. linear	1	3854,2 <sup>*</sup>	7062,9 <sup>ns</sup>	34227,5 <sup>**</sup>	0,10 <sup>**</sup>
Reg. quadrática	1	18,7 <sup>ns</sup>	937,2 <sup>ns</sup>	5415,4 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Nitrato e amônio (CNA)	4	2293,5 <sup>**</sup>	4288,1 <sup>ns</sup>	5749,7 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>**</sup>
Interação (S x CNA)	15	560,6 <sup>ns</sup>	4684,2 <sup>ns</sup>	2649,8 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>*</sup>
Blocos	2	675,4 <sup>ns</sup>	3734,9 <sup>ns</sup>	11538,6 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>**</sup>
Resíduo	49	557,9	3129,1	2948,3	0,004
CV (%)		14,6	7,4	9,6	8,6

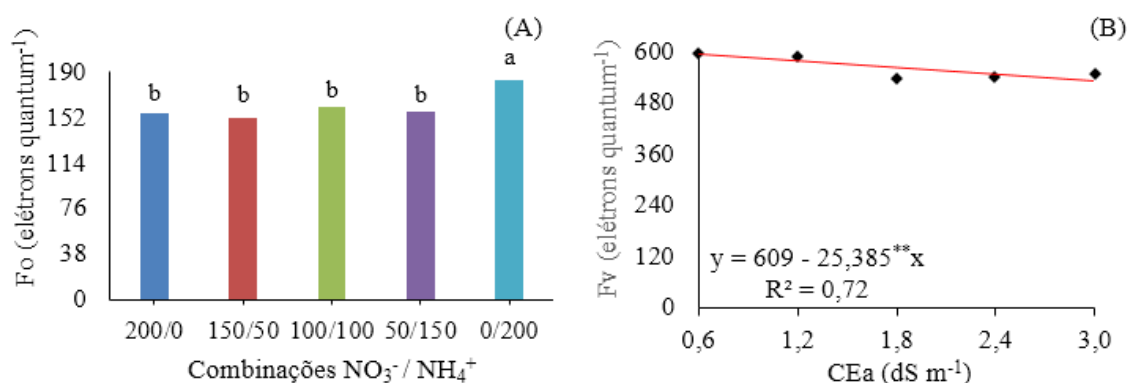
<sup>ns</sup>, <sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup> respectivamente não significativo, significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ;

As combinações de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  promoveram influência significativa sobre a fluorescência inicial (Fo), e com base no teste de comparação de médias (Figura 4A) constata-se aumento expressivo desta variável quando as plantas foram adubadas unicamente com fonte de amônio (0/200 de  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ), sendo o menor valor para esta variável (151,27) obtido quando as plantas de gergelim foram submetidas a adubação com 150/50 de  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ , equivalente a uma redução de 17,31% na Fo em relação àquelas adubadas com 0/200 de nitrato/amônio. Conforme Vieira et al. (2010) a emissão da Fo ocorre dentro do estágio rápido da fluorescência, representando a energia liberada pelas moléculas de clorofila *a* da antena do fotossistema II, antes dos elétrons migrarem para o centro de reação P 680 (PSII), sendo o componente mínimo da fluorescência e,

representa perda fotoquímica pouco influenciável pela presença ou não do N.

No entanto, Baker & Rosenqvist (2004), afirmam que o aumento na Fo pode ocorrer, quando há dano no centro de reação do fotossistema II, ou por uma redução na transferência de energia de excitação do sistema coletor de luz para o centro de reação. Essa afirmação sugere que o excesso de amônio tenha promovido dano ao centro de reação do PSII ou depleção na transferência de energia de excitação, possivelmente devido as mudanças bioquímicas e fisiológicas na planta causadas por este cátion, como: alterações no pH intracelular, no equilíbrio osmótico, no metabolismo de hormônios (LI et al., 2014), aumenta o conteúdo de  $\text{O}_2^-$  e  $\text{H}_2\text{O}_2$ , podendo causar estresse oxidativo, diminuir os teores de clorofila e de carotenóides (WANG et al., 2010).

**Figura 4.** Fluorescência inicial (Fo) do gergelim cv. CNPA G3, sob distintas combinações de nitrato e amônio (A) e fluorescência variável (Fv) em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (B).



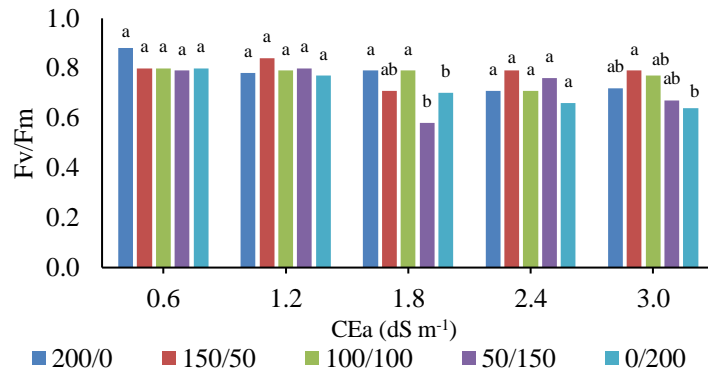
Médias com letras diferentes indica que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

A fluorescência variável (Fv) do gergelim cv. CNPA G3 foi influenciada negativamente pelos níveis de salinidade da água de irrigação e, conforme equação de regressão (Figura 4B) houve uma diminuição linear na Fv de 4,17% por incremento unitário da CEa, ou seja, as plantas irrigadas com 3,0 dS m<sup>-1</sup> tiveram uma redução de 68,54 elétrons quantum<sup>-1</sup> em relação as que estavam sob irrigação com água de 0,6 dS m<sup>-1</sup>, prejudicando, com isto, a atividade fotoquímica nas folhas, pois maior Fv reflete a capacidade da planta em transferir a energia dos elétrons ejetados das moléculas dos pigmentos para a formação do redutor NADPH, ATP e ferredoxina reduzida (Fdr) e, conseqüentemente, maior a capacidade de assimilação do CO<sub>2</sub> na fase bioquímica da fotossíntese (BAKER, 2008).

A eficiência quântica potencial (Fv/Fm) também foi influenciada pela

interação dos fatores – NS x CNA (Tabela 3) de modo que as combinações de nitrato e amônio promoveram efeito significativo sobre esta variável somente quando as plantas de gergelim foram irrigadas com água de 1,8 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>. Nota-se através do teste de médias (Figura 5) que sob CEa de 1,8 e 3,0 dS m<sup>-1</sup> à medida que se elevou o nível de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> acima de 100/100 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, ocorreu redução na eficiência quântica potencial. Além disso, com adubação na combinação de 50/150 e 0/200 de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, as plantas de gergelim irrigadas com CEa de 1,8 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente, apresentaram resultados inferiores de Fv/Fm, quando comparadas as plantas adubadas com NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup> de 200/0; 150/50 e 100/100. Tal situação confirma o efeito negativo do NH<sub>4</sub><sup>+</sup> como única fonte de N em plantas de gergelim cv. CNPA G3, assim como observado anteriormente para a *gs* (Figura 1A) e para *E* (Figura 2A).

**Figura 5.** Eficiência quântica potencial (Fv/Fm) do gergelim cv. CNPA G3, em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e diferentes combinações de nitrato e amônio



Médias com letras diferentes indica que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

A Fv/Fm é razão entre a fluorescência variável e máxima, e expressa a eficiência de captura de energia de excitação pelos centros de reação abertos do PSII que pode representar a eficiência quântica do transporte de elétrons. A sua diminuição ocorre como resultado da redução da fração dos centros de reação do PSII, causando baixa nas reações fotoquímicas (aumento do *quenching* não fotoquímico) (BAKER; OXBOROUGH, 2004). Além disso, Baker (2008) sugere que essa redução da Fv/Fm dar-se quando as plantas são expostas a estresses abióticos bem como quando submetidas a estresse-induzido, como a salinidade da água de irrigação e excesso de amônio como ocorrido neste estudo.

## 6 CONCLUSÕES

1. A salinidade da água de irrigação a partir de 0,6 dS m<sup>-1</sup> promove depleção nas trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* do gergelim cv. CNPA G3;
2. A adubação com nitrogênio na forma amoniacal (0/200 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

proporciona efeito deletério sobre a condutância estomática, transpiração foliar e a eficiência quântica potencial do gergelim cv CNPA G3.

3. O fornecimento de N na forma mista (nitrato e amoniacal), sobretudo, nas plantas irrigadas com água de elevada salinidade, promove incremento na concentração interna de CO<sub>2</sub> do gergelim.
4. Há interação significativa entre os níveis salinos e as combinações de nitrato e amônio para condutância estomática, transpiração foliar e eficiência quântica potencial do gergelim cv. CNPA G3.

## 7 AGRADECIMENTOS

Ao Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD/UFCG) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo ao primeiro e segundo autor e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade - INCTSal, pelo financiamento do projeto.

## 8 REFERÊNCIAS

- ADLER, P.R.; WILCOX, G.E.; MARKHART, A.H. Ammonium decreases muskmelon root system hydraulic conductivity. **Journal of Plant Nutrition**, New York, n.1-2, v.19, p.1395–1403, 1996.
- ALI, A.; SIVAKAMI, S.; RAGHURAM, N. Effect of nitrate, nitrite, glutamate, glutamine and 2- oxoglutarate on RNA, levels and enzyme activities of nitrate reductase and nitrite reductase in rice. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, Heidelberg, v.13, n.1, p.17-25, 2007.
- BAKER, B. Chlorophyll fluorescence: A probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, Boca Raton, v.59, n.1, p. 89-113, 2008.
- BAKER, N. R.; OXBOROUGH, K. Chlorophyll fluorescence as a probe of photosynthetic productivity. In: Papageorgiou, G.C., Govindjee (ed). **Chlorophyll a fluorescence: A signature of photosynthesis. Advances in photosynthesis and respiration**, v.19. Dordrecht: Springer. 2004. p.65-82
- BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: An examination of future possibilities. **Journal Experimental Botany**, Oxford, v.55, n.403, p.1607-1621, 2004.
- BARTELHEIMER, M, POSCHLOD, P. The response of grassland species to nitrate versus ammonium coincides with their pH optima. **Journal of Vegetation Science**, Hoboken, v. 25, n.3, p.760-770, 2014.
- BITTSÁNSZKY, A.; PILINSZK, K.; GYULAI, G.; KOMIVES, T. Overcoming ammonium toxicity. **Plant Science**, Limerick, v. 231, n. 4, p.184-190, 2015.
- BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H. J.  $\text{NH}_4^+$  toxicity in higher plants: A critical review. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.159, n.6, p.567–584, 2002.
- CLAESSEN, M.E.C. (org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 1997. 212p.
- COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Ed. Moderna. 1982. 368p.
- CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; ARAÚJO, W. L. Influência do nitrato e do amônio sobre a fotossíntese e a concentração de compostos nitrogenados em mandioca. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n.3, p. 643-649, 2008.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042. 2011.
- FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; NETO, A. J. L. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica,

biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.45, n.1, p.82-91, 2014.

GRILO JÚNIOR, J. A. S.; AZEVEDO, P. V. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do gergelim 'BRS Seda' na agrovila de Canudos, em Ceará Mirim (RN). **Revista Holos**, Natal, v.2, p.19-33, 2013.

GUO, X. R.; ZU, Y.G.; TANG, Z. H. Physiological responses of *Catharanthus roseus* to different nitrogen forms. **Acta Physiologiae Plantarum**, Warsaw, v.34, n.2, p.589-598, 2012.

HACHIYA, T.; WATANABE, C. K.; FUJIMOTO, M.; ISHIKAWA, T.; TAKAHARA, K.; KAWAI-YAMADA, M. Nitrate addition alleviates ammonium toxicity without lessening ammonium accumulation, organic acid depletion and inorganic cation depletion in *Arabidopsis thaliana* shoots. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v.53, n.3, p.577-591, 2012.

HELALI, S. M.; NEBLI, H.; KADDOUR, R.; MAHMOUDI, H.; LACHAËL, M.; OUERGHI, Z. Influence of nitrate-ammonium ratio on growth and nutrition of *Arabidopsis thaliana*. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.336, n.1, p.65-74, 2010.

HOLZSCHUH, M. J.; BOHNEN, H.; ANGHINONI, I.; PIZZOLATO, T.M.; CARMONA, F. C.; CARLOS, F. S. Absorção de nutrientes e crescimento do arroz com suprimento combinado de amônio e nitrato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.4, p.1357-1366, 2011.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 431p

LI, B.; LI, G.; KRONZUCKER, H. J.; BALUSKA, F.; SHI, W. Ammonium stress in *Arabidopsis*: signaling, genetic loci, and physiological targets. **Trends in Plant Science**, Cambridge, v. 19, n. 2, p. 107-114, 2014.

LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, A. O. Produção da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.46, n.1, p.1-10, 2015.

LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SOARES, S. S. Utilização de águas salinas e doses de adubação nitrogenada no cultivo da mamoneira cv. BRS Energia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.7, n.2, p.88-95, 2012.

LIMA, M. S. R.; ROCHA, M. S. BELTRÃO, N. E. M. Produção de sementes de gergelim In: BELTRÃO, N. E. M.; FERREIRA, L. L. F.; QUEIROZ, N. L.; PORTO, V. C. N. (Org.) **O gergelim e seu cultivo no semiárido brasileiro**. Natal: IFRN, cap. 6, 2013. p.85 – 101.

LOPES, M. S.; ARAUS, J. L. Nitrogen source and water regime effects on durum wheat photosynthesis and stable carbon and nitrogen isotope composition. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.126, n.3, p.435-445, 2006.

MEDEIROS, J. F. de; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, p.469-472, 2003.

QUEIROGA, V. P.; SILVA, O. R. R. F. **Tecnologias utilizadas no cultivo do gergelim mecanizado**. Campina Grande:EMBRAPA-CNPA, 2008. 142p. (Documentos, 203).

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: USDA, Department of Agriculture, 1954. 160 p. (Agriculture Handbook No. 60).

SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JUNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.23, n.4, p.7-13, 2010.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, F. P.; MELO, N. F.; AZEVEDO NETO, A. D. Physiological responses to salt stress in young umbu plants. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v.63, n.1-3, p.147-157, 2008.

SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; SILVA, S. L. F.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.68, n.1, p.62-68, 2011.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de beringela sob lâmina de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015.

SOUSA, G. G., VIANA, T. V.A., DIAS, C. N., SILVA, G. L., AZEVEDO, B. M. Lâminas de irrigação para cultura do gergelim com biofertilizante bovino. **Revista Magistra**, Cruz das Almas, v.26, n.3, p.347 - 356, 2014.

SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; BRITO, K. S. A. de; NASCIMENTO, R. do; MELO, A. S. de; BRITO, M. E. B. Trocas gasosas e componentes de crescimento em porta-enxertos de citros submetidos à restrição hídrica. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n.3, p.464-477, 2014.

TRENKEL, M. E. **Improving fertilizer use efficiency: Controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 1997. 151p.

VIEIRA, D. A. P.; PORTES, T. A.; STACCIARINI-SERAPHIN, E.; TEIXEIRA, J. B. Fluorescência e teores de clorofilas em abacaxizeiro cv. Pérola submetido a diferentes concentrações de sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.2, p.360-368, 2010.

WANG, C.; SONG, H. Z.; PEI F. W.; WEI, L.; JIE, L. Effects of ammonium on the anti-oxidative response in *Hydrilla verticillata*, L) royle plants. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Maryland Heights, v.73, n.2, p.189-195, 2010.