



## Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em milho sob estresse salino

### *Application methods of different concentrations of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in maize under salt stress*

Evandro Manoel da Silva<sup>\*1</sup>, Francisco Hélio Dantas Lacerda<sup>1</sup>, Aldair de Souza Medeiros<sup>2</sup>, Leandro de Pádua Souza<sup>3</sup>  
Francisco Hevilásio Freire Pereira<sup>4</sup>

**Resumo:** A aplicação exógena de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tem demonstrado eficiência na aclimação das plantas aos estresses bióticos e abióticos devido estimular a ativação do sistema de defesa antioxidativo. Neste sentido, objetivou-se com o trabalho avaliar a influência do método de aplicação de diferentes concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sobre o crescimento inicial de plantas de milho irrigadas água salina. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, com os tratamentos dispostos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2, correspondente as concentrações de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) de 0; 5; 10; 15 e 20 µmol L<sup>-1</sup> aplicados na sementeira via água de irrigação e, pulverização foliar aos 15 dias após a sementeira (DAS), com quatro repetições e unidade experimental constituída por um vaso de 3 L contendo duas plantas de milho híbrido 4051. As plantas foram irrigadas com água de CE de 2,0 dS m<sup>-1</sup>. As 28 DAS verificou-se que a aplicação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na sementeira e através de pulverização foliar promove aclimação de plantas de milho à salinidade da água de irrigação, aumentando a tolerância ao estresse salino. O maior crescimento inicial do milho é obtido nas concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> variando de 7 a 8 µmol L<sup>-1</sup>, sendo mais eficiente a aplicação na sementeira. O pré-tratamento de plantas de milho com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a partir de 15 µmol L<sup>-1</sup> incrementa o estresse, promovendo maiores danos ao crescimento vegetativo.

**Palavras-chaves:** *Zea mays* L., estresse salino, peróxido de hidrogênio, aclimação.

**Abstract:** Exogenous application of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> has established efficiency in acclimatization of plants to biotic and abiotic stresses due to stimulate the activation of antioxidant defense system. In this context, it was aimed with this work evaluate the effect of application method of different concentrations of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> on initial growth of maize plants irrigated saline water. The experiment was conducted in a greenhouse, with the treatments in a randomized completely design in a factorial 5 x 2 corresponding the hydrogen peroxide concentrations (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 0; 5; 10; 15:20 µmol L<sup>-1</sup> applied in sowing by irrigation water and foliar spray at 15 days after sowing (DAS), with four repetitions and experimental unit consisting of vessel a 3 L containing two plants hybrid maize 4051. The plants were irrigated with EC water of 2.0 dS m<sup>-1</sup>. The 28 DAS it was found what the application H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> at sowing and foliar spraying promote acclimatization of maize plants at salinity irrigation water, increasing tolerance to salt stress. The more initial growth of maize is obtained in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrations ranging from 7 to 8 µmol L<sup>-1</sup>, being more efficient the application at sowing. The pretreatment of maize plants with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> from 15 µmol L<sup>-1</sup> increasing stress, promoting further damage to vegetative growth.

**Key words:** *Zea mays* L., salt stress, hydrogen peroxide, acclimatization.

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 06/02/2016; aprovado em 10/07/2016

<sup>1</sup> Mestre em Agronomia - Horticultura Tropical, CCTA/UFMG, Pombal, Paraíba, Brasil. Fone (83) 98116-1622. E-mail: [evandroagroman@hotmail.com](mailto:evandroagroman@hotmail.com); [hellyo\\_07@hotmail.com](mailto:hellyo_07@hotmail.com)

<sup>2</sup> Doutorando em agronomia - Produção vegetal, CECA/UFAL, Rio Largo, Alagoas, Brasil. E-mail: [aldairmedeiros@gmail.com](mailto:aldairmedeiros@gmail.com)

<sup>3</sup> Mestrando em Agronomia - Horticultura Tropical, CCTA/UFMG, Pombal, Paraíba, Brasil. E-mail: [engenheiropadua@hotmail.com](mailto:engenheiropadua@hotmail.com);

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, Professor do CCTA/UFMG, Pombal, Paraíba, Brasil. E-mail: [fhpereira@ccta.ufcg.edu.br](mailto:fhpereira@ccta.ufcg.edu.br);



## INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) possui grande importância socioeconômica no Brasil, sendo explorado em muitos estados, cuja produção vem crescendo gradativamente (CENTEC, 2004). Dentre os cereais cultivados no país, o milho é o mais expressivo, com cerca de 54,37 milhões de toneladas de grãos produzidos, em uma área de aproximadamente 12,93 milhões de hectares. Representa 37% da produção nacional de grãos, sendo insumo básico para a avicultura e suinocultura (CONAB, 2010).

Além da disponibilidade, a qualidade da água é considerada um fator de fundamental importância para obtenção de elevadas produtividades. Dentre as características que determinam a qualidade da água para a irrigação a concentração de sais solúveis ou salinidade, é um dos principais fatores limitantes ao crescimento e desenvolvimento de algumas culturas (BEZERRA et al., 2010), como no caso do milho que é considerado moderadamente sensível a salinidade, sofrendo declínio na produção de matéria seca a partir da CEa de 1,6 dS m<sup>-1</sup> (MASS, 1993).

A salinidade reduz a disponibilidade de água para as plantas através do efeito osmótico, além de trazer problemas de efeito tóxicos de íons específicos sobre a fisiologia vegetal e desequilíbrio nutricional, a tal ponto de afetar o rendimento e a qualidade da produção (DIAS; BLANCO, 2010).

Uma das alternativas que pode minimizar o efeito do estresse salino nas plantas é a aclimação, que consiste em um processo de exposição prévia de um indivíduo a um determinado tipo de estresse, provocando mudanças metabólicas que são responsáveis pelo aumento de sua tolerância a uma nova exposição ao estresse (GONDIM et al., 2011).

A utilização de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) de forma exógena em quantidades pequenas nas plantas surge como uma alternativa promissora de aclimação das plantas ao estresse salino. Azevedo Neto et al. (2005) constataram que o pré-tratamento de plântulas de arroz utilizando H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em solução nutritiva, induziu a aclimação, conferindo maior tolerância à salinidade. Gondim et al. (2010), verificaram efeito semelhante em plantas de milho utilizando o pré-tratamento das sementes com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Outrossim, Gondim et al. (2011) observaram que a pulverização de plantas de milho com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> induziu aclimação das plantas ao estresse salino, revertendo parcialmente os efeitos deletérios da salinidade no crescimento.

O H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> consiste numa espécie reativa de oxigênio (EROS) capaz de oxidar lipídios de membranas, desnaturar proteínas e reagir com DNA, provocando mutações (SCANDALIOS, 2002). Em pequenas concentrações funciona como um importante sinalizador intracelular para a ativação de respostas ao estresse e de vias de defesas do vegetal, promovendo a tolerância cruzada (MITTLER, 2011).

Verifica-se que a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio através de vários métodos demonstra-se eficiente na aclimação de plantas à salinidade. Entretanto, não se encontra relatos sobre a forma mais eficiente de aplicação deste produto.

Neste sentido, objetivou-se com o trabalho avaliar a influência do método de aplicação de diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio sobre o crescimento inicial de plantas de milho irrigadas água salina.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em ambiente protegido, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal-PB, no período de 9 de julho a 6 de agosto de 2013. Segundo a classificação de Köppen, adaptada ao Brasil, o clima da região é classificado como BSh, semiárido quente, temperatura média anual de 28°C e precipitações pluviométricas em torno de 750 mm ano<sup>-1</sup>.

Utilizou-se o híbrido de milho 4051, cultivado sob vasos com volume de 3,0 L preenchido com solo de caráter aluvial, coletado às margens do Rio Piancó, no município de Pombal-PB.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2, correspondente as concentrações de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) de 0; 5; 10; 15 e 20 µmol L<sup>-1</sup> aplicados na semeadura e através de pulverização foliar, com quatro repetições e unidade experimental constituída por um vaso contendo duas plantas, totalizado 40 vasos no experimento.

As soluções de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> foram preparadas a partir de uma solução a 1mmol L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, com base no peso molecular, até atingir as concentrações desejadas.

A aplicação do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na semeadura foi feita via água de irrigação de condutividade elétrica (CEa) de 2 dS m<sup>-1</sup> no final da tarde, quando deixou-se o solo na capacidade de campo para o recebimento das sementes (semeadura). Em seguida, efetuou-se a semeadura na profundidade de 3 cm, com três sementes por vaso.

Após a emergência de plântulas e com a verificação da segunda folha visível, realizou-se o desbaste, deixando duas plantas por vaso, as mais vigorosas.

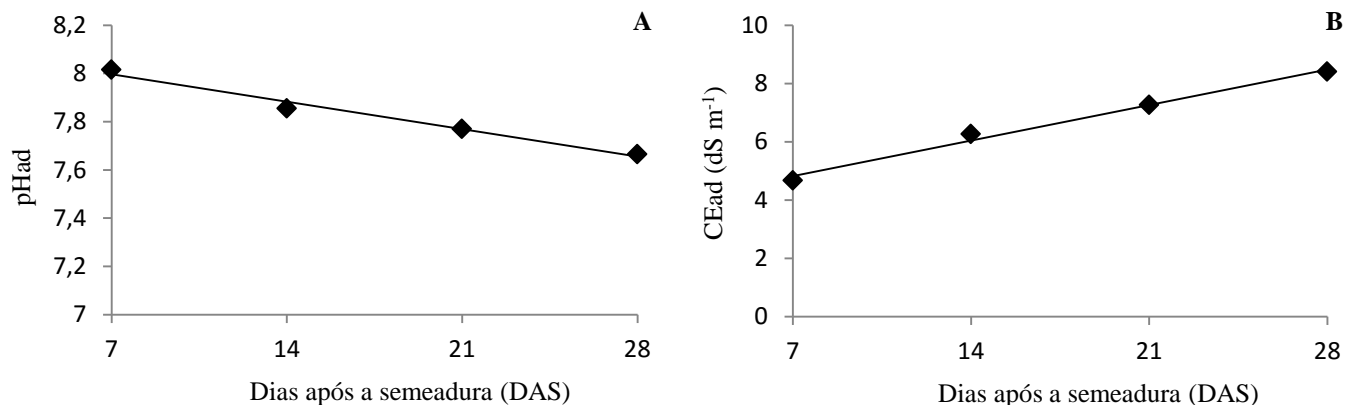
A aplicação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> através da pulverização foliar foi feito em uma única aplicação aos 15 dias após a semeadura (15 DAE) ao final da tarde, com uso de um borrifador manual.

Utilizou-se na irrigação água de condutividade elétrica (CEa) de 2 dS m<sup>-1</sup>, preparada a partir da água de abastecimento de CE de 0,3 dS m<sup>-1</sup> e adição de NaCl, obedecendo-se a relação entre CEa e a quantidade de sal (mg L<sup>-1</sup> = CE x 640) (DIAS et al. 2003). As irrigações foram realizadas diariamente, no final da tarde, de acordo com a necessidade hídrica das plantas, pelo processo de lisimetria de drenagem, determinando-se o volume a ser aplicado no vaso pela diferença entre o volume aplicado e o volume drenado da irrigação anterior (BERNARDO et al., 2006).

A adubação das plantas foi feita via água de irrigação, utilizando-se a solução nutritiva padrão de Hoagland & Arnon (1950) a 100%.

Nos períodos de 7, 14, 21 e 28 dias após a semeadura (DAS) foi aplicado uma fração de lixiviação de 10%, onde se coletou a água drenada (ad) dos vasos para determinação do pH<sub>ad</sub> e da condutividade elétrica (CE<sub>ad</sub>), cujos valores apresentados na Figura 1.

**Figura 1:** pH (A) e condutividade elétrica (CE) (B) da água drenada (ad) dos vasos do experimento contendo solo de caráter aluvial cultivado com milho aos 7, 14, 21 e 28 dias após a semeadura.



O crescimento das plantas foi avaliado aos 28 DAS através da altura de plantas (AP), diâmetro do colmo (DC), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e o teor de água na parte aérea das plantas (TA).

A AP foi determinada medindo-se as plantas da superfície do solo até a inserção da última folha visível (meristema apical) com uso de uma régua graduada. O DC foi medido a 3 cm do solo com uso de um paquímetro digital. Determinou-se o NF por contagem de folhas que estavam com o limbo foliar totalmente aberto. A MFPA foi determinada após secção da parte aérea/raiz das plantas no vaso, com posterior pesagem em balança de precisão de 0,01 g. Após secagem do material em estufa de circulação forçada de ar renovável a 65 °C por 48 horas, determinou-se a MSPA pela pesagem na mesma balança.

O TA foi determinado com base na massa fresca, conforme Guimarães e Stone (2008) através da equação 1:

$$TA = \frac{MFPA - MSPA}{MFPA} * 100 \quad \text{Eq. 1}$$

Em que: TA = Teor de água na parte aérea (%); MFPA = Massa fresca da parte aérea (g); MSPA = Massa seca da parte aérea (g).

**Tabela 1:** Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e teor relativo de água na parte aérea (TA) de plantas de milho híbrido 4051 irrigadas com água salina aos 28 DAS, submetidas à aplicação de diferentes concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na semeadura e pulverização foliar.

Fonte de variação	Quadrado médio						
	GL	AP	DC	NF	MFPA	MSPA	TA
Métodos de Aplicação (MA)	1	0,031 <sup>ns</sup>	0,795 <sup>**</sup>	0,756 <sup>*</sup>	49,239 <sup>*</sup>	2,965 <sup>ns</sup>	44,436 <sup>ns</sup>
Concentrações de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (C)	4	3,111 <sup>**</sup>	0,583 <sup>**</sup>	0,187 <sup>ns</sup>	88,860 <sup>*</sup>	1,906 <sup>ns</sup>	294,822 <sup>**</sup>
Reg. Linear	1	5,248 <sup>**</sup>	0,837 <sup>**</sup>	0,200 <sup>ns</sup>	164,394 <sup>**</sup>	1,731 <sup>ns</sup>	382,594 <sup>**</sup>
Reg. quadrática	1	7,085 <sup>**</sup>	1,415 <sup>**</sup>	0,437 <sup>ns</sup>	188,397 <sup>**</sup>	0,835 <sup>ns</sup>	769,494 <sup>**</sup>
Interação (MA x C)	4	0,464 <sup>**</sup>	0,119 <sup>*</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	11,824 <sup>ns</sup>	1,274 <sup>ns</sup>	6,501 <sup>ns</sup>
CV (%)	-	2,18	2,70	5,67	8,09	7,90	9,43

ns, \*\*, \* respectivamente não significativos, significativo a p < 0,01 e p < 0,05; CV: coeficiente de variação.

Analisando o desdobramento das concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dentro de cada método de aplicação, constata-se (Figura 2A) que a aplicação de concentrações crescentes de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> reduziu

Os dados foram avaliados mediante análise de variância pelo teste F em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão linear e polinomial quadrática para as doses de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, e teste tukey com probabilidade de 0,05 para comparação dos métodos de aplicação, utilizando do software estatístico SISVAR/UFLA. A escolha da regressão foi feita mediante a sua significância e melhor ajuste em base de coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no resumo da análise de variância (Tabela 1), verifica-se que houve interação significativa (P<0,01 e P<0,05) dos métodos de aplicação x concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sobre a AP e DC. Outrossim, observa-se que ocorreu efeito significativo isolado dos fatores métodos de aplicação (p<0,05) e concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (p<0,01) para NF e o TA, respectivamente. Enquanto que a MFPA sofreu efeito significativo isolado (p<0,05) de ambos os fatores. Além disso, constatou-se que a MSPA não foi afetada de maneira significativa pelos tratamentos.

o efeito da salinidade sobre a AP, promovendo efeito quadrático em ambos os métodos de aplicações, com os maiores valores de AP (12,83 e 12,56 cm) atingidos nas

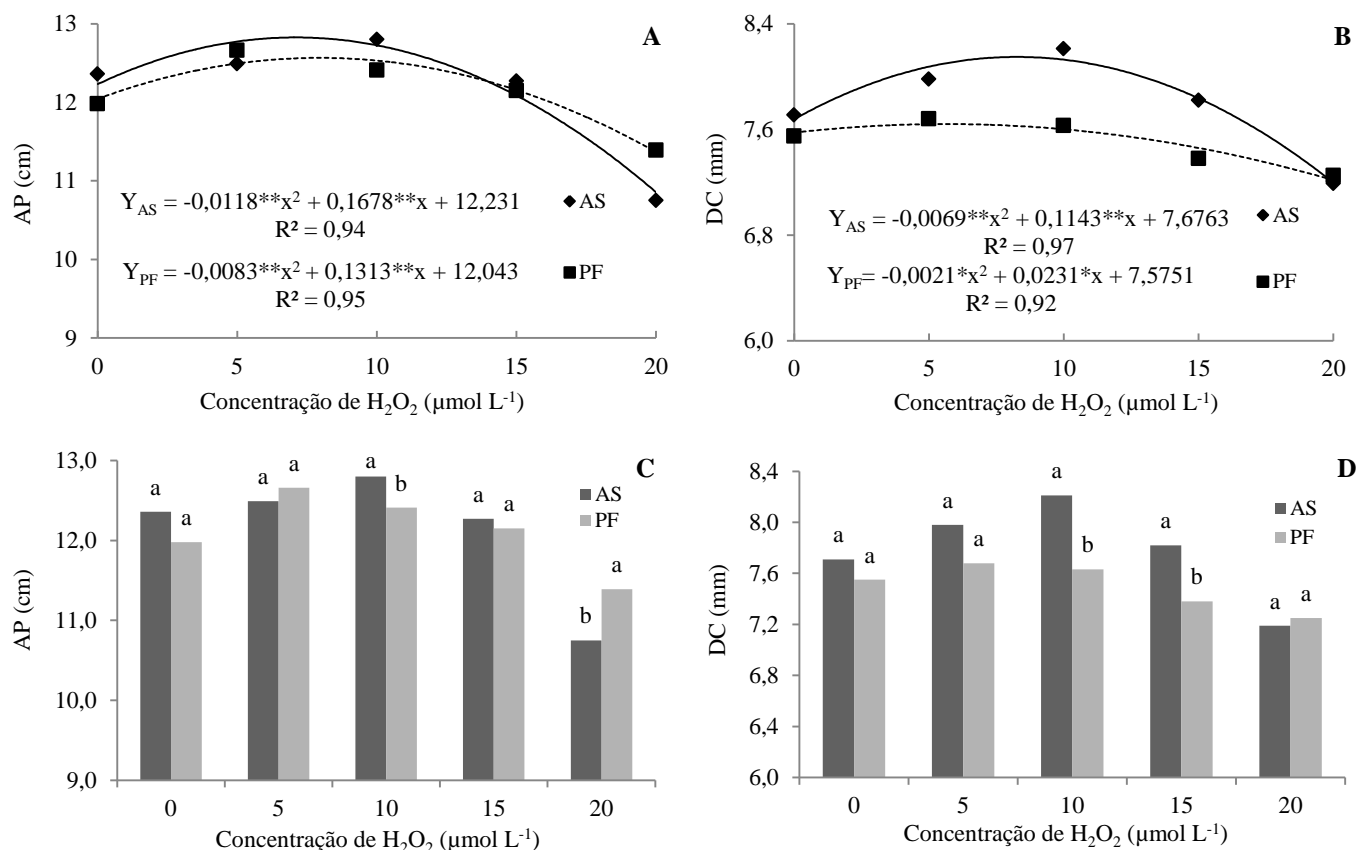
concentrações de 7,0 e 8,0  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , quando se utilizou método de aplicação na semente e pulverização foliar, respectivamente.

A aplicação de  $\text{H}_2\text{O}_2$  na semente e via foliar também causou efeito quadrático sobre o DC (Figura 2B), que atingiu valor máximo de 8,15 e 7,63 mm nas concentrações de 8,0 e 7,0  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , nos respectivos métodos de aplicação.

Esta ocorrência demonstra a eficiência de aplicação do produto na aclimação das plantas ao estresse salino. O  $\text{H}_2\text{O}_2$

funciona como uma molécula sinalizadora em plantas sob condições de estresses bióticos e abióticos (PETROV; BREUSEGEM, 2012), e quando aplicado em baixas concentrações nas plantas induzem o sistema de defesa de enzimas antioxidativas, minimizando os efeitos deletérios da salinidade (CARVALHO et al., 2011). Além disso, pode induzir a tolerância, promovendo o acúmulo de proteínas solúveis, carboidratos solúveis e  $\text{NO}_3^-$  bem como reduzindo os teores de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  nas plantas (GONDIM et al., 2011).

**Figura 2.** Altura de planta – AP (A e C) e diâmetro do colmo – DC (B e D) de plantas de milho híbrido 4051 irrigado com CEa de 2,0  $\text{dS m}^{-1}$  em função da concentração de  $\text{H}_2\text{O}_2$  aplicada na semente - AS e pulverização foliar – PF.



Considerando o método de aplicação dentro de cada concentração de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , verifica-se para AP (Figura 2C) que houve diferença significativa entre os métodos de aplicação com o uso das concentrações de 10 e 20  $\mu\text{mol L}^{-1}$ . A aplicação de 10  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  proporcionou maior valor de AP (12,8 cm) quando aplicado na semente, enquanto que a aplicação via foliar atribui maior valor da variável (11,39 cm) no uso da concentração de 20  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

Isto pode estar relacionado à menor eficiência de absorção pela folha, sendo necessária uma maior concentração de  $\text{H}_2\text{O}_2$  para estimular a sinalização ao estresse, enquanto que a aplicação na semente na concentração de 20  $\mu\text{mol L}^{-1}$  possa ter excedido o valor tolerado pela cultura devido a maior eficiência de absorção, resultando em incremento ao estresse oxidativo. Salienta-se que a aplicação de 10  $\mu\text{mol L}^{-1}$  do produto na semente foi mais eficiente na redução do estresse salino das plantas, por proporcionar maior valor de AP em relação às plantas pulverizadas com 20  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (Figura 2C).

Em relação ao DC (Figura 2D) verifica-se que houve diferença significativa entre os métodos de aplicação no uso das concentrações de 10 e 15  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Consta-se em ambas as concentrações que a aplicação na semente proporcionou maiores valores sobre o DC (8,21 e 7,63 mm, respectivamente).

Supõe que o  $\text{H}_2\text{O}_2$  aplicado via água de irrigação na semente tenha sido absorvido rapidamente pela semente, ou mesmo, posteriormente pelas raízes após o desenvolvimento do sistema radicular das plântulas, já que este produto tem a capacidade de se difundir livremente através de canais transportadores de água nas membranas (HENZLER; STEUDLE, 2000), induzindo a aclimação ainda na fase inicial de desenvolvimento das plantas.

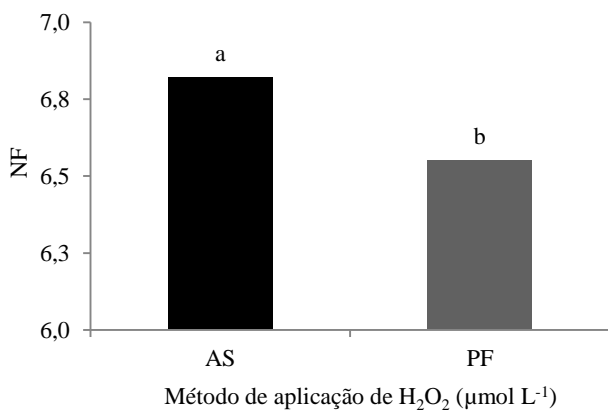
Como a aplicação via foliar iniciou-se apenas aos 15 DAS, sugere que o  $\text{H}_2\text{O}_2$  tenha agido tardiamente no processo de aclimação, se tornando menos eficiente. Carvalho et al. (2011) sugerem que a exposição mais prévia das plantas ao  $\text{H}_2\text{O}_2$ , pode resultar numa aclimação mais efetiva às condições de estresse salino. Além disso, barreiras físicas

existentes, como a epiderme e a camada de cutícula, que se tornam mais espessas em condições de estresse salino (RISTIC; JENKS, 2002) pode contribuir com menor eficiência de absorção do produto, resultando em menor efeito sobre aclimação das plantas.

Vê-se nas Figuras 2C e 2D que com aplicação da concentração a partir de 10 µmol L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ocorre diferença significativa entre os métodos de aplicação para o DC e AP de milho, demonstrando que esta dose, ou valor próximo, definem a resposta das plantas ao H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e a eficiência do método de aplicação. Carvalho et al. (2011) observaram que o pré-tratamento de plantas de arroz com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> nas doses de 1 e 10 µmol L<sup>-1</sup> em solução nutritiva promoveu a aclimação das plantas à salinidade de 100 mmol de NaCl, sendo o efeito mais pronunciado na utilização da menor dose (1 µmol L<sup>-1</sup>).

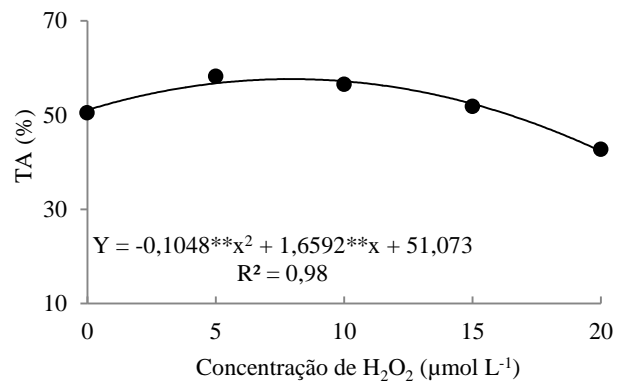
Independentemente da concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, verifica-se (Figura 3) que o método de aplicação na sementeira proporcionou maior NF (6,82 folhas por planta) em relação às plantas que receberam a pulverização foliar (6,55 folhas por planta). Deduz-se que a aplicação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> via foliar torna-se menos eficiente no ajustamento osmótico das plantas ao estresse salino, vindo as plantas a reduzir o número de folhas como mecanismo para diminuir as perdas de água por transpiração e adaptar-se melhor ao estresse (WILLADINO; CÂMARA, 2010).

**Figura 3.** Número de folhas – NF de plantas de milho híbrido 4051 irrigado com CEa de 2,0 dS m<sup>-1</sup> em função da aplicação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na sementeira - AS e pulverização foliar – PF.



O incremento na concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> contribui com o aumento do TA das plantas independentemente do método de aplicação utilizado (Figura 4). O melhor ajuste dos dados ocorreu em equação quadrática, cujo maior valor do TA (57,64%) foi obtido na concentração de 8,0 µmol L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. A aplicação do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em plantas de milho induz o maior acúmulo de proteínas e carboidratos solúveis (GONDIM et al., 2011), que atuam como solutos orgânicos, realizando o ajustamento osmótico das plantas com a salinidade no solo, culminando em maior absorção de água, e conseqüentemente, maior acúmulo de água na parte aérea. Outrossim, minimiza os efeitos da salinidade sobre a condutância estomática (CARVALHO et al., 2011), resultando em menor perda de água por transpiração.

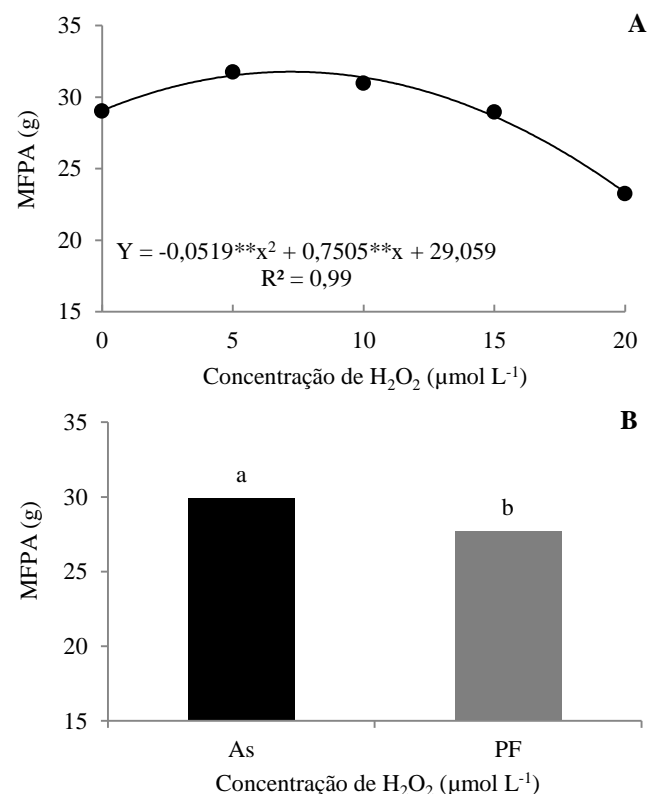
**Figura 4.** Teor de água na parte aérea – TA de plantas de milho híbrido 4051 irrigado com CEa de 2,0 dS m<sup>-1</sup> em função da aplicação de concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.



A MFPA foi afetada positivamente pela aplicação do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> até a concentração de 7 µmol L<sup>-1</sup>, que promoveu valor máximo de 31,77 g por planta (Figura 5A). Tal fenômeno pode estar relacionado ao efeito desta dose sobre a aclimação e o sistema de defesa das plantas ao estresse salino, incluindo ativação de sistema oxidativo enzimático, acúmulo de solutos orgânicos, redução na peroxidação de lipídeos e dano de membrana (AZEVEDO NETO et al., 2005; GONDIM et al., 2010; GONDIM et al., 2011; CARVALHO et al., 2011).

Em relação ao método de aplicação (Figura 5B), verificou-se que o maior valor da MFPA foi obtido quando se aplicou o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na sementeira. Isto reforça a possibilidade de que a utilização do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> o mais previamente possível, como ainda na fase de sementeira, induz as plantas a uma maior aclimação ao estresse salino.

**Figura 5.** Massa fresca da parte aérea – MFPA de plantas de milho híbrido 4051 irrigado com CEa de 2,0 dS m<sup>-1</sup> em função da concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (A) e aplicação na sementeira - AS e pulverização foliar – PF (B).



De maneira geral, constatou-se que o aumento das concentrações de  $H_2O_2$  a partir de  $9 \mu mol L^{-1}$  aplicadas na sementeira e via foliar promoveu decréscimos sobre a maioria das variáveis analisadas. O efeito no crescimento foi mais drástico com a utilização da concentração a partir de  $15 \mu mol L^{-1}$ , que promoveu valores inferiores sobre as variáveis em relação às plantas não tratadas com  $H_2O_2$ . Sugere que a partir desta dose o  $H_2O_2$  tenha se tornado tóxico para as plantas de milho. Altas concentrações desta espécie reativa de oxigênio induzem o estresse oxidativo, ocasionando a peroxidação lipídica, danos nas membranas celulares, degradação de proteínas, quebra da dupla fita do DNA e, ainda, a morte celular (RUTSCHOW et al., 2011; MØLLER et al., 2007; NGUYEN et al., 2009).

## CONCLUSÕES

A aplicação de  $H_2O_2$  na sementeira e pulverização foliar promove aclimação de plantas de milho à salinidade da água de irrigação na fase inicial de crescimento.

O maior crescimento inicial do milho híbrido 4051 é obtido nas concentrações de  $H_2O_2$  variando de  $7$  a  $8 \mu mol L^{-1}$ , sendo mais eficiente a aplicação na sementeira.

O pré-tratamento de plantas de milho com  $H_2O_2$  a partir de  $15 \mu mol L^{-1}$  incrementa o estresse, promovendo maiores danos ao crescimento vegetativo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO NETO, A. D., PRISCO, J. P.; ENÉAS-FILHO, J.; MEDEIROS, J-V. R.; GOMES-FILHO, E. Hydrogen peroxide pre-treatment induces salt-stress acclimation in maize plants. *Journal of Plant Physiology*, v.162, n.10, p.1114-1122, 2005.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8 ed., Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- BEZERRA, A. K. P.; LACERDA, C. F.; HERNANDEZ, 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.
- CARVALHO, F. E. L.; LOBO, A. K. M.; BONIFACIO, A.; MARTINS, M. O.; NETO, M. C. L.; SILVEIRA, J. A. G. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com  $H_2O_2$ . *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.4, p.416-423, 2011.
- CENTEC - Centro de Ensino Tecnológico. Produtor de milho. 2. ed. rev. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha; Ministério da Ciência e tecnologia, 2004. 56 p. (Cadernos tecnológicos)
- CONAB. Previsão e acompanhamento da safra 2004/2005 e 2005/2006: quarto levantamento, abril/2003. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 22 nov. 2010.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeito dos sais no solo e nas plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCTA Sal, 2010. p.129-141.
- DIAS, N. S.; GHEYI, H. R.; DUARTE, S. N. Prevenção, manejo e recuperação de solos afetados por sais. Piracicaba: ESALQ/USP/LER, 2003. 118 p. (Série didática n° 13).
- GONDIM, F. A.; GOMES FILHO, E.; MARQUES, E. C.; PRISCO, J. T. Efeitos do  $H_2O_2$  no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 2, p. 373-38, 2011.
- GONDIM, F. A.; GOMES-FILHO, E.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; AZEVEDO NETO, A. D.; MARQUES, E. C. Pretreatment with  $H_2O_2$  in maize seeds: effects on germination and seedling acclimation to salt stress. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.22, n.02, p.103-112, 2010.
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Métodos de Avaliação das Condições Hídricas das Plantas. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2008. 8p. (Embrapa Arroz e Feijão. (Comunicado Técnico, 161).
- HENZLER, T.; STEUDLE, E. Transport and metabolic degradation of hydrogen peroxide in Chara Corallina: model calculation and measurements with the pressure probe suggest transport of  $H_2O_2$  across water channels. *Journal of Experimental Botany*, v.51, n. 353, p.2053-2066, 2000.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soils. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950, 347p.
- MASS, E. V. Testing crops for salinity tolerance. In: WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL STRESS, Lincoln. Proceedings...Lincoln: INTSORMI, 1993. p. 234-247.
- MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Science*, v.7, n.9. p. 405-410, 2002.
- MØLLER, I. M.; JENSEN, P. E.; HANSSON, A. Oxidative Modifications to cellular components in plants. *Annual Review of Plant Biology*, v.58, p.459-81, 2007.
- NGUYEN, G. N.; HAILSTONES, D. L.; WILKES, M.; SUTTON, B. G. Drought-induced oxidative conditions in rice anthers leading to a programmed cell death and pollen abortion. *Journal of Agronomy & Crop Science*, v.195, p.157-164, 2009.
- PETROV, V. D.; BREUSEGEM, F. V. Hydrogen peroxide: a central hub for information flow in plant cell. *AoB Plants*. v. 2012, p.1-13, 2012.
- RISTIC, Z.; JENKS, M. A. Leaf cuticle and water loss in maize lines differing in dehydration avoidance. *Journal of Plant Physiology*, v. 159, p.645-651, 2002.
- RUTSCHOW, H. L.; BASKIN, T. I.; KRAMER, E. M. Regulation of solute flux through plasmodesmata in the root meristem. *Plant Physiology*, v.155, p.1817-1826, 2011.
- SCANDALIOS, J. G. The rise of ROS. *Biochemical Science*, v.27, p.483-486, 2002.
- WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: Aspectos fisiológicos e bioquímicos. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer, v.6, n.11; p. 1-23, 2010.