

## Respostas da aplicação foliar de glicina betaína em cana-de-açúcar submetida a estresse hídrico e reidratação

*Responses of the leaf application of glycine betaine on sugarcane submitted to drought stress and rehydration*

**Sebastião de Oliveira Maia Júnior<sup>1\*</sup>, Jailma Ribeiro de Andrade<sup>1</sup>, Alexson Filgueiras Dutra<sup>2</sup>, Andréa Francisca da Silva Santos<sup>1</sup>, Juliany Mayra Teixeira de Moura Barros<sup>1</sup>, Adenilton Cícero Santos da Silva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL, Brasil. Autor para correspondência: juniormaiagrari@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI, Brasil.

Submissão: 14/01/2019 | Aceite: 24/03/2021

### RESUMO

O crescimento das plantas de cana-de-açúcar é bastante reduzido devido à ocorrência de déficit hídrico, o que acaba afetando a produção. Diante disso, vem sendo utilizadas diferentes estratégias para atenuar condições de estresse, como a aplicação exógena de glicina betaína. Com este trabalho, objetivou-se avaliar a taxa de crescimento e a massa seca de cana-de-açúcar aplicada glicina betaína, e submetida a déficit hídrico e reidratação. O experimento foi realizado em casa de vegetação com seis tratamentos: G0I - plantas sem glicina betaína com irrigação adequada, G0E - plantas sem glicina betaína e estresse hídrico, G1I - plantas com uma aplicação de glicina betaína e irrigação adequada, G1E - plantas com uma aplicação de glicina betaína e estresse hídrico, G2I - plantas com duas aplicações de glicina betaína e irrigação adequada, G2E - plantas com duas aplicações de glicina betaína e estresse hídrico. Aos seis dias após o estresse as plantas foram reidratadas. As taxas relativas de crescimento das plantas de cana-de-açúcar reduziram com o estresse hídrico. No entanto, estas reduções foram minimizadas com a aplicação foliar de glicina betaína, principalmente, com a reidratação em que a taxa relativa de crescimento reduziu apenas 19 e 18,4%, respectivamente, em G1 e G2, enquanto em G0 a redução foi de 37,2%. A glicina betaína também minimizou as reduções na produção de massa seca total sob estresse hídrico, com reduções de 5,8 e 5,9% em G1 e G2, respectivamente, enquanto em G0 foi de 15,1%. A aplicação foliar de glicina betaína melhora a taxa relativa de crescimento de plantas de cana-de-açúcar sob estresse hídrico, sobretudo após a reidratação o que diminui os efeitos negativos do estresse sobre a produção de massa seca.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Saccharum officinarum* L.; crescimento; osmoproteção.

### ABSTRACT

The growth of sugarcane plants is greatly reduced due to the occurrence of drought stress, which ultimately affects production. Therefore, different strategies have been used to attenuate stress conditions, such as the exogenous application of glycine betaine. The objective of this work was to evaluate the growth rate and dry mass of sugarcane that received a glycine betaine application and was submitted to drought stress and rehydration. The experiment was carried out in a greenhouse with six treatments: G0I - plants without glycine betaine with adequate irrigation, G0E - plants without glycine betaine and drought stress, G1I - plants with an application of glycine betaine and adequate irrigation, G1E - plants with an application of glycine betaine and drought stress, G2I - plants with two applications of glycine betaine and adequate irrigation, G2E - plants with two applications of glycine betaine and drought stress. Six days after the stress, the plants were rehydrated. The relative growth rates of sugarcane plants decreased with the drought stress. However, these reductions were partially minimized with the foliar application of glycine betaine, mainly with the rehydration, with the relative growth rate decreasing by only 19% and 18.4%, respectively, in G1 and G2, while the reduction was 37.2% in G0. Glycine betaine also minimized reductions in total dry mass production under drought stress, with decreases of 5.8% and 5.9% in G1 and G2, respectively, while it was 15.1% in G0. The leaf application of glycine betaine improves the relative growth rate of sugarcane plants under drought stress, especially after rehydration, which decreases the negative effects of stress on dry mass production.

**KEYWORDS:** *Saccharum officinarum* L.; growth; osmoprotection.

## INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) está entre as culturas agrícolas mais importantes do mundo. Há muitos anos, destaca-se na produção de açúcar e álcool, sendo que, ultimamente, a cultura tem também ganhado espaço no cenário da geração de energias renováveis, com o aproveitamento máximo da biomassa (SILVA et al. 2007, BARBOSA et al. 2015). No entanto, o déficit hídrico é um dos fatores que mais tem prejudicado o desenvolvimento e a produção da cultura, principalmente em regiões tropicais (INMAN-BAMBER & SMITH 2005, JANGPROMMA et al. 2012).

A deficiência hídrica afeta, primordialmente, processos fisiológicos como as trocas gasosas que resultam na paralisação do crescimento, na redução de fotoassimilados e, conseqüentemente, de matéria seca das plantas (ANJUM et al. 2012). Em plantas de cana-de-açúcar, o déficit hídrico afeta significativamente o crescimento em altura e a massa seca (SOUZA et al. 2015).

A capacidade da planta para suportar a deficiência hídrica, bem como a recuperação após a reidratação é uma expressão dependente da tolerância à seca que pode impedir a redução do rendimento das culturas (JANGPROMMA et al. 2012, ANJUM et al. 2016). Contudo, é importante ressaltar que a tolerância à seca é um mecanismo altamente complexo, que varia significativamente entre as espécies de plantas, além de depender da duração da limitação hídrica, e da capacidade de recuperação (FAROOQ et al. 2008, JANGPROMMA et al. 2012).

Nos últimos anos, tem se recorrido a diferentes estratégias tanto para atenuar quanto para recuperar os efeitos causados pelo estresse hídrico nas plantas. Entre elas, está a aplicação foliar de glicina betaína, como relatado nas culturas do milho (ANJUM et al. 2011, 2012), girassol (IQBAL et al. 2008), arroz (FAROOQ et al. 2008) e trigo (GUPTA & THIND 2015). Essa estratégia tem o intuito de minimizar as perdas na produção, uma vez que a aplicação foliar de glicina betaína tem se mostrado bastante eficiente (FAROOQ et al. 2008).

A glicina betaína é o composto de amônio quaternário mais conhecido em plantas cultivadas, sintetizado endogenamente nos cloroplastos em resposta aos estresses abióticos, como o déficit hídrico. Em diversas culturas, a sua concentração é correlacionada com a capacidade de tolerância ao estresse (ASHARAF & FOOLAD 2007, DAWOOD 2016).

O uso de glicina betaína pode aumentar a síntese de solutos compatíveis em plantas estressadas (FAROOQ et al. 2008), melhorando assim o crescimento e a adaptação em condições de déficit hídrico (ANJUM et al. 2012). Dessa maneira, espera-se que a glicina betaína atenuar os efeitos negativos causados pelo déficit hídrico em cana-de-açúcar como a redução no crescimento das plantas durante o desenvolvimento inicial, isso porque a glicina betaína atua como osmoprotetor ajudando a manter a absorção adequada de água e a pressão de turgescência celular.

Portanto, objetivou-se com esse trabalho avaliar a taxa relativa de crescimento e a produção de massa seca em cana-de-açúcar com aplicação foliar de glicina betaína, e submetida a déficit hídrico e reidratação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (9° 28' S, 35° 49' W, e 127 m de altitude) em condições de casa de vegetação. O plantio foi realizado em vasos preenchidos com 15 kg de solo.

O solo foi previamente adubado para garantir o crescimento adequado das plantas, baseando-se na análise química do solo. Para o plantio foram utilizados rebolos da cultivar RB92579, contendo uma gema cada, os quais foram plantados três por vaso. Aos 30 dias após o plantio foi realizado o desbaste, deixando-se uma planta por vaso.

Os tratamentos foram organizados em delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 2 x 3, com sete repetições, totalizando 42 unidades experimentais.

As plantas foram cultivadas com suprimento adequado de água até os 90 dias, período no qual foram submetidas aos seguintes tratamentos: G0I - plantas sem glicina betaína com irrigação adequada, G0E - plantas sem glicina betaína e déficit hídrico, G1I - plantas com uma aplicação de glicina betaína e irrigação adequada, G1E - plantas com uma aplicação de glicina betaína e déficit hídrico, G2I - plantas com duas aplicações de glicina betaína e irrigação adequada, G2E - plantas com duas aplicações de glicina betaína e déficit hídrico. Glicina Betaína PA (Sigma Aldrich) foi utilizada na concentração de 100 mM (IQBAL et al. 2008, ANJUM et al. 2012), e aplicada aos 63 dias (G1 e G2) e aos 73 dias após o plantio (G2), período caracterizado como de perfilhamento. A aplicação foi realizada individualmente por planta utilizando um pulverizador manual até o ponto de escoamento (ANJUM et al. 2012). Nas aplicações sem glicina betaína

(G0 aos 63, e G0 e G1 aos 73 dias) foi aplicada apenas água deionizada.

Os tratamentos hídricos consistiram da suspensão da irrigação nos tratamentos de estresse, enquanto um tratamento foi mantido irrigado como referência para comparação. O teor de água no solo foi monitorado regularmente por um medidor de umidade SM200 (Delta T Device, England). O período de estresse ocorreu até a ocasião em que se visualizou a murcha e enrolamento das folhas+1, bem como o início da senescência nas folhas mais velhas. A classificação das folhas foi feita seguindo VAN DILLEWIJN (1952).

As condições microclimáticas da casa de vegetação (Figura 1) foram registradas por uma estação meteorológica automática (DELTA-T Devices, Cambridge - England).

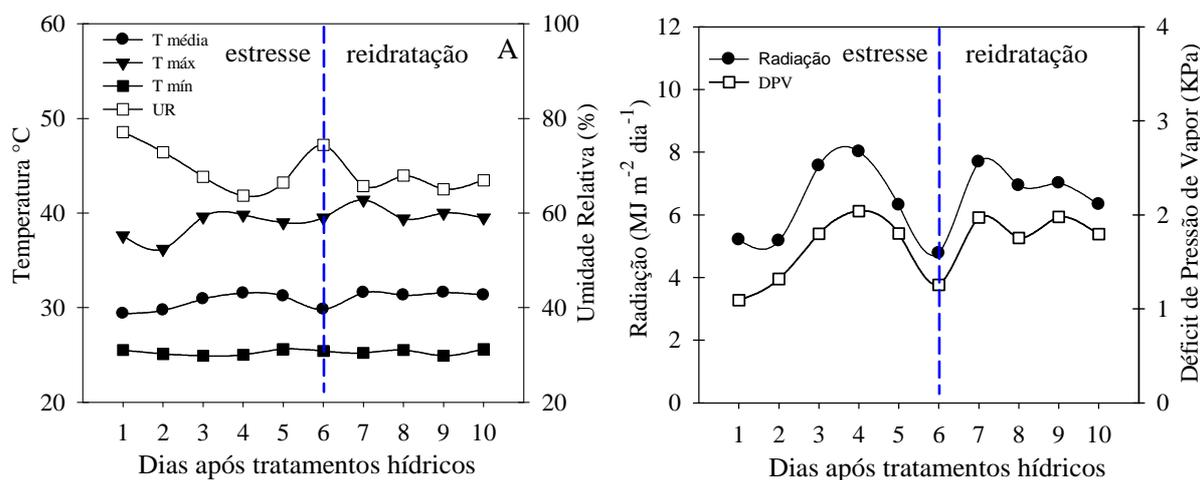


Figura 1. Temperaturas máxima, média e mínima do ar, umidade relativa média do ar (A), radiação média incidente e déficit de pressão de vapor do ar (B) dentro da casa de vegetação, durante o período de estresse hídrico e reidratação.

Figure 1. Maximum, mean, and minimum air temperatures, mean relative air humidity (A), mean incident radiation, and air vapor pressure deficit (B) within the greenhouse during the period of drought stress and rehydration.

Foram avaliadas a taxa relativa de crescimento das plantas nas condições de estresse e reidratação, e a produção de massa seca das diferentes partes da planta ao final do experimento.

A taxa relativa de crescimento (TRC) foi medida antes da imposição do déficit hídrico (90 DAP), após o déficit (96 DAP) e na recuperação do estresse (100 DAP) de acordo com o método descrito por WANG et al. (2006):

$$TRC = \frac{[(AP \text{ final} - AP \text{ inicial})]}{AP \text{ inicial}} * 100$$

Para o cálculo da TRC no estresse hídrico, os valores iniciais e finais equivalem à altura da planta aos 90 e 96 DAP, respectivamente. Para o cálculo da TRC na recuperação do estresse, os valores iniciais e finais equivalem à altura da planta aos 96 e 100 DAP, respectivamente.

A produção de massa seca foi quantificada após a recuperação do estresse hídrico. Para tanto, as plantas foram cortadas junto à superfície do solo e separadas em folhas, colmos e raízes. As amostras foram secas a 80 °C durante 48 horas, e o peso seco das diferentes partes foi determinado. Calculou-se também a razão raiz parte aérea pela diferença entre a massa seca de raiz e a massa seca da parte aérea, e a razão de massa foliar pela diferença entre a massa seca de folhas e a massa seca total.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, utilizando-se o *software* Sisvar 5.6. Para avaliar o efeito da aplicação de glicina betaína e do déficit hídrico, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa relativa de crescimento diferiu estatisticamente entre plantas hidratadas e estressadas em ambos os períodos de avaliação (estresse e reidratação), no entanto, não diferiu a aplicação de glicina dentro de cada tratamento no período de estresse e no período de reidratação apenas em plantas estressadas (Figura 2). No período de reidratação, G0 reduziu a taxa relativa de crescimento em 37,2%, enquanto G1 e G2 tiveram reduções de 19 e 18,4%, respectivamente (Figura 2B).

A aplicação foliar de glicina betaína em plantas cultivadas tem auxiliado na melhoria ao estresse hídrico em diferentes culturas (IQBAL et al. 2008, ANJUM et al. 2011, ZHANG et al. 2014, GUPTA & THIND 2015). A GB proporciona osmoproteção às plantas através da diminuição do potencial osmótico que ajuda a manter a absorção adequada de água e o aumento da turgescência celular, protegendo as células da desidratação durante o estresse hídrico (ASHARAF & FOOLAD 2007, ANJUM et al. 2011, ZHANG et al. 2014). Estas respostas, possivelmente, ocorreram nas plantas de cana-de-açúcar que tiveram aplicação de glicina betaína, independente do número de aplicações, em que a manutenção da turgescência levou a uma maior taxa de crescimento, principalmente, com a reidratação.

Em um estudo com diferentes cultivares de cana-de-açúcar sob estresse hídrico, JANGPROMMA et al. (2012) não observaram alteração na taxa relativa de crescimento das plantas, o que aponta a importância da aplicação de atenuadores ao estresse hídrico, como a glicina betaína, que diminuiu a redução no crescimento das plantas de cana-de-açúcar nesse estudo. Em plantas de milho sob estresse hídrico também foi encontrado que a aplicação de glicina betaína exógena melhorou o desempenho do crescimento e o acúmulo de massa seca (ANJUM et al. 2012, ZHANG et al. 2014).

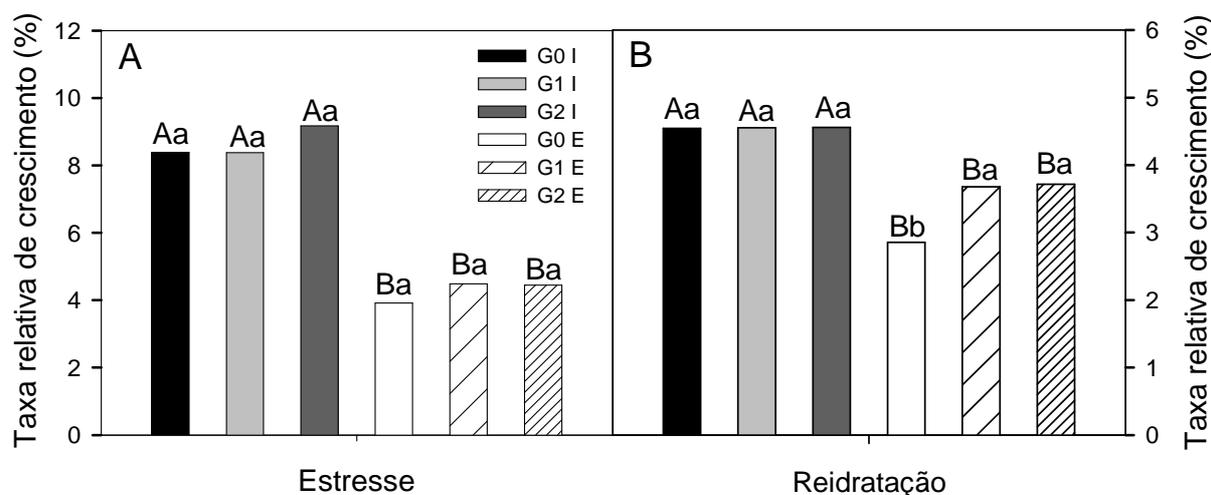


Figura 2. Taxas relativas de crescimento de plantas de cana-de-açúcar sem e com aplicação de glicina betaína, e submetidas a estresse hídrico (A) e reidratação (B). G0: sem aplicação de glicina betaína; G1: com uma aplicação de glicina betaína; G2: com duas aplicações de glicina betaína; I: irrigação adequada; E: estresse.

Figure 2. Relative growth rates of sugarcane plants without and with glycine betaine application and submitted to drought stress (A) and rehydration (B). G0: no application of glycine betaine; G1: with one application of glycine betaine; G2: with two applications of glycine betaine; I: adequate irrigation; E: drought stress.

A massa seca de folhas diminuiu nas plantas que sofreram o estresse hídrico apenas no tratamento G0 (Figura 3A), com redução de 16%. Já para a massa seca de colmos ocorreu redução devido ao estresse hídrico, independente das plantas terem ou não aplicação de glicina betaína, com redução média de 9% (Figura 3B). Por sua vez, a massa seca de raiz teve o mesmo comportamento da massa seca de folhas reduzindo 18% nas plantas estressadas G0, e aproximadamente 5% em G1 e G2 (Figura 3C). Essas reduções provocadas pelo estresse hídrico, nas diferentes partes das plantas, ocasionou uma redução na massa seca total de 15,1% em G0, 5,8% em G1 e 5,9% em G2 (Figura 3D).

A razão raiz parte aérea e a razão de massa foliar não tiveram influência do estresse hídrico, tampouco dos tratamentos com glicina betaína (Figura 3E e F).

A manutenção do crescimento das plantas, especialmente na reidratação, parece ter contribuído com a produção de massa seca, principalmente das folhas e das raízes.

A melhoria induzida pela glicina betaína no crescimento e no rendimento das plantas sob estresse hídrico foi mediada através da melhoria das trocas gasosas, o que leva a uma maior produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, de massa seca (ANJUM et al. 2011). Sendo assim, como a glicina betaína atenuou a redução da massa seca de folhas, podemos sugerir que isso se deu pela manutenção de um maior número de folhas fotossintetizantes, o que contribuiu com a melhoria das trocas gasosas das plantas estressadas de cana-de-açúcar (dados não mostrados), refletindo diretamente na produção de massa seca. O estresse hídrico promove a restrição dos processos fisiológicos, como as trocas gasosas e a

divisão e alongamento celular, os quais determinam a redução da taxa de crescimento e do acúmulo de massa seca da cultura (INMAN-BAMBER & SMITH 2005, ANJUM et al. 2011).

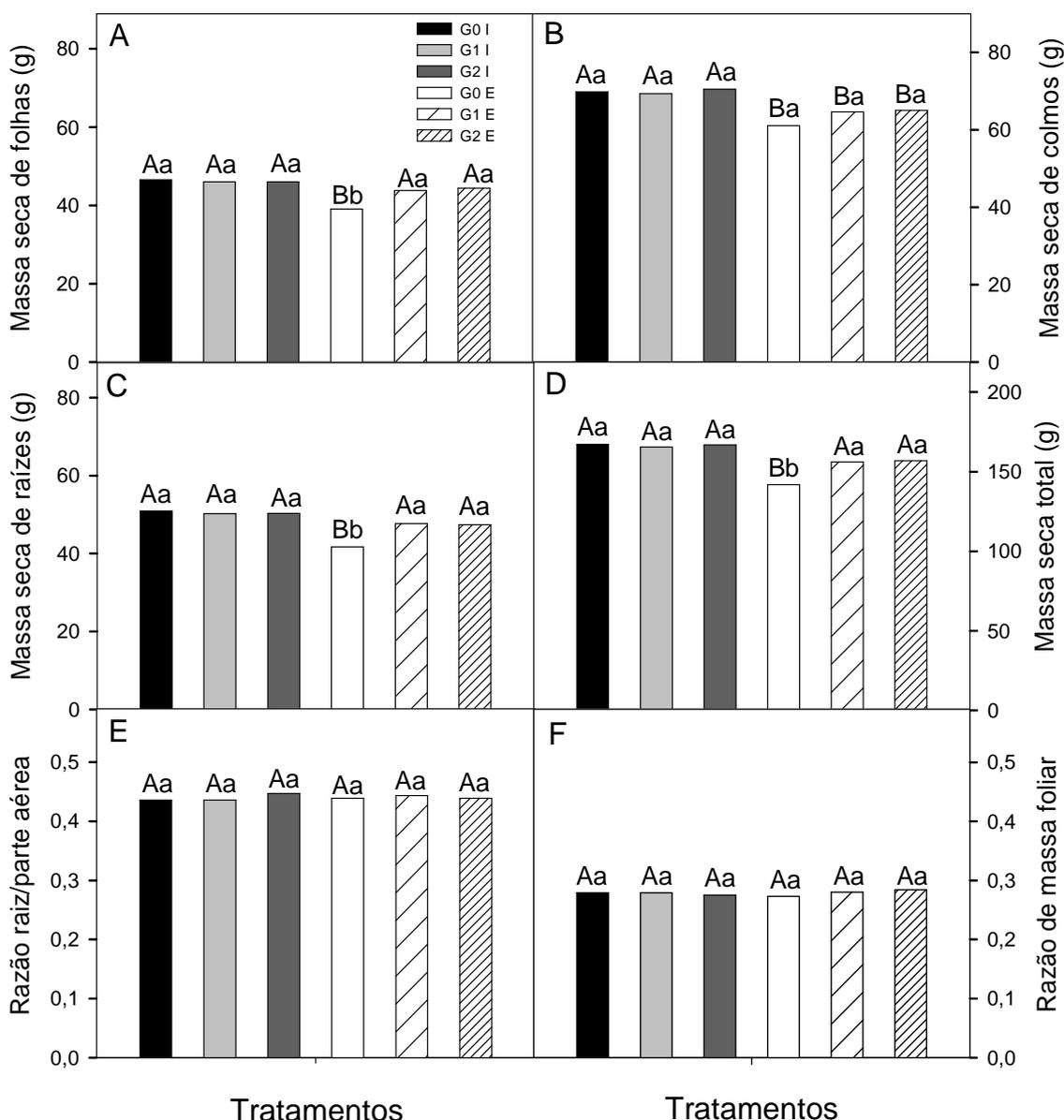


Figura 3. Massa seca de folhas (A), de colmos (B), de raízes (C), massa seca total (D), razão raiz/parte aérea (E) e razão de massa foliar (F) de plantas de cana-de-açúcar sem e com aplicação de glicina betaína, e sob estresse hídrico e reidratação. G0: sem aplicação de glicina betaína; G1: com uma aplicação de glicina betaína; G2: com duas aplicações de glicina betaína; I: irrigação adequada; E: estresse.

Figure 3. Dry mass of leaves (A), stem (B), and root (C), total dry mass (D), root/shoot ratio (E), and leaf mass ratio (F) with and without the application of glycine betaine and under drought stress and rehydration. G0: no application of glycine betaine; G1: with one application of glycine betaine; G2: with two applications of glycine betaine; I: adequate irrigation; E: drought stress.

De maneira semelhante, a manutenção no crescimento das raízes é extremamente importante para a recuperação do crescimento das plantas após o estresse hídrico, pois pode promover um maior crescimento da parte aérea pela maior capacidade de absorção de água e nutrientes (ANJUM et al. 2012, JANGPROMMA et al. 2012). Dessa maneira, como nesse estudo ocorreu menor redução da massa seca das raízes nas plantas com glicina betaína, podemos sugerir que essas plantas mantiveram o crescimento radicular como estratégia para tolerar o estresse hídrico e, conseqüentemente, ter uma melhor recuperação do estresse hídrico. Contudo, melhores respostas da aplicação foliar de glicina betaína podem ser obtidas expondo a cultura a um maior período de estresse, visto que nesse estudo o período foi relativamente curto.

## CONCLUSÃO

A aplicação foliar de glicina betaína melhora a taxa relativa de crescimento de plantas de cana-de-açúcar sob estresse hídrico, sobretudo após a reidratação o que diminui os efeitos negativos do estresse sobre a produção de massa seca.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Alagoas (UFAL), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar (PMGCA/CECA/UFAL).

## REFERÊNCIAS

- ANJUM SA et al. 2011. Gas exchange and chlorophyll synthesis of maize cultivars are enhanced by exogenously-applied glycine betaine under drought conditions. *Plant, Soil and Environment* 57: 326-331.
- ANJUM SA et al. 2012. Protective role of glycine betaine in maize against drought-induced lipid peroxidation by enhancing capacity of antioxidative system. *Australian Journal of Crop Science* 6: 576-583.
- ANJUM SA et al. 2016. Effect of progressive drought stress on growth, leaf gas exchange, and antioxidant production in two maize cultivars. *Environmental Science and Pollution Research* 23: 17132-17141.
- ASHRAF M & FOOLAD MR. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany* 59: 206-216.
- BARBOSA AM et al. 2015. Biomass and bioenergy partitioning of sugarcane plants under water deficit. *Acta Physiologiae Plantarum* 37: 1-8.
- DAWOOD MG. 2016. Influence of osmoregulators on plant tolerance to water stress. *Scientia Agriculturae* 13: 42-58.
- FAROOQ M et al. 2008. Physiological role of exogenously applied glycine betaine to improve drought tolerance in fine grain aromatic rice (*Oryza sativa* L.). *Journal Agronomy Crop Science* 194: 325-333.
- GUPTA N & THIND SK. 2015. Improving photosynthetic performance of bread wheat under field drought stress by foliar applied glycine betaine. *Journal of Agricultural Science and Technology* 17: 75-86.
- INMAN-BAMBER NG & SMITH DM. 2005. Water relations in sugarcane and response to water deficits. *Field Crops Research* 92: 185-202.
- IQBAL N et al. 2008. Glycinebetaine, an osmolyte of interest to improve water stress tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.): water relations and yield. *South African Journal of Botany* 74: 274-281.
- JANGPROMMA N et al. 2012. Effects of drought and recovery from drought stress on above ground and root growth, and water use efficiency in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Australian Journal of Crop Science* 6: 1298-1304.
- SILVA MA et al. 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 19: 193-201.
- SOUZA JKC et al. 2015. Crescimento da cana-de-açúcar submetido a diferentes lâminas de irrigação e adubação com zinco. *ACSA - Agropecuária Científica no Semiárido* 11: 114-119.
- VAN DILLEWIJN C. 1952. Botany of sugarcane. Waltham: Chronica Botanica.
- WANG Y et al. 2006. A novel *LEA* gene from *Tamarix androssowii* confers drought tolerance in transgenic tobacco. *Plant Science* 171: 655-662.
- ZHANG LX et al. 2014. Interactive effects of sudden and gradual drought stress and foliar-applied glycine betaine on growth, water relations, osmolyte accumulation and antioxidant defence system in two maize cultivars differing in drought tolerance. *Journal Agronomy Crop Science* 200: 425-433.