

Conteúdo Relativo de Água, Prolina, Proteínas e Aminoácidos Solúveis Totais em Plantas de Sorgo sob Diferentes Níveis de Silício e Suspensão Hídrica

Carla Carolynne Resueno Coelho¹, José Elton Sousa Silva², Jonny Lucio de Sousa Silva³, Luma Castro de Souza⁴, Jackeline Araújo Mota Siqueira⁵, Lillian Matias de Oliveira⁶, Antonia Gilcileia Cunha da Conceição⁷, Helen Patrícia Moreira Negrão⁸ e Cândido Ferreira de Oliveira Neto⁹

^{1,2,6,7,8,9} Acadêmicos do Curso de Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia, UFRA, Capitão Poço, PA. ¹karlynha-000@hotmail.com, ²jeagronomo11@hotmail.com, ⁶lillianoliveira4@hotmail.com, ⁷gilcileia.cunha@gmail.com, ⁸helen_negrão@hotmail.com, ^{3,4,5} Engenheiros Agrônomo, UFRA, Capitão Poço, PA. ³jonnylucios.silva@hotmail.com, ⁴lumasouza30@hotmail.com, ⁵jackelinearaujo86@hotmail.com e Prof. Doutor da UFRA, Capitão Poço, PA. ⁹candido.neto@ufra.edu.br

RESUMO - O sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) é uma planta originária da África. O silício é absorvido pela planta na forma de ácido monossilícico (H₄SiO₄). Estresse é um desvio das condições ótimas de desenvolvimento do vegetal, no qual podem ocorrer mudanças e respostas em parte do organismo ou nele como um todo. O objetivo deste trabalho foi estudar o conteúdo relativo de água, prolina, proteínas e aminoácidos solúveis totais em plantas de sorgo sob diferentes níveis de silício e suspensão hídrica. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA-Capitão Poço), utilizando-se plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* [Moench.]) forrageiro da variedade BR-700. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com duas condições hídricas: controle, déficit hídrico [(sem Si) e (com Si) quatro concentrações de silício na forma de metassilicato de sódio (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM)] com 7 repetições. A deficiência hídrica promoveu alterações nas concentrações de proteínas, onde se observou uma queda considerável no tratamento estresse sem silício, e nos tratamentos onde houve a adição de silício teve-se manutenção da concentração de proteína. Nos aminoácidos temos o contrário reforçando a teoria de quebra da proteína em função da manutenção osmótica.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* [L.] Moench, processos bioquímicos, metassilicato de sódio.

Introdução

O sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) é uma planta originária da África, da região da Etiópia e do Sudão, cujo gênero ancestral é de 5000 a 6000 anos atrás. O Brasil é um dos países com maiores potencialidades de adaptação e crescimento da cultura do sorgo no mundo. Em razão disso, o sorgo muitas vezes tem sido utilizado preferencialmente ao milho, principalmente em regiões áridas e semi-áridas, onde a cultura se sobressai por sua maior resistência ao estresse hídrico (Costa et al., 2004).

O silício é absorvido pela planta na forma de ácido monossilícico (H₄SiO₄) juntamente com a água (fluxo de massa) e se acumula principalmente nas áreas de máxima transpiração (tricomas, espinhos etc.) como ácido silícico polimerizado (sílica amorfa). Em geral, são consideradas plantas acumuladoras de silício, aquelas que possuem teor foliar acima de 1%, e não acumuladoras plantas com teor de silício menor que 0,5% (MA et al., 2001).

Segundo Larcher (2000), estresse é um desvio das condições ótimas de desenvolvimento do vegetal, no qual podem ocorrer mudanças e respostas em parte do organismo ou nele como um todo. No início essas alterações podem ser reversíveis, mas, dependendo da duração e da situação de estresse, podem ser irreversíveis, levando a danos permanentes ou até a morte.

Com o conhecimento dos mecanismos de ação do déficit hídrico associados com aqueles que podem conferir tolerância às plantas de sorgo, será possível estabelecer estratégias de manejo do solo e da cultura, tais como seleção de clones mais tolerantes necessários para que a cultura possa apresentar produções compatíveis com uma exploração sustentável. Além disso, os conhecimentos básicos gerados servirão para o manejo de outras espécies cultivadas em condições ambientais semelhantes.

O objetivo deste trabalho foi estudar o conteúdo relativo de água, prolina, proteínas e aminoácidos solúveis totais em plantas de sorgo sob diferentes níveis de silício e suspensão hídrica.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA - Capitão Poço), utilizando-se plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* [Moench.]) forrageiro da variedade BR-700, sem controle do ambiente e apenas com monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar, através de um termohigrômetro digital. Foram utilizadas sementes de sorgo da cultivar BR-700 que foram obtidas na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Milho e Sorgo), provenientes da safra 2010. Os vasos foram dispostos no espaçamento de 0,60 m entre linhas e 0,40 m entre plantas, em distribuição ao acaso. As plantas de sorgo foram cultivadas em vasos Leonard modificados contendo substrato com areia:vermiculita (1:2) e irrigados com solução nutritiva.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com duas [2] condições hídricas: controle, déficit hídrico [(sem Si) e (com Si) [4] quatro concentrações de silício na forma de metassilicato de sódio (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM)] com 7 repetições, no qual cada unidade experimental foi composta de duas plantas/vaso. A aplicação da deficiência hídrica deu-se a partir do 25º dia após a germinação e mantida a suspensão hídrica por um período de 7 dias. A aplicação das concentrações de silício foi realizada após a emergência das plântulas (3-4 dias). Foi aplicada a análise de variância aos dados coletados nos resultados e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Além disso,

foram calculados os desvios-padrões para cada tratamento, sendo as análises estatísticas realizadas com SAS-Institute (1996) e embasadas nas teorias estatísticas preconizadas (GOMES e GARCIA, 2000).

Foram feitas coletas destrutivas das plantas no estágio vegetativo (30 dias), sempre às 9:00 h da manhã, onde as plantas foram separadas em raiz, colmo e folhas. Em seguida, as partes foram pesadas separadamente para a determinação da massa fresca. Amostras de cada parte foram reservadas para a determinação da porcentagem de umidade através determinação da massa seca em estufa de circulação forçada de ar a 70° C (+/- 5° C).

Foram determinados o conteúdo relativo de água, prolina, proteínas solúveis totais e aminoácidos solúveis totais, pelos métodos descritos por SLAVICK (1979), BATES et al.(1973), BRADFORD (1976) e PEOPLES et al (1989), respectivamente.

Resultados e Discussão

O conteúdo relativo de água (CRA - Figura 1A) foi afetado significativamente em plantas de sorgo sob estresse hídrico. Foi observado que houve redução do CRA em todos os tratamentos quando comparados com as plantas controle (91%), mesmo aumentando as concentrações de silício, porém nas concentrações de silício de 0,5 mM (75%) e 1,0 mM (73%) houve uma maior manutenção de água no tecido foliar em comparação com as concentrações de 1,5 mM (61%) e 2,0 mM (63%) de silício.

As concentrações de prolina nas raízes foram de: 3,41, 14,18, 6,19, 7,13, 9,07 e 9,18 mg de Prolina/ g MS, nas plantas controle, estresse S/Si, estresse (0,5mM), estresse (1,0mM), estresse (1,5mM) e estresse (2,0mM), respectivamente. Nas folhas, as concentrações foram de: 4,19, 16,1, 7,5, 7,87, 5,08 e 5,67 mg de Prolina/ g MS, nas plantas controle, estresse S/Si, estresse (0,5mM), estresse (1,0mM), estresse (1,5mM) e estresse (2,0mM), respectivamente.

A Figura 1B mostra que as concentrações de Prolina nas raízes e nas folhas aumentam em todos os tratamentos quando comparadas com as plantas controle, e reduzem quando comparadas com as plantas sobre estresse hídrico S/Si.

Nas plantas sob deficiência hídrica, o aumento dos teores de prolina pode estar relacionado ao aumento da atividade das enzimas proteolíticas promovendo uma disponibilidade maior de aminoácidos livres, como a prolina, no sentido de proteger os tecidos vegetais contra esse estresse por servirem como reserva de nitrogênio, osmo-soluto e protetor hidrofóbico de enzimas e estruturas celulares (MADAN et al., 1995). Resultados semelhantes foram observados em arroz (LIMA et al., 2004), trigo (FUMIS et al., 2002) e feijão (ROSSI et

al., 1997).

Essa redução nos teores de prolina pode ser explicada pelo fato do Si atuar formando a dupla camada de silício, tornando as células mais rígidas e menos susceptíveis à perda de água por transpiração. Dessa forma, as enzimas proteolíticas, que atuam principalmente em condições de deficiência hídrica, agiram em menor proporção no presente caso, reduzindo assim a formação de aminoácidos na planta, dentre eles a prolina.

Em relação à proteína pode-se observar na Figura 1C que houve uma redução nos teores de proteína nas folhas e nas raízes das plantas em todos os tratamentos quando comparados ao controle. Entretanto, houve um aumento de proteína nas folhas quando comparada ao estresse sem silício, enquanto na raiz houve um aumento nas plantas submetidas ao estresse nas concentrações de silício 0,5 e 1,0 mM e uma redução nas concentrações de 1,5 e 2,0 mM. Isso ocorreu porque o estresse hídrico afetou todo o processo bioquímico do sorgo e, como uma forma de defesa contra falta de água, a planta muda seu comportamento metabólico como, por exemplo, a degradação das proteínas em aminoácidos, dentre esses a prolina, que está diretamente ligada ao ajustamento osmótico do tecido foliar das células. Além disso, algumas proteínas envolvidas na interação hidrofílica com macromoléculas celulares são sintetizadas visando estabilizar o metabolismo e atuar na recuperação dos danos ocasionados pelo estresse hídrico (YORDANOV et al., 2000; XIONG et al., 2002).

Na presença do silício esse efeito de perda de água é função da sua concentração, que pode ser observado de forma crescente nos tratamentos. Ao se observar o gráfico da Figura 1C nota-se as folhas com uma baixa concentração de proteínas nas plantas que não receberam doses de silícios (estresse S/Si) ou receberam pouca (0,5 Si), isso se deve a baixa concentração de água que promoveu a quebra dessas proteínas a fim de liberar aminoácidos que regulem o estresse hídrico, visto que com a submissão dos tratamentos a diferentes doses de silício, a quantidade de proteínas solúveis se manteve constante a partir de certa concentração de silício (1,0 Si), isso se explica pela formação de uma dupla camada silicatada que impede até certo ponto a perda de água e então a menor quebra de proteínas.

Nas raízes o efeito foi inverso, pois quanto maior a concentração de silício menor a quantidade de proteínas. Isso deve ter ocorrido devido a uma forte toxicidade do silício na região radicular, promovendo necrose e diminuição da massa radicular.

Observa-se na Figura 1D que houve um aumento na concentração de aminoácidos solúveis totais, esse aumento se deve principalmente à atividade das enzimas proteases quebrando as proteínas em aminoácidos, além da diminuição da síntese da mesma (OLIVEIRA

NETO, 2008).

O acúmulo de aminoácidos pode ser decorrente da restrição da síntese de proteínas, bem como os distúrbios pela deficiência hídrica nos tecidos do floema, reduzindo a translocação para outros órgãos (SUBBARAO et al., 2000). Sendo assim, o acúmulo de aminoácidos pode ser considerado como um sinal de tolerância das plantas sob diferentes estresses ambientais (SZEGLLETES et al., 2000).

Conclusões

O déficit hídrico influenciou negativamente o conteúdo relativo de água, além de promover alterações em todos os processos bioquímicos.

O silício foi benéfico na manutenção das proteínas, já nos aminoácidos promoveu a queda do mesmo.

Literatura Citada

BATES, L. S., WALDREN, R. P. E TEARE, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Short communication. Plant and Soil. V. 39: 205-207.

BRADFORD, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. V. 72: 248-254.

COSTA, R.C.L.; OLIVEIRA NETO, C.F.; FREITAS, J.M. Parâmetros fisiológicos da planta de sorgo utilizada na produção de silagem. In: 1º Workshop sobre Produção de silagem na Amazônia. UFRA. P. 9-31. Belém, Novembro, 2004.

LIMA, M. da G. de S.; LOPES, N.F; BACARIN, M.A.; MENDES, C.R. Efeito do estresse salino sobre a concentração de pigmentos e prolina em folhas de arroz, Bragantia, Campinas, v.63, n.3, p.335-340, 2004.

GOMES, F. P; GARCIA, C. H. Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. FEALQ, Piracicaba, SP. 2000. 309p.

MA, J. F.; MIYAKE. Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L. E., SNYDER, G. H., KORNDÖRFER, G. H. Silicon in Agriculture. Studies in plant science. Amsterdam: Elsevier, 2001. v. 8 p. 17-39.

MADAN, S.; NAINAWATEE, H. S.; JAIN, R. K.; CHOWDHURY, J. B. Proline and proline metabolizing enzymes in in-vitro selected NaCl-tolerant *Brassica juncea* L. under salt stress. Annals of Botany, v. 76, p. 51-57, 1995.

OLIVEIRA-NETO, C.F. Crescimento, produção e comportamento fisiológico e bioquímico em plantas de sorgo (*sorghum bicolor* [L.] moench) submetidas à deficiência hídrica /Belém, 2008. 114p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2008.

PEOPLES, M. B., FAIZAH, A. W., REAKASEM, B. E HERRIDGE, D. F. 1989. Methods for evaluating nitrogen fixation by nodulated legumes in the field. Australian Centre for International Agricultural Research Canberra. p. 76.

ROSSI, C.; LIMA, G.P.P.; HAKVOOT, D.M.R. Atividade de peroxidases (EC 1.11.1.7) e teor de prolina em feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L. cultivado em condições de salinidade. **Scientia Agricola**, v.54, p.123-127, 1997.

SAS INSTITUTE. SAS/STAT User's Guid: version 6.12, SAS Institute, Cary, NC. 1996.

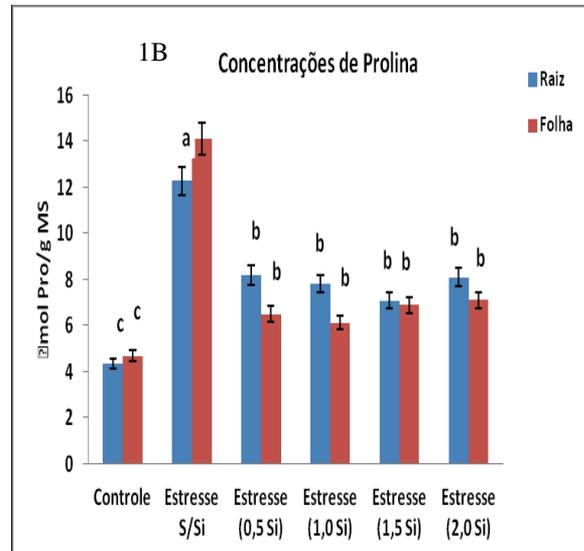
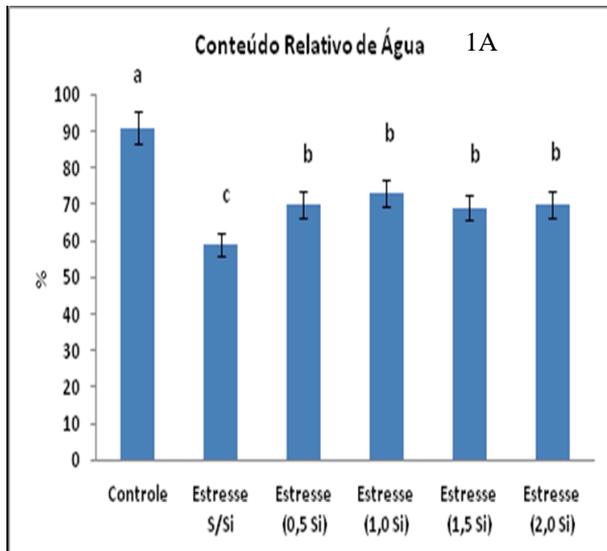
SUBBARAO, G.V., NAM, N.H., CHAUHAN Y.S. & JOHANSEN, C. Osmotic adjustment, water relations and carbohydrate remobilization in pigeonpea under water stress. *Journal of Plant Physiology* 157: 651-659.2000.

SZEGLETES, Z., ERDEI, L., TARI, I. & CSEUZ, L. Accumulation of osmoprotectants in wheat cultivars of different drought tolerance. *Cereal Research Communications* 28: 403-410. 2000.

SLAVICK, B. *Methods of Studying Plant Water Relations*. Springer-Verlag, New York. 1979.

YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant responses to drought, acclimation and stress tolerance. *Photosynthetica*, v. 38, n. 1, p. 171-186. 2000.

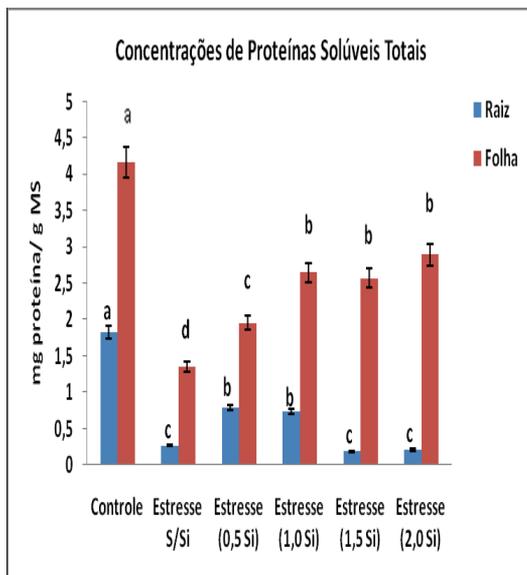
XIONG, L.; SCUMAKER K. S.; ZHU J-K. Cell signaling during cold, drought and stress. *The Plant Cell*, 14: 165-183. 2002.



1C

1D

1C



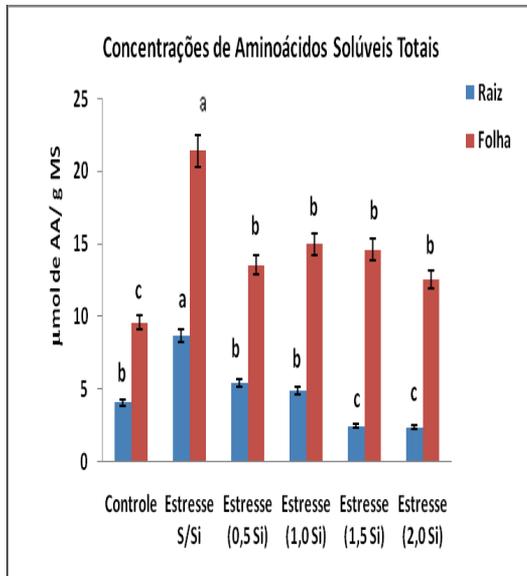


Figura 1- Conteúdo relativo de água em folhas de sorgo (*Sorghum bicolor* [L] (1A), e concentração de prolina (1B), proteínas solúveis totais (1C) e aminoácidos solúveis totais (1D) em folha e raiz de sorgo submetido a 7 dias de suspensão hídrica e a diferentes concentrações de silício (0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 mM). Letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, através do teste de Tukey). As barras representam os desvios padrões das médias.