

## **Respostas Osmóticas em Folhas e Raízes de Milho em Diferentes Níveis de Silício e de Deficiência Hídrica**

Antonia Gilciléia da Cunha Conceição<sup>1</sup>, Carla Carolynne Resueno Coelho<sup>2</sup>, José Elton Sousa Silva<sup>3</sup>, Jonny Lucio de Sousa Silva<sup>4</sup>, Luma Castro de Souza<sup>5</sup>, Jackeline Araújo Mota Siqueira<sup>6</sup>, Myriam Galvão Neves<sup>7</sup>, Jaomara Nascimento da Silva<sup>8</sup>, Cândido Ferreira de Oliveira Neto<sup>9</sup>

<sup>1,2,3,7,8</sup>Acadêmicos do Curso de Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, Capitão Poço, PA. <sup>1</sup>[gilcileia.cunha@gmail.com](mailto:gilcileia.cunha@gmail.com), <sup>2</sup>[karlynha-000@hotmail.com](mailto:karlynha-000@hotmail.com), <sup>3</sup>[jeagronomo11@yahoo.com.br](mailto:jeagronomo11@yahoo.com.br), <sup>7</sup>[agronomyriam@hotmail.com](mailto:agronomyriam@hotmail.com), <sup>8</sup>[ns\\_jaomara@hotmail.com](mailto:ns_jaomara@hotmail.com), <sup>4,5,6</sup>Engenheiros Agrônomos, UFRA. <sup>4</sup>[jonnylucios.silva@hotmail.com](mailto:jonnylucios.silva@hotmail.com), <sup>5</sup>[lumasouza30@hotmail.com](mailto:lumasouza30@hotmail.com), <sup>6</sup>[jackelinearaujo86@hotmail.com](mailto:jackelinearaujo86@hotmail.com) e <sup>9</sup>Professor Dr. da UFRA, Capitão Poço, PA. [candido.neto@ufra.edu.br](mailto:candido.neto@ufra.edu.br)

**RESUMO** – A maior parte das áreas cultivadas com milho no planeta ocorre em épocas de seca. O silício não é considerado um elemento essencial para as plantas, todavia pode funcionar como um elemento benéfico. O déficit hídrico pode modificar o metabolismo das plantas de diferentes maneiras. O objetivo do presente trabalho foi estudar as respostas osmóticas em folhas e raízes de milho em diferentes níveis de silício e de deficiência hídrica. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Capitão Poço, PA, Brasil. Foram utilizadas plantas de milho (*Zea mays*) variedade PZ 242. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com duas condições hídricas: controle, déficit hídrico [(sem Si) e (com Si) em quatro concentrações de silício na forma de metassilicato de sódio (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM)] com 7 repetições. O déficit hídrico causou alterações no conteúdo relativo de água, glicina-betaína, amido, carboidratos e sacarose em folhas e raízes. Quando as plantas foram submetidas à concentração de silício até 1,0mM minimizou-se o estresse sofrido pela planta de milho.

**Palavras-chave:** Déficit hídrico, plantas de milho, concentrações de silício, metassilicato de sódio.

### **Introdução**

A maior parte das áreas cultivadas com milho no planeta ocorre em épocas de seca, também conhecidas por períodos de estresse hídrico que são fatores abióticos causadores de substanciais diminuições na produtividade (CÂMARA et al., 2007).

O elemento químico que se encontra em maior quantidade na crosta terrestre e no solo é o silício (EPSTEIN e BLOOM, 2005) depois do oxigênio (SAVANT et al., 1999).

O déficit hídrico pode modificar o metabolismo das plantas de diferentes maneiras. Dentre essas maneiras encontra-se o mecanismo de ajustamento osmótico, sendo caracterizado pela manutenção da turgescência celular, em baixos potenciais de água. Alguns dos compostos envolvidos nesse mecanismo que mais se relacionam com o estresse hídrico são a prolina e a glicina-betaína (MAESTRI et al., 1995). Além disso, o estresse hídrico diminui drasticamente a atividade da redutase do nitrato a partir de pequenos decréscimos no potencial hídrico (SINHA e NICHOLAS, 1981).

O objetivo do presente trabalho foi estudar as respostas osmóticas em folhas e raízes de milho em diferentes níveis de silício e de deficiência hídrica.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Capitão Poço, PA, Brasil. Foram utilizadas plantas de milho (*Zea mays*) variedade PZ 242 fornecido pela casa Agropecuária no município de Capitão Poço, provenientes da safra 2010. Foram utilizados vasos Leonard modificado para o cultivo das plantas, nos quais continham substratos de areia: vermiculita na proporção 2:1, sendo que as mesmas foram irrigadas com solução nutritiva segundo HOAGLAND e ARNON (1950). Os vasos foram organizados no espaçamento de 0,60 m entre linhas e 0,40 m entre plantas, em distribuição aleatória.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com duas [2] condições hídricas: controle e 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, em que cada unidade experimental foi composta de duas plantas/vaso. Ao 25º dia após a germinação foi aplicada a deficiência hídrica, cujas plantas foram mantidas em suspensão hídrica por um período de 7 dias. Além disso, foram aplicadas concentrações de silício após a emergência das plântulas (3-4 dias). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Foram também calculados os desvios-padrões para cada tratamento, sendo as análises estatísticas realizadas pelo programa SAS- Institute (1996) e embasadas nas teorias estatísticas preconizadas (GOMES e GARCIA, 2000).

Aos 30 dias após o plantio foram realizadas coletas destrutivas das plantas no estágio vegetativo, sempre às 9:00 h, onde as plantas foram separadas em raiz, colmo e folhas. Logo depois, 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 os seguintes parâmetros bioquímicos: conteúdo relativo de água, glicina-betaína, carboidratos solúveis totais, amido e sacarose pelos métodos descritos por SLAVICK (1979), GRIEVE e GRATTAN (1983), DUBOIS et al. (1956), DUBOIS et al. (1956) e VAN HANDEL (1968), respectivamente.

## Resultados e discussão

O déficit hídrico afetou significativamente o conteúdo relativo de água nas folhas de milho. Observa-se na Figura 1A que a deficiência hídrica reduziu o conteúdo relativo de água em todos os tratamentos submetidos ao estresse hídrico. Os valores encontrados nas plantas controles; estresse S/Si; estresse (0,5mM); estresse (1,0mM); estresse (1,5mM) e estresse (2,0mM) foram respectivamente 89%, 54%, 72%, 70%, 74% e 68%. Esses resultados demonstram que nas plantas tratadas com Si nas concentrações de 0,5mM e 1,5mM houve uma maior manutenção de água no tecido foliar quando comparadas com plantas tratadas pelas concentrações de 1,0 mM e 2,0 mM de silício.

Segundo Dayanandam et al. (1983), os acúmulos de sílica nos tecidos foliares promovem a redução na taxa de transpiração. Outros autores complementam que o acúmulo de silício nos órgãos de transpiração provoca a formação de dupla camada de sílica (OLIVEIRA e CASTRO, 2002), o que causa redução da transpiração por diminuir a abertura dos estômatos, limitando a perda de água (FARIA, 2000).

Observa-se na Figura 1B que as concentrações de Glicina-Betaína nas raízes aumentaram nos tratamentos estresse S/Si, estresse 0,5, estresse 1,0 e estresse 1,5 quando comparadas com as plantas controle. E quando comparadas ao estresse S/Si, todos os demais tratamentos tiveram a concentração de glicina-betaína reduzida, devido o Si reduzir a perda de água e, conseqüentemente, reduzir a formação de aminoácidos. Porém observa-se que houve uma redução no tratamento estresse 2,0. Nessa concentração de Si, o mesmo se tornou tóxico para as plantas, pois o Si conseguiu nessa concentração evitar a perda de água, fazendo com que as proteínas sofressem pouca degradação e formassem, dessa forma, poucas concentrações de aminoácidos. Além disso, o aumento do valor de glicina-betaína deve-se à provável formação de aminoácidos através da degradação das proteínas e das altas concentrações de amônia vinda, possivelmente, da fotorrespiração e de processos de desaminações (McNEIL et al., 1999).

Nas folhas a concentração desse aminoácido aumentou em todos os tratamentos quando comparadas com as plantas submetidas ao estresse S/Si. Isso ocorreu devido ao fato de as proteínas serem degradadas quando submetidas ao estresse hídrico.

As concentrações de Carboidratos Solúveis Totais nas raízes foram de: 0,546; 1,53; 0,985; 0,878; 0,61 e 0,66 mg de carboidratos solúveis totais / 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 0,79; 1,86; 1,16; 1,078; 0,79 e 0,68 mg de / g MS de carboidratos solúveis totais, nas plantas controle, estresse S/Si, estresse (0,5mM), estresse (1,0mM), estresse (1,5mM) e estresse (2,0mM), respectivamente.

Pode-se observar na Figura 1C que a concentração de carboidratos solúveis totais nas raízes e nas folhas em todos os tratamentos aumentou quando comparadas com as plantas controle. Porém, quando comparadas ao estresse S/Si houve uma redução. Nas plantas sob deficiência hídrica o aumento dos carboidratos solúveis totais está relacionado com o processo de ajustamento fisiológico no metabolismo dessas plantas, sendo assim, reduzindo seus potenciais osmóticos no sentido de manter a planta hidratada e, conseqüentemente, retardar a desidratação dos seus tecidos. Esses aumentos observados em plantas sob estresse estão associados ao fato de que com a desidratação ocorre diminuição do conteúdo de amido na célula, além de queda na capacidade de fotossíntese, fato que paralisará o crescimento celular, assim como reduzirá a síntese de sacarose para exportação, possibilitando aumentos nos teores de carboidratos totais no meio celular (OLIVEIRA NETO, 2008).

As concentrações de amido nas raízes foram de: 0,12; 0,028; 0,096; 0,09; 0,03 e 0,031 mg de amido/ 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: 0,342; 0,045; 0,287; 0,275; 0,11 e 0,107 mg de amido / g MS, nas plantas controle, estresse S/Si, estresse (0,5mM), estresse (1,0mM), estresse (1,5mM) e estresse (2,0mM), respectivamente. Esses resultados demonstram que houve redução nas concentrações de amido nas raízes e folhas em todos os tratamentos quando comparadas com as plantas controle. E quando comparadas ao estresse S/Si, observa-se que a concentração de amido nas raízes não diferiu estatisticamente nas maiores concentrações de Si.

A redução das concentrações de amido nas folhas sob a deficiência hídrica está provavelmente relacionada com a diminuição da fotossíntese e a degradação do amido através das enzimas  $\alpha$  e  $\beta$ -amilase, formando novos açúcares como a sacarose com intuito de ajuste osmótico (Figura 1D), e/ou transporte para outros drenos preferenciais e/ou a inativação da enzima chave na síntese de amido pela a ADP-glicose pirofosforilase. No caso das raízes, essa redução está relacionada à diminuição do fluxo de fotoassimilados das folhas para as raízes, devido à deficiência hídrica promover uma redução no potencial de pressão positiva no floema. Resultados semelhantes foram encontrados por Cruz et al., (2008) quando trabalharam com plantas de tangerina (*Citrus reticulata*) sob déficit hídrico.

As concentrações de sacarose nas raízes foram de: 12,12; 58,31; 35,23; 34,89; 37,92 e

37,7 mg de Sacarose/ 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: 24,4; 65,18; 39,44; 44,32; 45,18 e 47,26 mg de Sacarose/ g MS, nas plantas controle, estresse S/Si, estresse (0,5mM), estresse (1,0mM), estresse (1,5mM) e estresse (2,0mM), respectivamente. As concentrações de sacarose aumentaram nas raízes e folhas de todos os tratamentos quando comparadas com as plantas controle. O aumento das concentrações de sacarose está ligado, provavelmente, à diminuição fotossintética e da quebra do amido através da enzima  $\alpha$ - e  $\beta$ -amilase em açúcares. Esses açúcares podem ser quebrados e então transportados para os diversos drenos, na forma de sacarose. Além disso, como os demais açúcares, a sacarose pode se ligar às moléculas de água na folha com a finalidade de manter o nível de água da folha, bem como induzir um ajustamento osmótico na planta. Por isso, apresentou-se aumento de sacarose na ocorrência de estresse hídrico (OLIVEIRA NETO, 2008). Todavia, reduziu-se em todos os tratamentos quando comparadas ao estresse S/Si.

### **Conclusões**

O estresse hídrico afetou diretamente os processos bioquímicos nas plantas de milho, estes mecanismos que por sua vez são relacionados a produção, pareceram ser controlados pela presença do silício. Este que embora não seja um elemento mineral essencial para as plantas e não ter efeito sobre algum estresse biótico demonstrou ser capaz de ajudar a planta a tolerar o déficit hídrico imposto neste experimento.

### **Literatura Citada**

CÂMARA, T.M.M; BENTO, D.A.V; ALVES, G.F; SANTOS, M.F; MOREIRA, J. U. V; SOUZA JÚNIOR, C.L. Parâmetros genéticos de caracteres relacionados à tolerância à deficiência hídrica em milho tropical Bragantia, Campinas, v.66, n.4, p.595-603, 2007.

CRUZ, M.C.M; SIQUEIRA, D. L; SALOMÃO, L. C. C; CECON, P. R; SANTOS, D. Teores de carboidratos em tangerineira 'ponkan' e limeira ácida 'tahiti' submetidas ao estresse hídrico. Revista Ceres. 55(4): 305-309, 2008.

DAYANANDAM, P., KAUFMAN, P. B., FRAKIN, C. I. Detection of silica in plants. Amer. J. Bot., v. 70, p.1079-1084. 1983.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry. V.28, n.3, p.350-356. 1956.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. Sunderland: Sinauer Associates, 2005. 400p.

FARIA, R. Efeito da acumulação de silício e a tolerância das plantas de arroz do sequeiro ao déficit hídrico do solo. 2000. 125F. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Solos, Universidade Federal de Lavras, Viçosa, 2000.

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

GRIEVE C.M.; GRATTAN S. R.. Rapid assay for determination of water soluble quaternary ammonium compounds. Plant and Soil 70: 303-307. 1983.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station, Circular, 347. 1950.

MAESTRI, M. et al. Accumulation of proline and quaternary ammonium compounds in mature leaves of water stressed coffee plants (*Coffea arabica* e *Coffea canephora*). Journal Horticultural Science, v.70, n.2, p.229-233, 1995.

McNEIL, S.D.; NUCCIO, M.L.; HANSON, A.D. Betaines and related osmoprotectants. Targets for metabolic engineering of stress resistance. Plant Physiology, v.120, p. 945-949, 1999.

OLIVEIRA, L. A. & CASTRO, N. M. Ocorrência de Sílica nas Folhas de *Curatella americana* L. e de *Davilla elliptica* St. Hil. Rev. Horizonte Científico, 2002.

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.

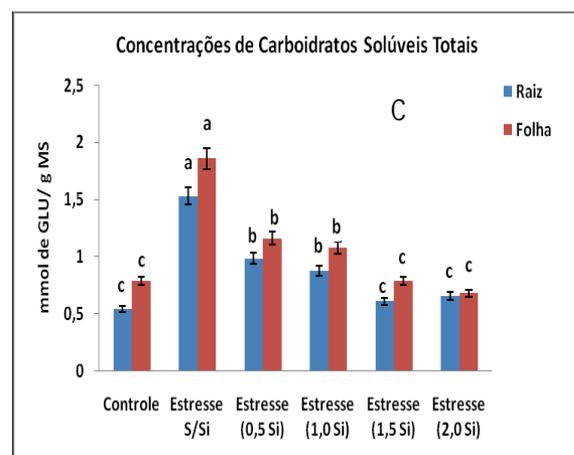
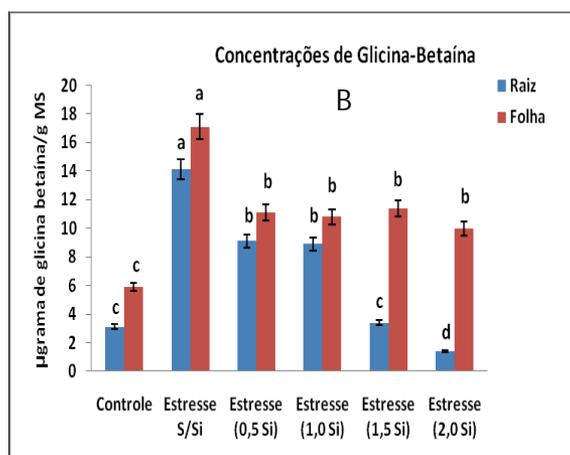
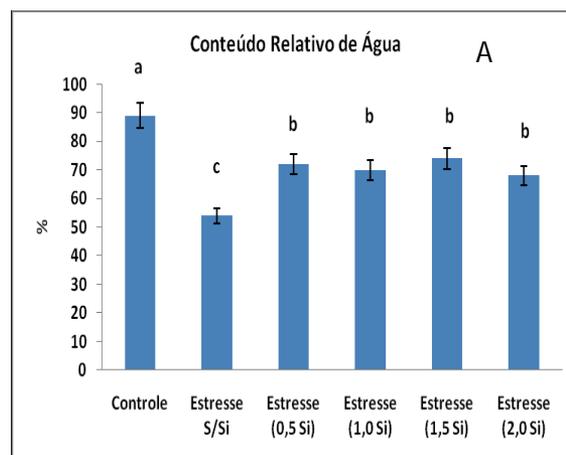
SAS INSTITUTE. SAS/STAT User's Guid: version 6.12, SAS Institute, Cary, NC. 1996.

SAVANT, N. K.; *et al.* Effects of silicon nutrition on metabolism and translocation of nutrients in rice plants. Journal of Plant Nutrition, v. 12, n. 22, p.1853-1903, 1999.

SINHA, S.K.; NICHOLAS, D.J.D. Nitrate Reductase. In: PALEG, L.G.; ASPINALL, D. (Ed.) The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. New York: Academic Press. p.145-168. 1981.

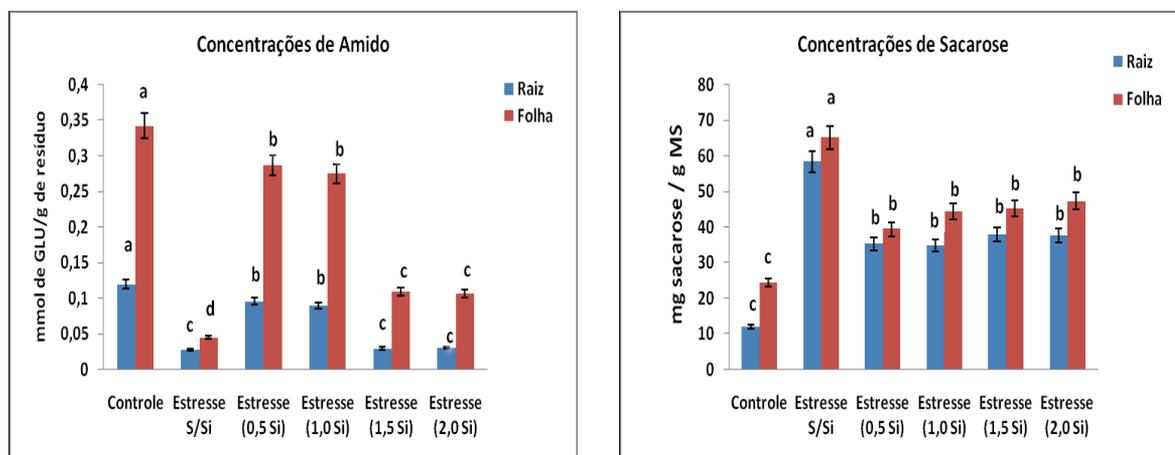
SLAVICK, B. Methods of Studying Plant Water Relations. Springer- Verlag, New York, 1979.

VAN HANDEL, E. Direct microdetermination of sucrose. Anal Biochemical., V. 22: 280-283. 1968.



D

E



**Figura 1-** Conteúdo relativo de água (A), glicina-betaína (B), carboidratos solúveis totais (C) amido (D) e sacarose (E) nas raízes e folhas de milho (*Zea mays*) 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.