

Teores de Prolina, Aminoácidos e Proteínas Solúveis Totais em Resposta a Deficiência Hídrica e Concentrações de Silício em Plantas de Milho

Myriam Galvão Neves¹, Jaomara Nascimento da Silva², Jonny Lucio de Sousa Silva³, Luma Castro de Souza⁴, Jackeline Araújo Mota Siqueira⁵, Lilian Matias de Oliveira⁶; Roberto Rivelino do Nascimento Barbosa⁷, Antonia Gilcileia Cunha da Conceição⁸ e Cândido Ferreira de Oliveira Neto⁹

^{1,2,6,7,8} Acadêmicas do Curso de Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia- UFRA, Capitão Poço, PA. ¹agronomyriam@hotmail.com, ²ns_jaomara@hotmail.com, ⁶lillianoliveira4@hotmail.com, ⁷robertoufra28@yahoo.com, ⁸gilcileia.cunha@gmail.com, ^{3,4,5} Engenheiros Agrônomo, UFRA, 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 - A cultura do milho (*Zea mays* L) tem grande importância socioeconômica e seu rendimento é extremamente dependente da condição hídrica durante o desenvolvimento. O silício é um elemento químico considerado não essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas. O objetivo do presente trabalho foi estudar os teores de prolina, aminoácidos e proteínas solúveis totais em resposta a deficiência hídrica e concentrações de silício em plantas de milho. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campi 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) quatro concentrações de silício na forma de metasilicato de sódio (0.5, 1.0, 1.5 e 2.0 mM)] com 7 repetições. As concentrações de prolina nas raízes e nas folhas aumentam, enquanto a concentrações de proteínas solúveis totais reduziram em todos os tratamentos quando comparadas as plantas controle.

Palavras-chave: *Zea mays* L., cultura do milho, condição hídrica elemento químico, metasilicato de sódio.

Introdução

A cultura do milho (*Zea mays* L) tem grande importância socioeconômica e seu rendimento é extremamente dependente da condição hídrica durante o desenvolvimento dessa cultura, principalmente nas fases de pendramento-espigamento, (Bergamaschi et al., 2004). Além disso, um dos mecanismos da cultura do milho se adaptar à seca é o acumulando solutos osmoticamente ativos na célula, em relação às plantas bem hidratadas. Esse fenômeno é conhecido por ajustamento osmótico, no qual permite a manutenção da turgescência, crescimento e fotossíntese, isso sob baixos valores de potencial de água da folha (MORGAN, et al., 1984).

O silício é um elemento químico considerado não essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, mas têm sido associados a diversos efeitos benéficos, os que se destacam são: o baixo coeficiente de transpiração, com melhor aproveitamento da água; o

maior teor de clorofila e a maior rigidez estrutural dos tecidos, com o aumento da resistência mecânica das células, deixando as folhas mais eretas e elevando a área fotossintética e a absorção de CO₂ (LIMA. et.al., 2011). Esses fatores fizeram com que, no Brasil, esse elemento passasse a ser integrante da lista dos micronutrientes, apesar das pesquisas ainda não tenham demonstrado a essencialidade deste elemento (OLIVEIRA, 2009). A armazenagem do silício nos estomas causa a formação de uma dupla camada de sílica cuticular, a qual, pela diminuição do processo de transpiração (DATNOF et al., 2001).

O estresse influencia no metabolismo da planta fazendo com que a mesma possa elevar o conteúdo de matéria seca, fibra e proteína, além do percentual de lignina (SANTOS et al., 2001).

O objetivo do presente trabalho foi estudar os teores de prolina, aminoácidos e proteínas solúveis totais em resposta a deficiência hídrica e concentrações de silício em plantas de milho.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campi 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, sendo que os continham substratos de areia: vermiculita (2:1), sendo que foram irrigadas com solução nutritiva de (Hoagland e Arnon, 1950). Esses vasos foram dispostos no espaçamento de 0,60 m entre linhas e 0,40 m entre plantas, em distribuição ao acaso.

Utilizou-se o delineamento experimental utilizado 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 metasilicato de sódio (0.5, 1.0, 1.5 e 2.0 mM)] com 7 repetições, no qual cada unidade experimental foi composta de duas planta/vaso. A partir do 25º dia após a germinação foi aplicado a deficiência hídrica, as plantas mantida a 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 a análise de variância e às médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Também, foram 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).

Foram realizadas coletas destrutivas das plantas no estágio vegetativo (30 dias), sempre às 9:00 h da manhã, no qual as plantas foram separadas em raiz, colmo, 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 os seguintes parâmetros bioquímicos: prolina, aminoácidos solúveis totais e proteínas solúveis totais, pelo método descrito por (BATES et al., 1973), (BRADFORD, 1976), (PEOPLES et al., 1989), respectivamente.

Resultados e Discussão

As concentrações de prolina nas raízes foram de: 3,41, 14,18, 6,19, 7,131, 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 1A mostra que as concentrações de prolina nas raízes e nas folhas aumentam em todos os tratamentos quando comparadas as plantas controle, e reduzem quando comparadas as plantas sobre estresse hídrico S/Si. Além disso, nas plantas sob deficiência hídrica, o aumento dos teores de prolina pode está 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).

Observamos na figura 1B que as concentrações de aminoácidos solúveis totais nas raízes foram de: 3,01, 6,93, 4,46, 4,74, 2,48 e 2,01 mg de Aminoácidos/ 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: 8,44, 23,12, 11,55, 10,97, 12,60 e 13,56 mg de Aminoácidos/ 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 aminoácido solúveis totais nas raízes e nas folhas das plantas submetidas ao estresse 0,5mM e estresse 1,0mM aumentaram quando comparados as plantas controle. E nas concentrações de Si 1,5mM e 2,0mM reduziram. Pois quanto maior a quantidade de silício menor é a concentração de aminoácidos nas raízes, devido o efeito de toxidez causado pelo

aumento nas concentrações de Silício. No entanto, as concentrações de aminoácidos solúveis totais nas folhas aumentaram em todos os tratamentos quando comparados as plantas controle. Isso se deve ao fato do estresse hídrico favorecer a degradação das proteínas pelas enzimas proteolíticas. Essa degradação favorece o acúmulo de aminoácidos, devido à restrição da síntese de proteínas, bem como aos distúrbios provocados pela deficiência hídrica nos tecidos do floema, reduzindo a translocação para outros órgãos (OLIVEIRA, 2005).

Todavia, quando comparadas ao estresse S/Si observa-se que houve uma redução nas concentrações de aminoácidos, devido o silício forma uma dupla camada silicatada que impede até certo ponto a perda de água, evitando dessa forma a quebra das proteínas e conseqüentemente a formação de aminoácidos. Os aminoácidos se acumularam nos tecidos foliares, e isso pode ser considerado um sinal de tolerância das plantas quando são submetidas a diferentes estresses ambientais, principalmente o estresse hídrico. Oliveira (2005) encontrou resultados semelhantes trabalhando com quatro leguminosas em resposta ao déficit hídrico e sistema de corte e trituração.

As concentrações de proteínas solúveis totais nas raízes e folhas de plantas de milho reduziram significativamente quando foram submetidas à deficiência hídrica em comparação as plantas controle. As concentrações de proteínas solúveis totais nas raízes foram de: 1,62, 0,19, 0,72, 0,74, 0,24 e 0,28 mg de Proteína/ 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: 5,07, 1,05, 1,95, 2,78, 2,87 e 2,69 mg de Proteína/ g MS, nas plantas controle, estresse S/Si, estresse (0,5mM), estresse (1,0mM), estresse (1,5mM) e estresse (2,0mM) respectivamente.

Podemos observar na figura 1C que a concentração de proteínas solúveis totais reduziu nas folhas dos tratamentos que foram tratadas sem a concentração de Si (estresse S/Si) ou que foram tratadas com baixa concentração de Si (0,5mM). Isso se deve ao fato de ter ocorrido um aumento da atividade de enzimas proteolíticas, que quebram as proteínas de reserva das plantas e também devido à diminuição da síntese “*de novo*” das mesmas. Esse tipo de estresse interfere basicamente no metabolismo bioquímico da planta e como uma forma de defesa contra falta de água, a planta muda seu comportamento metabólico como, por exemplo, degrada proteínas em aminoácidos, dentre os quais, a prolina que está diretamente ligada ao ajustamento osmótico do tecido foliar das células. Já nos tratamentos que receberam altas concentrações de Si, houve aumento nas concentrações de proteínas solúveis totais. Isso se deve ao fato do Si formar uma dupla camada silicatada, reduzindo dessa forma a perda de água

pelas plantas. Houve também uma redução de proteínas solúveis totais nas raízes de plantas que foram submetidas aos tratamentos estresse (1,5mM) e estresse (2,0mM), devido o Si ter se tornado tóxico nessas concentrações.

Conclusões

O estresse hídrico afetou diretamente os processos bioquímicos nas plantas de milho, o que poderá causar perda da produtividade.

O Si embora não sendo um elemento mineral essencial para as plantas sobre algum estresse biótico, demonstrou ser eficaz no controle de certos estresses, como por exemplo, da deficiência hídrica.

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.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; ECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, p.831-839, 2004.

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.

DATNOFF, L.E, SNYDER, G.H e KORNDÖRFER, G.H (2001) Silicon on Agriculture. Amsterdam, Elsevier Science. 424p.

FREITAS, L.B.; COELHO, E.M.; MAIA, S.C.M.; SILVA, T.R.B. Adubação foliar com silício na cultura do milho. Rev. Ceres, Viçosa, v. 58, n.2, p. 262-267, mar/abr, 2011.

LEÃO, D.A.S. Estresse hídrico e adubação fosfatada no desenvolvimento inicial e na qualidade da forragem da gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) PATOS - PARAÍBA Junho – 2006 (mestrado em Zootecnia).

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

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

LIMA, M.A.; CASTRO, F. ENÉAS FILHO, J. Aplicação de silício em milho e feijão-de-corda sob estresse salino. Rev. Ciênc. Agron., v. 42, n. 2, p. 398-403, abr-jun, 2011.

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.

MORGAN, J.M. 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants. Annual Review of Plant Physiology, Bethesda, v.35, p.299-319.

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.

OLIVEIRA, L. A. Silício em plantas de feijão e arroz: absorção, transporte, redistribuição e tolerância ao cádmio.2009. 157 f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, M. A. J. DE; BOVI, M. L. A.; MACHADO, E. C.; RODRIGUES, J. D. Atividade da redutase de nitrato em mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes*). Ciência Rural, v. 35, n. 3, p. 515-522, 2005.

SANTOS, E. A; SILVA; D. S; QUEIROZ FILHO, J. L . Composição Química do Capim-Elefante cv. Roxo Cortado em Diferentes Alturas, Revista Brasileira Zootecnia, v.30, p.18-23, 2001a.

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

SLAVICK, B. 1979. Methods of studying plant water relations. New York, Springer Verlang. p. 449.

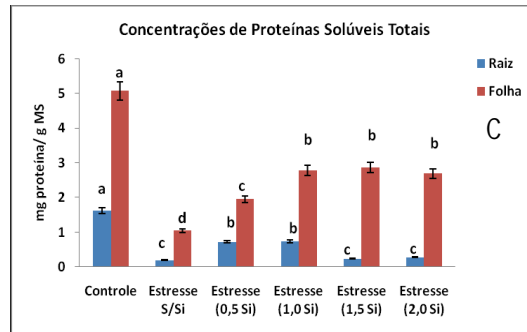
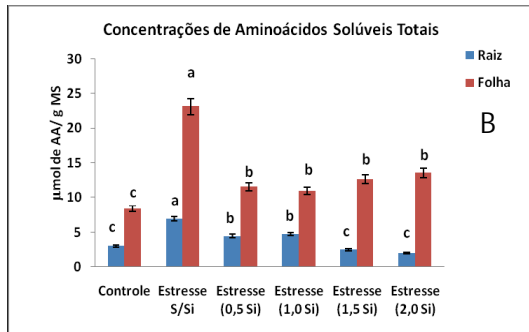
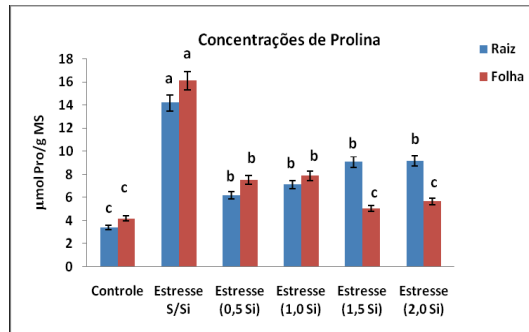


Figura 1- Atividade da redutase do nitrato (A), concentração de nitrato (B), concentração de amônio livre (C) nas raízes e folhas de milho (*Zea mays*) submetido a 07 dias de suspensão hídrica e diferentes concentrações de silício (0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 mM). Letras minúsculas iguais, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, através do teste de Tukey. As barras representam os desvios padrões das médias.