

Atividade da Enzima Redutase do Nitrato, Concentrações de Nitrato e Amônio em função da Suspensão Hídrica e Concentrações de Silício em Plantas de Milho

Antonia Gilcileia Cunha da Conceição¹, Jonny Lucio de Sousa Silva², Luma Castro de Souza³, Jackeline Araújo Mota Siqueira⁴, Jaomara Nascimento da Silva⁵, Carla Carolynne Resueno Coelho⁶, Lillian Matias de Oliveira⁷, Myriam Galvão Neves⁸, Cândido Ferreira de Oliveira Neto⁹

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

RESUMO - O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura que vem demonstrando ser muito importante para a nossa agricultura. O déficit hídrico altera o transporte e os processos bioquímicos com conseqüências no desenvolvimento das plantas. O objetivo do trabalho é estudar a atividade da enzima redutase do nitrato, concentrações de nitrato e amônio em função da suspensão hídrica e concentrações de silício em plantas de milho. 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) quatro concentrações de silício na forma de metassilicato de sódio (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM)] com 7 repetições. A atividade redutase, concentração de nitrato e amônio livre nas raízes e nas folhas reduziram em todos os tratamentos quando comparadas as plantas controle. O déficit hídrico causou alterações nos compostos nitrogenados, plantas submetidas à concentração de silício até 1,0mM minimizaram o estresse sofrido pela planta de milho.

Palavras-chave: *Zea mays* L., déficit hídrico, processos bioquímicos, compostos nitrogenados, metassilicato de sódio.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura que vem demonstrando ser muito importante para a nossa agricultura. É a matéria-prima para a produção de diversos produtos, além de apresentar características agronômicas importantes, como o aumento na produção de grãos e a utilização desta cultura como alternativa na rotação e sucessão de culturas (LIBERA, 2010).

Para Larcher (2006), estresse é um desvio das condições ótimas de desenvolvimento do vegetal, onde podem ocorrer alterações e respostas em parte do organismo ou nele como um todo. Todavia o déficit hídrico altera o transporte e os processos bioquímicos com conseqüências no desenvolvimento das plantas.

Segundo Epstein (2001), o silício não é considerado um elemento essencial para as plantas, porque não atende aos critérios diretos e indiretos de essencialidade. Todavia esse

nutriente pode funcionar como um elemento benéfico aos vegetais, atuando na redução de estresses bióticos e abióticos. De acordo com BARBOSA FILHO et al. (2000) Mesmo não sendo essencial do ponto de vista fisiológico para o crescimento e desenvolvimento das plantas, a sua absorção traz inúmeros benefícios para a cultura, demonstrando a sua “essencialidade agrônômica” para um aumento e/ou produção sustentável.

Em gramíneas, como milho, arroz e sorgo, a sílica fica armazenada na forma de corpos silicosos, sendo depositada principalmente nas células epidérmicas, silicosas e buliformes, e nos estômatos e tricomas foliares (CURRIE e PERRY, 2007). Além disso, em diversas espécies pode ser encontrada abaixo da cutícula uma densa camada formada pela deposição de sílica. Essa densa camada tem sido de grande importância quando as plantas encontram condições de estresse biótico e abiótico, e isso contribui para reduzir a perda de água por meio do processo de transpiração, além de aumentar a eficiência no uso da água (NWUGO e HUERTA, 2008).

O presente trabalho teve por objetivo estudar a atividade da enzima redutase do nitrato, concentrações de nitrato e amônio sob déficit hídrico 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, 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 modificados, nos quais continham substratos de areia: vermiculita na proporção 2:1, as mesmas foram irrigadas com solução nutritiva segundo 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.

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 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. A partir do 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 a análise de variância e as 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, no qual 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 os seguintes parâmetros bioquímicos: redutase do nitrato, amônio livre, nitrato, pelos métodos descritos por HAGEMAN e HUCKLESB (1971), WEATHERBURN (1967) e CATALDO et al. (1975), respectivamente.

Resultados e Discussão

A Figura 1A mostra que a atividade da redutase do nitrato nas raízes foi de: 0,83; 0,017; 0,491; 0,469; 0,21 e 0,198 mg de redutase do nitrato/ 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: 1,68; 0,015; 0,923; 0,823; 0,423 e 0,213 mg de Redutase do nitrato/ g MS, nas plantas controle, estresse S/Si, estresse (0,5mM), estresse (1,0mM), estresse (1,5mM) e estresse (2,0mM), respectivamente.

Observa-se na Figura 1A que a atividade redutase nas raízes e nas folhas do nitrato reduziu em todos os tratamentos quando comparadas com as plantas controle. Observa-se que as plantas submetidas ao estresse Si tiveram uma redução drástica em relação aos demais tratamentos. Esses resultados mostram que a redutase do nitrato foi diretamente afetada pelo estresse hídrico e resultados sugerem que o estresse hídrico diminui a atividade dessa enzima em virtude da diminuição do fluxo de água pela corrente transpiratória e com isso também o fluxo de nitrato para as folhas, uma vez que essa enzima é altamente dependente de seu substrato, (SHARNER e BOYER, 1976). Para Oliveira Neto (2011) a enzima redutase do nitrato apresenta alta relação síntese: degradação mostra-se particularmente sensível á redução do potencial de água em plantas.

As concentrações de nitrato nas raízes foram de: 0,062; 0,012; 0,026; 0,027; 0,029 e 0,013 mg de nitrato/ 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: 0,049; 0,006; 0,023; 0,029; 0,032 e 0,006 mg de nitrato/ g MS, nas plantas controle, estresse S/Si, estresse (0,5mM), estresse (1,0mM), estresse (1,5mM) e estresse (2,0mM),

respectivamente.

Na Figura 1B observa-se que houve redução na concentração de nitrato nas raízes e folhas em todos os tratamentos quando comparadas as plantas controle. O tratamento estresse 2,0mM de Si teve uma redução drástica na concentração de nitrato. Isso pode ter ocorrido devido a parte do metabolismo global das plantas (metabolismo do nitrogênio) ser afetado pelo déficit hídrico (FERREIRA, 2002).

As concentrações de amônio livre nas raízes foram de: 20,21; 11,27; 17,92; 18,81; 20,30 e 14,09 mg de Amônio livre/ 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: 16,03; 8,12; 15,74; 13,50; 14,88 e 11,51 mg de Amônio livre/ g MS, nas plantas controle, estresse S/Si, estresse (0,5mM), estresse (1,0mM), estresse (1,5mM) e estresse (2,0mM), respectivamente.

Observa-se que houve redução de amônio livre nas raízes e folhas em todos os tratamentos (Figura 1C), quando comparado as plantas controle. No entanto, quando comparado ao estresse S/Si observa-se que houve aumento na concentração de amônio livre. Estes resultados comprovam que a deficiência hídrica aumentou expressivamente as concentrações de amônio livre em consequência da possível redução da fotossíntese, haja vista que as mesmas mantêm o metabolismo do nitrogênio pelo fornecimento de energia (ATP) e pelas formações dos poderes redutores (NADPH, FADH e NADH).

A redução nas concentrações de amônio ocorreu por que a principal rota metabólica do nitrogênio possivelmente foi afetada pelo déficit hídrico, além da redução na produção da enzima redutase do nitrato e de outros fatores envolvidos. Infere-se, pois, que as diferenças encontradas entre cultivares na resposta ao Si podem ser atribuídas a mecanismos fisiológicos como diferentes taxas de absorção, translocação e diferenças morfológicas no sistema radicular, tal como apontado por Barbosa Filho et al. (1998).

Conclusões

O silício embora não seja um elemento mineral essencial para as plantas, demonstrou minimizar o déficit hídrico sob a atividade e as concentrações das enzimas nas raízes e folhas.

O benefício proporcionado pela aplicação de silício pode constituir nos processos bioquímicos ligados ao sistema produtivo do milho.

Literatura Citada

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; ELLIOTT, C. L.; DATNOFF, L. E.; PRABHU, A. S., SILVA, O. F.; KORNDÖRFER, G. H. Resposta do arroz de sequeiro à aplicação de silício. In: FERTBIO, 1998, Caxambu, MG. Anais... Lavras: UFLA; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Sociedade Brasileira de Microbiologia, 1998. p. 57.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; PREBHU, A. S.; DATNOFF, L. E.; KORNDORFER, G. H. Importância do silício para a cultura do arroz: uma revisão de literatura. Informações Agronômicas, Piracicaba, v. 8, p. 1-9, mar. 2000. Encarte técnico.

CATALDO, D. A.; HAROON, S. L. E; YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Commum Soil Science Plant Analyse, 6: (1):71-80, 1975.

CURRIE, H.A.; PERRY, C. Silica in Plants: Biological, Biochemical and Chemical Studies. Annals of Botany, p.1-7, 2007.

EPSTEIN, E. Silicon in plants: facts vs. concepts. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. Silicon in agriculture. Amsterdam: Elsevier, 2001. p. 1-15.

FERREIRA, V.M.; MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; OLIVEIRA, L.E.M.; PURCINO, A.A.C. Metabolismo do nitrogênio associado à deficiência hídrica e sua recuperação em genótipos de milho. Ciência Rural, v. 32, n. 1, 2002.

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.

HAGEMAN, R. H. G.; HUCKLESBY, D. P., Nitrate reductase from higher plants. In: Methods in enzymology, 17 A: 491 – 503, 1971.

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

LARCHER, W. Ecofisiologia Vegetal. Tradução: Prado, C. H. B. A. São Carlos: Rima, 2006. 531 p.

LIBERA, A.M.D. Efeito de bioestimulantes em caracteres fisiológicos e de importância agronômica em milho (*Zea mays* L.) / Ijuí – Rio Grande do Sul, 2010. Trabalho de Conclusão de Curso de Agonomia. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, 2010.

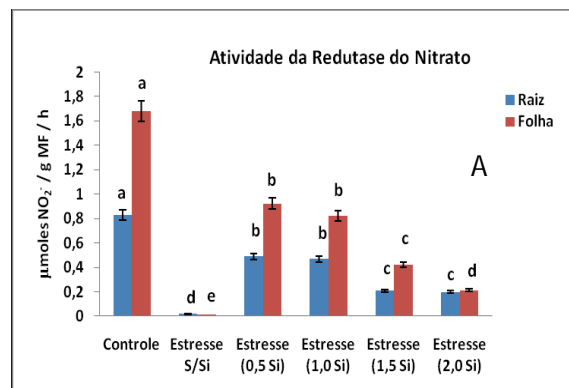
NWUGO, C.C.; HUERTA, A.J. Effects of silicon nutrition on cadmium uptake, growth and photosynthesis of rice plants exposed to low-level cadmium. *Plant and Soil*, 2008. DOI 10.1007/s11104-008-9659-4.

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.

SHARNER, D.L.; BOYER, J.S. Nitrate reductase activity in maize (*Zea mays* L.) leaves. I. Regulation by nitrate flux. *Plant Physiology*. v.58, p. 499-504, 1976.

WEATHERBURN, M. W. Phenol hipochlorite reaction for determination of ammonia. *Analytical Chemistry*. V. 39: 971-974. 1967.



B

C

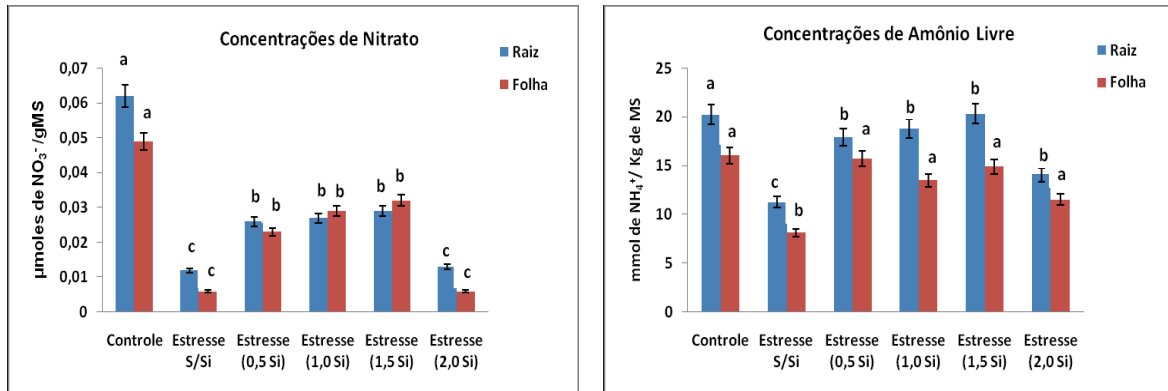


Figura 1- Atividade da redutase do nitrato (A), concentração de nitrato (B), concentração de amônio livre (C) nas raízes e folhas de milho (*Zea mays*) submetido a 07 dias de suspensão hídrica e diferentes concentrações de silício (0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 mM). Letras minúsculas iguais, não diferem estatisticamente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