

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

QUANTIFICAÇÃO DE AÇÚCARES SOLÚVEIS EM PLÂNTULAS DE GIRASSOL SOB CONCENTRAÇÕES DE AMÔNIO E APLICAÇÕES DE SILÍCIO

João Victor Martins de Araújo Almeida, Laécio Novato Ribeiro Filho, Marcos Ferreira Almeida, Milton Carriço Sá, Raul Antonio Araújo do Bonfim, Leandro Dias da Silva, Paulo Araquém Ramos Cairo.

Departamento de Fitotecnia e Zootecnia. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Estrada do Bem Querer, km 04, Caixa Postal, 95. CEP 45031-300 Vitória da Conquista-Ba.
joaovmartins1408@gmail.com, laelcionovato@gmail.com, marcosagro2014@gmail.com,
milton.carriço@hotmail.com, raularaujoraul@gmail.com, leodias5@yahoo.com.br,
pcairo@uol.com.br.

Resumo

O nitrogênio (N) é fundamental no desenvolvimento de todas as culturas, onde a adubação com amônio (NH_4^+) é muito utilizada e apresenta a vantagem de fornecer para a planta um menor gasto de energia na absorção, porém, o acúmulo de N ocorre de forma mais descontrolada, levando a toxicidade. O silício (Si) se apresenta como uma alternativa para atenuar os efeitos causados pela toxicidade amoniacal e aumentar o teor de açúcares solúveis, solutos estes envolvidos no ajuste do potencial osmótico em plantas sob estresse. Dessa forma, o presente trabalho teve o objetivo de quantificar açúcares solúveis em plântulas de girassol submetidas às diferentes concentrações de NH_4^+ e aplicações de Si. Para isso, conduziu-se o experimento com delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial $(4 \times 3) + 1$, com quatro concentrações de NH_4^+ e três métodos de aplicações Si, acrescidos de uma testemunha (sem aplicação de Si), com cinco repetições. Houve interação significativa entre as plântulas de girassol submetidas aos tratamentos, para o teor de açúcares solúveis. Concluiu-se que as aplicações exógenas de Si podem mitigar a toxicidade de NH_4^+ em plantas.

Palavras-chave: Nitrogênio. Amônio. Silício.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônoma - Agronomia

Introdução

O girassol (*Helianthus annuus*) se apresenta como uma das cinco principais espécies produtoras de óleo no mundo, onde é muito usado na alimentação animal e humana devido ao seu alto valor nutricional, além de ser uma ótima matéria-prima para produção de biodiesel, mostrando assim a importância dessa espécie no setor agrícola (DIAS *et al.*, 2022). Essa é uma espécie muito conhecida por apresentar boa adaptação climática e tolerância a variações de temperaturas, o que possibilita seu cultivo a qualquer região do país (UHDRE *et al.*, 2017).

Dentre os nutrientes essenciais, o nitrogênio (N) é aquele que se encontra em maior concentração nas plantas, sendo fundamental no crescimento, desenvolvimento e rendimento de todas as culturas, (VICIEDO *et al.*, 2019), se apresentando como o principal componente da clorofila, composto este fundamental no processo fotossintético das plantas.

A deficiência causada pela falta de N ainda é um problema comum na produção agrícola em todo o mundo, e na adubação o amônio (NH_4^+) é uma das formas de nitrogênio mais usadas para o crescimento e desenvolvimento das plantas. (HASSAMA *et al.*, 2022). A vantagem da absorção de N na forma de amônio é o menor gasto metabólico de energia por parte da planta, em contrapartida, o acúmulo de N acontece de forma mais descontrolada, acarretando problemas no desenvolvimento do vegetal (VICIEDO *et al.*, 2019). Nesse contexto, o uso do silício surge como uma ótima estratégia para atenuar os efeitos deletérios.

Apesar de não estar na lista dos nutrientes essenciais, o Si se mostra uma ótima alternativa na agricultura, devido aos impactos positivos do seu uso ao mitigar implicações de estresses bióticos e abióticos nas plantas (UHDRE *et al.*, 2017). Esse elemento pode atenuar os sintomas de estresse

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

causados pela toxicidade amoniacal, podendo ainda aumentar a eficiência da utilização de N, ligada a um aumento na concentração de clorofila e na fotossíntese. A explicação mais precisa é que o Si previne tensões impostas por estresses, através de uma redução na indução do estresse oxidativo. Os benefícios do Si dependem de sua aplicação na planta, seja na forma solúvel nas raízes ou na pulverização foliar, ambos os métodos aumentam a presença de Si dentro das células vegetais e demonstraram fornecer resistência ao estresse (LEAL *et al.*, 2021).

Os açúcares solúveis estão presentes em muitos processos metabólicos e em estruturas celulares das plantas, eles são importantes componentes que podem atuar modificando vias reativas das células, induzindo sinais e aumentando a resistência da planta, e suas concentrações podem se alterar a depender do tipo de estresse (KHAN *et al.*, 2020).

Diante do que foi apresentado, o presente trabalho foi realizado com objetivo de quantificar açúcares solúveis em plântulas de girassol submetidas à diferentes concentrações de amônio e aplicações de Si.

Metodologia

O experimento foi realizado no *campus* da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) em Vitória da Conquista – BA (14°53'08" sul, 40°48'02" oeste, altitude 881 m). O clima da região é classificado, de acordo a classificação de Köppen, como Tropical de Altitude (*Cwb*), com precipitação média anual de 733,9 mm, e temperatura média anual de 20,2 °C, cujas médias máxima e mínima variam entre 26,4 °C e 16,1 °C, respectivamente.

Conduziu-se o experimento com delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial (4×3)+1, com quatro concentrações de NH_4^+ (7,5; 15,0; 22,5 e 30,0 mM) combinadas com três métodos de aplicações de solução de Si 2 mM (via incorporação ao substrato; via pulverização foliar e mix substrato + pulverização), acrescidos de uma testemunha (sem aplicação de Si), com cinco repetições, sendo uma planta por vaso. A escolha das concentrações de NH_4^+ baseou-se no critério adotado por Leal *et al.* (2021) – os quais, por sua vez, seguiram Hoagland e Arnon (1952), que propuseram o fornecimento de 15 mM de N na forma de NO_3^- . Como o objetivo deste projeto é estudar o efeito de concentrações de N somente na forma NH_4^+ , as quatro concentrações de NH_4^+ consideram a concentração 15 mM de NH_4^+ como a referência “controle”, acrescida de uma concentração abaixo e duas acima.

Utilizando quatro variedades de girassol, sendo elas, Helio 250, Helio 251, Tera 204 e Tera 868, fornecidas pela empresa Heliagro, três sementes foram semeadas em cada vaso com capacidade de 15 L, preenchidos com areia previamente tratada com lavagem exaustiva em água corrente, esterilizada com solução de H_2SO_4 0,1 M, e novamente lavada com água corrente. Aos 15 dias após emergência (DAE) foi realizado o desbaste permanecendo uma planta por vaso. A partir de então foi fornecida uma solução nutritiva (Hoagland & Arnon, 1952), contendo a seguinte composição: N (variando a cada tratamento em 7,5 mM, 15,0 mM, 22,5 mM e 30,0 mM), Ca (5 mM), Mg (2 mM), P (1 mM), K (16 mM), S (2 mM), Cl (25 mM), B (46,24 µM), Fe (89,53 µM), Mn (9,1 µM), Zn (0,76 µM), Cu (0,31 µM) e Mo (0,1 µM), com 25% da força iônica, que aumentou gradativamente para 50%, 75% e 100% de sete em sete dias até completar 28 dias, sendo fornecida em dias intercalados.

Para os tratamentos com aplicações de Si exógeno, foi utilizado o produto comercial Sifol Powder (Copasil Química Industrial Ltda.), uma fonte reativa de nanosílica, constituída de H_4SiO_4 (ácido silícico), extremamente puro, com elevada capacidade de dispersão em meio aquoso e compatível com outros insumos, como os componentes da solução nutritiva. O produto foi preparado na concentração 2 mM, e a sua aplicação nos tratamentos com Si exógeno ocorreu aos 7, 14 e 21 dias após o início do fornecimento da solução de Hoagland.

Os teores de açúcares solúveis foram quantificados em extrato obtido de 200 mg de folhas adultas secas e maceradas. Para a obtenção do extrato, 5 mL de solução tampão fosfato de potássio (0,1 M) foi misturada ao material vegetal e homogeneizado. A solução foi levada em tubo de ensaio tipo falcon para ser centrifugada por 45 minutos, a 2.500×g, e o sobrenadante foi recolhido para quantificações. Adicionou-se uma alíquota de 1 mL do sobrenadante a 2 mL de solução de antrona, sob resfriamento. Em seguida, o volume reacional foi aquecido em banho-maria a 100 °C, por 3 minutos, com posterior resfriamento. A quantificação dos teores de açúcares solúveis aconteceu com base no método proposto

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

por Yemm e Willis (1954). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 620 nm e os resultados foram expressos em mg de açúcares solúveis g⁻¹ massa seca.

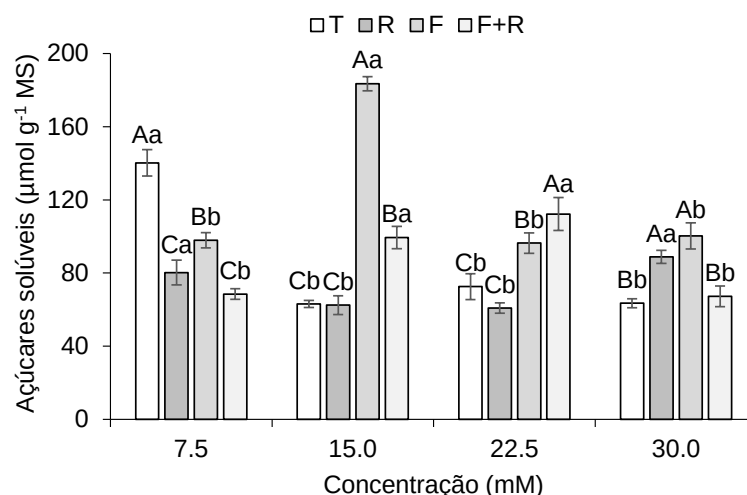
Os dados obtidos após as leituras passaram pelo teste de Cochran e pelo teste de Lilliefors, para avaliação quanto à homogeneidade e quanto à distribuição normal dos resíduos, respectivamente. Em seguida, foram submetidos à análise de variância e ao teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade, usando o programa estatístico Sisvar 5.4.

Resultados

Observa-se que houve interação significativa entre as plântulas de girassol submetidas a diferentes concentrações de amônio e utilização de silício, para o teor de açúcares solúveis (Figura 1).

Em plântulas submetidas a concentração 7,5 mM, foram verificadas diferenças apenas na testemunha (sem aplicação de Si). Em contrapartida, ao submeter as plântulas à concentração 15,0 mM, percebe-se um maior valor médio no teor de açúcares solúveis ao aplicar silício via pulverização foliar. Já para plântulas que receberam tratamento com amônio a 22,5 mM, maiores valores médios do foram encontrados naquelas que receberam silício com aplicação combinada (folha+raiz). Por fim, verificou-se em plântulas submetidas à 30mM de amônio, que os maiores valores médios foram quando aplicados o Si em via radicular e foliar.

Figura 1 – Teores de açúcares solúveis em plantas jovens de girassol submetidas à diferentes concentrações de amônio (7,5; 15,0; 22,5 e 30,0 mM) e diferentes métodos de aplicação de Si (testemunha – T; raiz – R; folha – F e folha + raiz – F+R).



As colunas são médias de 5 repetições e as barras representam o erro padrão da média. Letras maiúsculas comparam os métodos de aplicação de Si em uma mesma concentração de amônio, enquanto as letras minúsculas comparam as concentrações de amônio em um mesmo método de aplicação de Si, pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Próprio autor (2023).

Discussão

O aumento nos teores de açúcares solúveis nas plantas testemunha com 7,5 mM, se deve ao fato de que essa concentração está muito abaixo da ideal para o bom fornecimento de N para as plantas. Dessa forma, o silício não foi eficiente ao atenuar o estresse abiótico causado pela falta de N, o que corrobora com trabalho realizado por Leal *et al.* (2021). Já em concentrações maiores de amônio, nota-se a maior eficiência do silício ao reduzir os efeitos causados pela toxicidade e aumentar o teor de açúcares solúveis. Isso ocorreu, pois, a aplicação de silício aumenta a tolerância das plantas ao

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

estresse e amplia o teor de solutos orgânicos, principalmente de açúcares solúveis, que estão envolvidos no ajuste osmótico em plantas sob estresse (MUSTAFA *et al.*, 2021).

Assim, de acordo com Hurtado *et al.* (2020), o girassol é uma planta acumuladora intermediária de Si, com uma maior concentração do nutriente na parte aérea. Isso explicaria a maior eficiência das aplicações envolvendo pulverização foliar.

Conclusão

As aplicações exógenas de Si podem mitigar a toxicidade de amônio em plantas, se mostrando eficiente ao aumentar os teores de açúcares solúveis e combater estresses abióticos, sendo assim uma ótima alternativa para melhorar a eficiência da adubação nitrogenada com amônio.

Referências

DIAS, G. D. M. G.; FERREIRA, D. G. B.; ANJOS, D. C. D.; MENDES, I. D. P. B.; GUIMARÃES, M. D. A. Silicon accumulation in bioenergetic sunflower germination. **Sci. Agrar. Parana.**, v. 21, n. 2, p. 151–157, 2022.

HASSAMA, P.; SIRINUPONG, M.; RUANGRAK, E. Comparing Sources of Nitrogen Fertilizer on Growth in Sunflower Microgreens. **J. Food Sci. Technol.** v. 6, p. 52–58, 2022.

HURTADO, A. C.; CHICONATO, D. A.; PRADO, R. D. M.; JUNIOR, G. D. S. S.; GRATÃO, P. L.; FELISBERTO, G.; VICIEDO, D. O.; SANTOS, D. M. M. D. Different methods of silicon application attenuate salt stress in sorghum and sunflower by modifying the antioxidative defense mechanism. **Ecotoxicol. Environ. Saf.**, v. 203, 2020.

KHAN, N.; ALI, S.; ZANDI, P.; MEHMOOD, A.; ULLAH, S.; IKRAM, M.; ISMAIL; SHAHID, M.A.; BABAR, M. D. A. Role of sugars, amino acids and organic acids in improving plant abiotic stress tolerance. **Pak. J. Bot.**, v. 52, n. 2, p. 355–363, 2020.

LEAL, A. J. F.; BARRETO, R. F.; PRADO, R. D. M.; JUNIOR, G. B. D. S.; BARRETO, C. F.; SANTOS, L. C. C.; CAMPOS, C. N. S. Silicon attenuates abiotic stress caused by ammonium toxicity but not nitrogen deficiency in cotton plants. **J. Agron. Crop Sci.**, v. 207, n. 6, p. 8, 2021.

MUSTAFA, T.; SATTAR, A.; SHER, A.; ALLAH, S.U.; IJAZ, M.; IRFAN, M.; BUTT, M.; CHEEMA, M. Exogenous application of silicon improves the performance of wheat under terminal heat stress by triggering physio-biochemical mechanisms. **Sci. Rep.**, v. 11, n. 1, p. 23170, 2021.

UHDRE, R. S.; MANNINGEL, A. R.; ECKER, A. E. A.; SORACE, M.; CASTALDO, J. H.; NOLLA, A. Cultivation of *Helianthus annuus* L. cv. Sunflower Sunspot Dwarf with silicon application. **Sci. Electron. Arch.**, v. 10, n. 2, p. 64–67, 2017.

VICIEDO, D.O.; PRADO, R.D.M.; TOLEDO, R.L.; SANTOS, L.C.N.; HURTADO, A.C.; NEDD, L.L.T.; GONZALEZ, L.C. Silicon supplementation alleviates ammonium toxicity in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). **J. Soil Sci. Plant. Nutr.**, v. 19, p. 413–419, 2019.

YEMM, E.W.; WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochem. J.**, v. 57, n. 3, p. 508–514, 1954.

Agradecimentos

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pelo suporte no desenvolvimento da pesquisa. Ao CNPq, CAPES e FAPESB pela concessão das bolsas de estudos aos autores. À empresa Heliagro – Science and Crops® pelo fornecimento das sementes.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições