

ALTERAÇÕES NA MASSA SECA DA RAIZ EM RESPOSTA À APLICAÇÃO DE SILÍCIO EM FOLHAS E RAÍZES DE PLANTAS JOVENS DE GIRASSOL SUBMETIDAS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE AMÔNIO

Laércio Novato Ribeiro Filho¹, Marcos Ferreira Almeida², João Victor Martins de Araújo Almeida², Milton Carriço Sá³, Vinícius Alves Rodrigues⁴, Raul Antônio Araújo do Bonfim⁴, Leandro Dias da Silva⁵, Paulo Araquém Ramos Cairo⁶

RESUMO

O GIRASSOL (*Helianthus annuus*) É UMA DAS OLEAGINOSAS MAIS CULTIVADAS EM TODO O MUNDO, E O NITROGÊNIO (N) É O ELEMENTO MINERAL MAIS REQUERIDO PARA O SEU CRESCIMENTO. O AMÔNIO (NH₄⁺) É UMA DAS FORMAS IÔNICAS DE N NO SOLO, CUJA ABSORÇÃO E ASSIMILAÇÃO PELAS PLANTAS ENVOLVE UM CUSTO ENERGÉTICO MENOR QUE O NITRATO (NO₃⁻). ENTRETANTO, A ADUBAÇÃO FREQUENTE E EXCESSIVA COM FERTILIZANTES À BASE DE NH₄⁺ PODE RESULTAR EM FITOTOXICIDADE. NESTE ESTUDO CONSIDEROU-SE A HIPÓTESE DE QUE O SILÍCIO (Si), DEPENDENDO DO MÉTODO DE APLICAÇÃO, ATENUA A TOXICIDADE POR EXCESSO DE NH₄⁺. O OBJETIVO FOI INVESTIGAR OS EFEITOS DO FORNECIMENTO DE Si, BASEADO EM DIFERENTES MÉTODOS DE APLICAÇÃO, SOBRE O ACÚMULO DE MASSA SECA DE RAIZ EM PLANTAS JOVENS DE GIRASSOL SUBMETIDAS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE NH₄⁺. PARA ISSO, CONDUZIU-SE UM EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO, EM ARRANJO FATORIAL 4×4. EM UM DOS FATORES, FORAM ESTABELECIDAS CONCENTRAÇÕES DE NH₄⁺ EM SOLUÇÃO NUTRITIVA, TOMANDO-SE COMO PADRÃO 15,0 mM, ACRESCIDO DE UM NÍVEL ABAIXO (7,5 mM) E DOIS NÍVEIS ACIMA (22,5 E 30,0 mM). O OUTRO FATOR ENVOLVEU O FORNECIMENTO DE Si, SENDO UMA TESTEMUNHA (SEM APLICAÇÃO DE Si) E APLICAÇÕES DE Si VIA SUBSTRATO RADICULAR, PULVERIZAÇÃO FOLIAR E UMA COMBINAÇÃO DE AMBOS. CONCLUIU-SE QUE AS PLANTAS DEMONSTRARAM TOLERÂNCIA A ALTAS CONCENTRAÇÕES DE NH₄⁺ NA SOLUÇÃO NUTRITIVA, INDICANDO QUE ESSA FORMA IÔNICA DE N É VIÁVEL PARA A FERTILIZAÇÃO E O Si NÃO ATENUOU O ESTRESSE CAUSADO PELA CARÊNCIA DE N NO GIRASSOL.

¹ Graduando em Agronomia – UESB Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Estrada do Bem-Querer, km 4, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista, Bahia, Brazil, CEP 45031-900.

³ Mestrando Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia) – Uesb; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Estrada do Bem-Querer, km 4, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista, Bahia, Brazil, CEP 45031-900.

⁴ Doutorando Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia) – Uesb; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Estrada do Bem-Querer, km 4, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista, Bahia, Brazil, CEP 45031-900.

⁵ Pós-doutorando Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia) – Uesb; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Estrada do Bem-Querer, km 4, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista, Bahia, Brazil, CEP 45031-900.

⁶ Professor Doutor Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia) – Uesb. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Estrada do Bem-Querer, km 4, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista, Bahia, Brazil, CEP 45031-900.

PALAVRAS-CHAVE: Estresse Abiótico, Nitrogênio, Mitigação.

CHANGES IN DRY MASS AND SOLUBLE SUGARS IN RESPONSE TO THE APPLICATION OF SILICON IN LEAVES AND ROOTS OF YOUNG SUNFLOWER PLANTS SUBJECTED TO DIFFERENT AMMONIUM CONCENTRATIONS

SUNFLOWER (*Helianthus annuus*) IS ONE OF THE MOST CULTIVATED OILSEEDS IN THE WORLD, AND NITROGEN (N) IS THE MINERAL ELEMENT MOST REQUIRED FOR ITS GROWTH. AMMONIUM (NH_4^+) IS ONE OF THE IONIC FORMS OF N IN THE SOIL, WHICH ABSORPTION AND ASSIMILATION BY PLANTS INVOLVES A LESS ENERGY COST THAN NITRATE (NO_3^-). HOWEVER, FREQUENT AND EXCESSIVE FERTILIZATION WITH NH_4^+ BASED FERTILIZERS CAN RESULT IN PHYTOTOXICITY. IN THIS STUDY THE HYPOTHESIS WAS CONSIDERED THAT SILICON (Si), DEPENDING ON THE APPLICATION METHOD, ATTITUDES TOXICITY DUE TO EXCESSIVE NH_4^+ . THE OBJECTIVE WAS TO INVESTIGATE THE EFFECTS OF Si SUPPLY, BASED ON DIFFERENT APPLICATION METHODS, ON THE ACCUMULATION OF DRY ROOT MASS IN YOUNG SUNFLOWER PLANTS SUBJECTED TO DIFFERENT CONCENTRATIONS OF NH_4^+ . TO THIS END, AN EXPERIMENT WAS CONDUCTED IN A GREENHOUSE, IN A 4x4 FACTORIAL ARRANGEMENT. IN ONE OF THE FACTORS, CONCENTRATIONS OF NH_4^+ WERE ESTABLISHED IN NUTRITIONAL SOLUTION, TAKING 15.0 mM AS THE STANDARD, ADDITIONAL BY ONE LEVEL BELOW (7.5 mM) AND TWO LEVELS ABOVE (22.5 AND 30.0 mM). THE OTHER FACTOR INVOLVED THE SUPPLY OF Si, BEING A CONTROL (WITHOUT APPLICATION OF Si) AND APPLICATIONS OF Si VIA ROOT SUBSTRATE, LEAF SPRAYING AND A COMBINATION OF BOTH. IT WAS CONCLUDED THAT THE PLANTS DEMONSTRATED TOLERANCE TO HIGH CONCENTRATIONS OF NH_4^+ IN THE NUTRITIONAL SOLUTION, INDICATING THAT THIS IONIC FORM OF N IS VIABLE FOR FERTILIZATION AND Si DID NOT ATTITUDE THE STRESS CAUSED BY THE LACK OF N IN SUNFLOWERS.

KEYWORDS: Abiotic Stress, Nitrogen, Mitigation.

INTRODUÇÃO

Helianthus annuus é uma oleaginosa cultivada em todo o mundo, e devido à sua versatilidade e adaptabilidade, é cultivado em todas as regiões brasileiras (Santos et al., 2019).

O N é o nutriente mais exigido pelas plantas e sua absorção se dá, principalmente, pelas formas iônicas de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+), sendo esta a que pode ser incorporada a compostos orgânicos (Barreto, 2019). No entanto, NH_4^+ em excesso pode causar toxicidade, cujos sintomas são clorose foliar e inibição do crescimento de partes da planta (Liu e Von Wirén, 2017).

Por se tratar de um elemento benéfico, o Si tem sido usado em ensaios visando minimizar os efeitos do excesso de N (Barreto, et al., 2019). Entretanto, a sua absorção se dá, principalmente, sob a forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4), o qual será translocado pelo xilema para a parte aérea da planta, em um movimento influenciado pelas taxas de transpiração (Menegale et al., 2015).

Os benefícios do Si podem ser observados em várias espécies e quase sempre estão associados à rigidez das paredes celulares, ao controle estomático da taxa transpiratória e ao aumento da capacidade de absorção de certos íons, como K^+ e Ca^{2+} (Silva et al., 2021). Estudos demonstram que aplicações de Si favorecem o acúmulo de massas fresca e seca da planta resultando em maior produção de biomassa (Peixoto et al., 2020). No entanto, seus benefícios podem variar, dependendo do método de aplicação devido a diferenças nos mecanismos de absorção e transporte iônico entre espécies vegetais (Farooq e Dietz, 2015).

O objetivo do trabalho foi investigar os efeitos do Si, sob diferentes métodos de aplicação, sobre o acúmulo de massa seca de raiz em plantas jovens de girassol submetidas a diferentes concentrações de NH_4^+ .

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campus da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) em Vitória da Conquista – BA. Mudanças de girassol da variedade Helio 250, foram obtidas por semeadura em vasos de 15 L contendo areia lavada e esterilizada. Aos 15 dias após emergência (DAE), foi aplicada solução nutritiva (Hoagland e Arnon, 1952), composição: N (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 μ M, Fe 89,53 μ M, Mn 9,1 μ M, Zn 0,76 μ M, Cu 0,31 μ M e Mo 0,1 μ M, sendo fornecida em dias alternados com 25% da força iônica, aumentando gradativamente para 100%, a cada sete dias.

Adotou-se delineamento DIC em esquema fatorial 4×4 , com quatro repetições. Considerou-se 15 mM como “controle” (Hoagland e Arnon, 1952; Leal et al., 2021) e um nível abaixo (7,5 mM) e dois níveis acima (22,5 mM e 30,0 mM). O outro fator foi o fornecimento de Si, sendo testemunha (sem Si) e aplicações de Si via radicular, foliar e uma combinação de ambos.

Para a pulverização, utilizou-se 50 mL de Si 2 mM planta⁻¹, a cada sete dias, a partir do início do fornecimento de NH_4^+ . O fertilizante Sifol Powder (Copasil Química Industrial Ltda.) foi utilizado como fonte de nanosílica, que possui alta solubilidade em água. Para as aplicações de Si apenas pelas raízes (R), adicionou-se a dose completa. Para os tratamentos com aplicação simultânea de Si (R+F), aplicou-se 50% da dose de Sifol Powder através de cada um desses métodos

Ao final do experimento, aos 30 DAE, as plantas foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar forçado, a $70 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, para obtenção da massa seca de raiz (MSR). Os resultados foram submetidos à análise de variância e comparações múltiplas de médias ($n = 5$) pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se uma interação entre os fatores. Para a concentração padrão de NH_4^+ (15,0 mM), a aplicação de Si somente em raízes ou em raízes+folhas aumentou a MSR, em comparação com a testemunha (sem Si). Sob NH_4^+ a 7,5 mM, a MSR manteve-se estável com a aplicação de Si somente em raízes ou em raízes+folhas, em comparação com a testemunha; no entanto, teve um decréscimo com a aplicação de Si somente em folhas. Isso indica que, sob carência de NH_4^+ , a aplicação de Si somente em raízes ou em raízes+folhas preveniu a redução da MSR. Por outro lado, sob NH_4^+ a 30,0 mM, somente a aplicação de Si individualmente em folhas preveniu a redução da MSR (Figura 1).

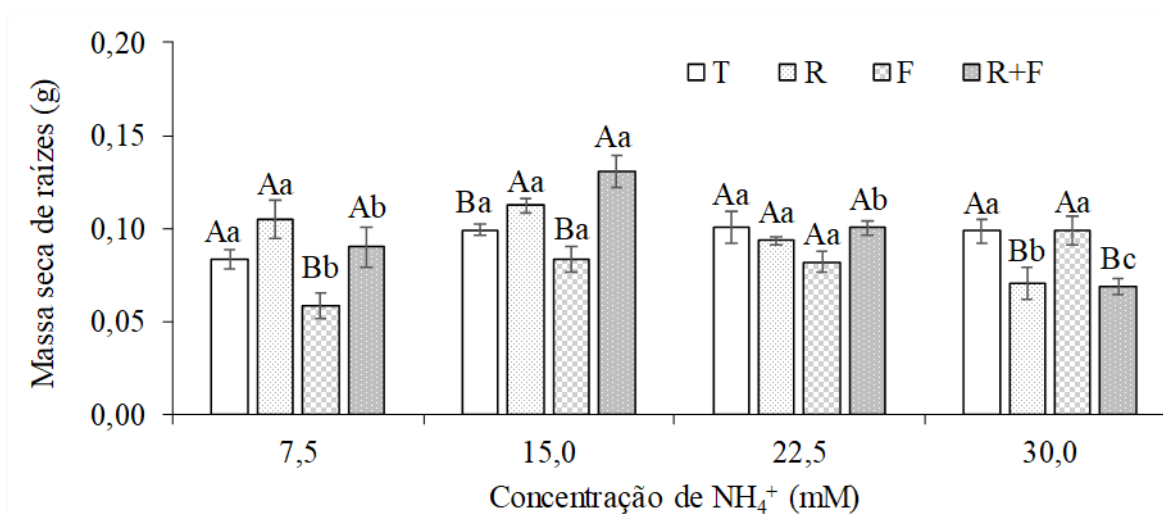


Figura 1 – Massa seca de raízes em plantas jovens de girassol submetidas a diferentes concentrações de NH_4^+ e à aplicação de Si em raízes (R), folhas (F) e em ambas as partes (R+F). As barras em cada coluna indicam o erro padrão. As letras maiúsculas comparam a testemunha (sem Si) e os métodos de aplicação de Si em cada concentração de NH_4^+ , enquanto as letras minúsculas comparam as concentrações de NH_4^+ em cada método de aplicação de Si ($n = 5$) pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

CONCLUSÕES/CONSIDERAÇÕES

Concluiu-se que plantas jovens de girassol foram tolerantes a altas concentrações de NH_4^+ na solução nutritiva, indicando que essa forma iônica de N é viável para a fertilização. O Si não atenua o estresse abiótico causado pela carência de N no girassol, mas, especialmente quando aplicado por pulverização foliar, pode prevenir decréscimo na massa seca da raiz quando as plantas forem submetidas a dose excessiva de NH_4^+ .

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb), pela empresa Heliagro – Science and Crops®, Laboratório de Fisiologia Vegetal - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. J.; Nutrient solution. **Sand and Water Culture Methods Used in the Study of Plant Nutrition**. Ed. EJ Hewitt, v. 85, 1952.
2. BARRETO, R. F.; JÚNIOR, A. A. S.; MAGGIO, M. A. & MELLO PRADO, R. Silicon relieves ammonium toxicity in cauliflower and broccoli. **Scientia Horticulturae**, v.225, p.743-750, 2017.
3. LEAL, A. J. F.; BARRETO, R. F.; PRADO, R. M.; SILVA JUNIOR, G. B.; BARRETO, C. F.; SANTOS, L. C. N.; CAMPOS, C. N. S. Silicon attenuates abiotic stress caused by ammonium toxicity but not nitrogen deficiency in cotton plants. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.207, n.4, p.774-781, 2021.
4. SANTOS, J. M. S.; PEIXOTO, C. P.; SILVA, M. R.; ALMEIDA, A. T.; CASTRO, A. M. P. B. Agronomic and productive characteristics of sunflower intercropped with forage in a crop-livestock integration system. **Revista Caatinga**, v.32, n.2, p.514-525, 2019.
5. LIU, Y.; VON WIRÉN, N. Ammonium as a signal for physiological and morphological responses in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 10, p. 2581-2592, 2017.
6. MENEGALE, M. L. C.; CASTRO, G. S. A.; MANCUSO, M. A. C. Silício: interação com o sistema solo-planta. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 4, p. 435-454, 2015.
7. SILVA, D. L.; MELLO PRADO, R.; TENESACA, L. F. L.; SILVA, J. L. F.; MATTIUZ, B. H. Silicon attenuates calcium deficiency by increasing ascorbic acid content, growth and quality of cabbage leaves. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2021.
8. PEIXOTO, M. M.; FLORES, R. A.; COUTO, C. A.; PACHECO, H. D. N. PRADO, R. M.; SOUZA JUNIOR, J. P.; CASTRO NETTO, J. A.; RIBEIRO, D. G. Silicon Application Increases Biomass Yield in Sunflower by Improving the Photosynthesizing Leaf Area. **Silicon**. n. 14, p. 275-280, 2020.
9. FAROOQ, M. A.; DIETZ, K. J. Silicon as versatile player in plant and human biology: overlooked and poorly understood. **Frontiers in plant science**, v. 6, p. 994, 2015.