Índice de clorofilas e desempenho agronômico de soja submetida a aplicação foliar de aminoácidos

Vitor Ferreira Miola[1], Pedro Augusto Ribeiro Tibiriçá[2], Wendson Silva Soares Cavalcante[3], Igor Kioshi Hatisuka Marani[4], Wanderson Evangelista Sousa[5], Márcio Rosa[6].

[1]Graduando do curso de Agronomia, Universidade de Rio Verde. Aluno de Iniciação Científica - PIBIC.
[2]Engenheiro Agrônomo.
[3]Prof. Esp. do Curso de Agronomia – Una Jataí.
[4]Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Produção Vegetal, Universidade de Rio Verde.
[5]Biólogo, Mestrando em Produção Vegetal, Universidade de Rio Verde.
[6]Orientador – Universidade de Rio Verde – GO, marciorosa@unirv.edu.br.

Reitor:
Prof. Me. Alberto Barella Netto

Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação:
Prof. Dr. Carlos César E. de Menezes

Editor Geral:
Prof. Dra. Andrea Sayuri Silveira Dias Terada

Editores de Seção:
Profa. Dra. Ana Paula Fontana
Prof. Dr. Hidelberto Matos Silva
Prof. Dr. Fábio Henrique Baia
Pra. Dra. Muriel Amaral Jacob
Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza
Prof. Dr. Warley Augusto Pereira

Fomento:
Programa PIBIC/PIVIC UniRV/CNPq 2022-2023

Resumo: Entre as tecnologias que estão sendo difundidas atualmente no mercado para otimizar a produtividade está a utilização de fertilizantes foliares contendo aminoácidos em sua composição. Nesse sentido, objetivou-se com este estudo avaliar as alterações nos índices de clorofilas e o desempenho agronômico de soja com o uso dos aminoácidos metionina, prolina e triptofano por meio da aplicação foliar em função da capacidade de campo. Para tal, foi conduzido experimento em casa de vegetação sob delineamento inteiramente casualizado, com três formulações de aminoácidos (metionina, prolina e triptofano) e tratamento controle - sem aplicação sob duas capacidades de campo, 40 e 80%. As aplicações ocorreram aos 42 dias após a emergência (DAE) na dose equivalente a 40g ha^{-1}. As capacidades de campo foram ajustadas aos 49 DAE, permanecendo nessas condições por seis dias. Posteriormente foram determinados índices de clorofilas, altura de plantas, número de nós, vagens e produtividade. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de médias Skott Knott a 5%. Os aminoácidos não foram capazes de mitigar o estresse hídrico gerado sob a capacidade de campo a 40%, entretanto, a 80% da capacidade de campo, a aplicação foliar de triptofano promoveu o aumento de produtividade.

Palavras-Chave: Bioestimulantes. Compostos nitrogenados. Estresse hídrico. *Glycine max* L.

Chlorophyll index and agronomic performance of soybeans subjected to foliar application of amino acids

Abstract: *Among the technologies currently being disseminated on the market to optimize productivity is the use of foliar fertilizers*

containing amino acids in their composition. In this context, the objective was to evaluate changes in chlorophyll indices and the agronomic performance of soybeans with the foliar application of the amino acids methionine, proline and tryptophan in foliar application depending on field capacity. To this end, an experiment was conducted in a greenhouse under a completely randomized design, with three amino acid formulations (methionine, proline and tryptophan) and control treatment - without application under two field capacities, 40 and 80%. Applications occurred 42 days after emergence (DAE) at a dose equivalent to 40g ha^{-1}. Field capacities were adjusted to 49 DAE, remaining in these conditions for six days. Subsequently, chlorophyll indices, plant height, number of nodes, pods and productivity were determined. The data obtained were subjected to analysis of variance and the Skott Knott mean test at 5% probability. Amino acids were not able to mitigate water stress generated under 40% field capacity, however, at 80% field capacity, foliar application of tryptophan promoted an increase in productivity.

Keywords: *Biostimulants. Nitrogenous compounds. Hydrical stress.* Glycine max *L.*

Introdução

Entre as tecnologias que estão sendo difundidas atualmente no mercado para otimizar a produtividade está a utilização de fertilizantes foliares contendo aminoácidos em sua composição. Assim, o objetivo destes produtos é proporcionar uma nutrição mais completa para as plantas aumentando a produtividade. A presença de aminoácidos tem como objetivo potencializar a nutrição disponibilizando moléculas que são utilizadas para formar proteínas. Com aminoácidos prontamente disponíveis para absorção a planta economiza energia ao sintetizar estes compostos, por isso acontece a utilização em conjunto com outros nutrientes. Existem também, funções particulares em que os aminoácidos estão presentes, como por exemplo na formação da clorofila, crescimento e funcionamento dos meristemas, na frutificação, responsáveis pela fertilidade do grão de pólen, pela consistência das paredes celulares, além de propiciar a conexão entre o ciclo do carbono e do nitrogênio nas plantas influenciando a síntese de açucares e de proteínas, entre outros (Colla et al., 2015; Nardi et al., 2016).

Por outro lado, podem atuar como moduladores fisiológicos atuando na via de sinalização para os processos de desenvolvimento e na defesa contra estresses bióticos e abióticos (Lambais, 2011). Nesse aspecto, a aplicação de aminoácidos não tem o objetivo de suprir os blocos para a realização de síntese proteica, mas, sim, ativar o metabolismo fisiológico das plantas, tendo importante ação antiestressante (Teixeira et al., 2017; Alfosea-simón et al., 2020). Na literatura, diversos trabalhos têm mostrado a importância de usar aminoácidos, porém, em sua grande maioria os aminoácidos são aplicados como complexos, e não de forma isolada, além de não apresentar quantidades definidas, como acontece com os fertilizantes minerais em que pode ser ajustado de acordo com a necessidade da cultura (Yakhin et al., 2017; Alfosea-simón et al., 2020).

Neste trabalho levanta-se a hipótese de que substâncias orgânicas como os aminoácidos ajudam no desempenho fisiológico e agronômico de plantas de soja, inclusive em condições de déficit hídrico. Nesse contexto objetivou-se avaliar alterações nos índices de clorofilas e o desempenho agronômico de soja com a aplicação foliar dos aminoácidos metionina, prolina e triptofano em aplicação foliar em função da capacidade de campo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental da Fazenda Fontes do Saber da Universidade de Rio Verde (UniRV-Campus Rio Verde), em delineamento inteiramente casualizado, sendo composto de 08 tratamentos: Controle, metionina, prolina e triptofano, todos a 40% e 80% da capacidade de campo. A dose de aminoácidos foi de 40g ha^{-1}. No dia 23 de janeiro de 2023 foram cultivadas sementes da cultivar Brasmax FOCO IPRO 74I77RSF em vasos de 8 L com solo previamente corrigido. Durante a semeadura foi aplicado o equivalente a 400 kg ha^{-1} de NPK 8-28-16. O solo utilizado no experimento possuía 35% de argila, 53% de areia e 12% de silte e a análise química do solo antes da implantação do experimento apresentava as seguintes propriedades: pH em $CaCl_2$ = 5,2; M.O = 38,8 g dm^{-3}; P (mel) = 86,6 mg dm^{-3}; K = 0,12 cmol dm^{-3}; Ca = 1,93 cmol dm^{-3}; Mg = 0,66

cmol dm^{-3}; Al = 0,05 cmol dm^{-3}; H + Al = 3,4 cmol dm^{-3}; CTC = 8,85 cmol dm^{-3}; V = 44,4%; m = 1,81%; Fe = 50,16 dm^{-3}; Mn = 0,89 dm^{-3}; Cu = 1,02 dm^{-3} e Zn = 0,76 dm^{-3}.

As aplicações foram realizadas aos 42 DAE utilizando pulverizador costal com pressurização por CO_2 aplicando volume de calda equivalente a 100 L ha^{-1}. Aos 49 DAE metade do conjunto de vasos foram submetidos a 40% da capacidade de campo (CC) e a outra metade a 80%. Após uma semana foram avaliados os índices de clorofilas. O índice de clorofilas foi determinado por meio do clorofilômetro Clorofilog CFL 1030® (Falker®, RS, Brasil) sendo obtido índices de clorofila *a*, clorofila *b,* clorofila total, bem como estabelecida a razão entre índices de clorofias *a* e *b* (Cl*a*/Cl*b*). Para esta avaliação foram realizadas leituras entre às 09:00 e 10:00h, na porção mediana da região adaxial de folhas completamente expandidas. Posteriormente, a rega foi nivelada a 80% da CC para todas as plantas.

Aos 115 DAE avaliou-se a altura de plantas com régua milimetrada, fez se a contagem do número de nós e vagens. Posteriormente, realizou-se a pesagem dos grãos em balança de precisão.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de médias de Skott Knott a 5% por meio do software Sisvar (Ferreira, 2019).

Resultados e Discussão

Observou-se que os índices de clorofilas *a* foram afetados negativamente pela restrição hídrica nos vasos sob 40% da capacidade de campo, exceto nas plantas expostas ao aminoácido triptofano (Figura 1A). O índice de clorofilas *b* (Fig. 1B).e totais (Fig. 1D).foram inferiores naquelas expostas a 40% da capacidade de campo. Não houve variação entre os aminoácidos e o controle a 80% da CC.

Um dos fatores ligados à eficiência fotossintética de plantas e, consequentemente, ao crescimento e à adaptabilidade a diversos ambientes é o conteúdo de clorofilas devido à sua ligação direta, com a absorção e transferência de energia luminosa (Rêgo; Possamai, 2004). Os menores índices encontrados sob déficit hídrico estão relacionados a síntese de espécies reativas de oxigênio (EROs), que prejudicam o metabolismo vegetal, dentre outras razões, por induzirem a oxidação dos pigmentos fotossintéticos (Silva et al., 2016).

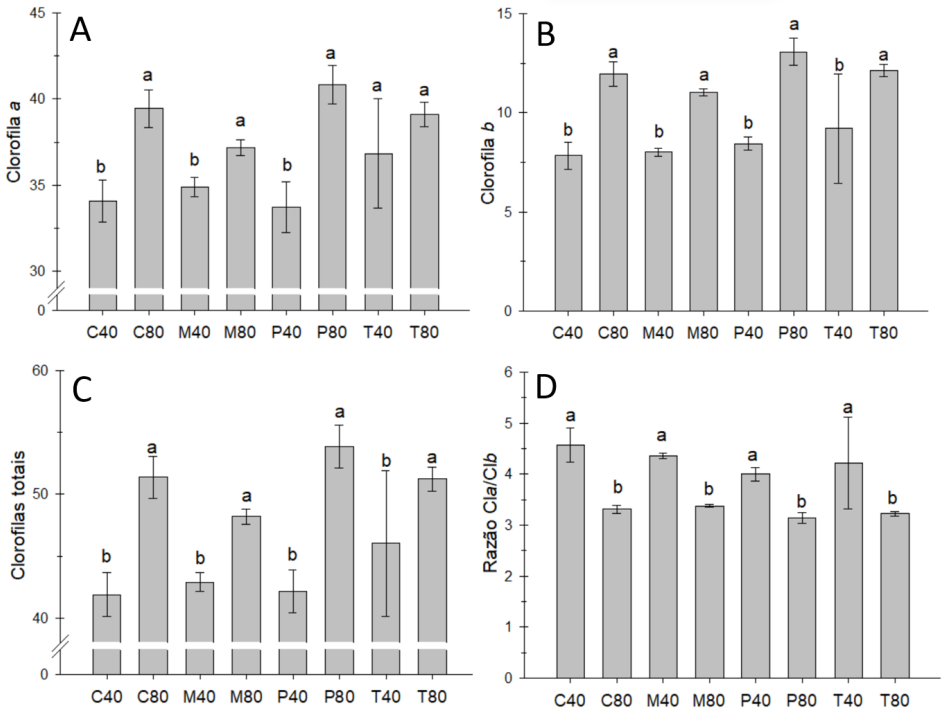

Figura 1 – Índice de clorofilas em plantas de soja em função da aplicação foliar de aminoácidos aminoácidos (controle - C, metionina - M, prolina - P e triptofano - T) e de capacidades de campo (40 e 80%). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade. As barras representam o erro-padrão.
Fonte: autoria própria

O aumento da razão clorofila *a*/*b* nas plantas sob déficit hídrico (Fig. 1C). possivelmente está relacionado ao menor investimento de N em clorofila *b*, um pigmento considerado acessório da fotossíntese (Cruz et al., 2007).

Maiores alturas de plantas foram observadas em plantas tratadas com metionina a 80% e 40% da capacidade de campo, respectivamente. Não houve variações entre os demais tratamentos (Fig. 2A). Maiores números de nós foram observados sob plantas a 80% da capacidade de campo, exceto sob triptofano (Fig. 2B). No feijão-caupi, uma concentração de 0,4 mM de metionina aplicada via foliar foi eficaz em melhorar a tolerância ao estresse hídrico, aumentando o crescimento vegetativo, o rendimento agronômico e o teor de clorofilas, carotenóides e nutrientes minerais (Merwad et al., 2018). O número de vagens foi consideravelmente afetado sob déficit hídrico (Fig. 2C). A presença de aminoácidos não foi capaz de melhorar o rendimento de vagens sob déficit hídrico.

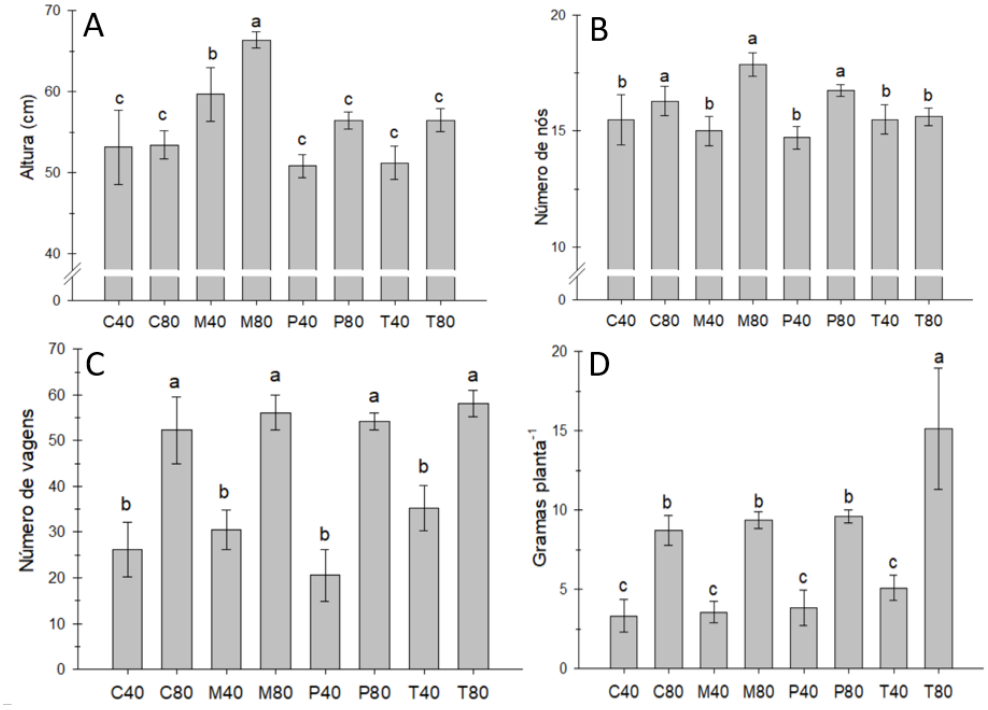

Figura 2 – Altura de plantas, número de nós, número de vagens e produtividade de plantas de soja em função da aplicação foliar de aminoácidos (controle - C, metionina - M, prolina - P e triptofano - T) e de capacidades de campo campo (40 e 80%). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste médias de Skott Knott a 5% de probabilidade. As barras representam o erro-padrão.
Fonte: autoria própria

Nesse estudo verificou-se que mesmo por uma semana apenas, a restrição hídrica foi substancialmente impactante sobre a produtividade, não havendo efeito mitigador em função dos aminoácidos aplicados (Fig. 2D). Dependendo do nível desse estresse e do estádio fisiológico que a planta estiver, diferentes processos podem ser afetados gerando redução irreversível de produtividade.

Na cultura da soja, os períodos mais sensíveis em relação à disponibilidade hídrica são a germinação/emergência e floração/enchimento de grãos (Neumaier et al., 2020; Barcelos et al., 2021).

A aplicação de prolina e metionina não promoveu ganhos de produtividade. Contudo, a aplicação foliar de triptofano promoveu acréscimo de produtividade em média 286% e 64% superiores em relação ao déficit e aos demais tratamentos sem déficit, respectivamente.

O triptofano é um aminoácido aromático que contém cerca de 14% de nitrogênio que é liberado na rizosfera ou na planta durante o metabolismo, o que associado ao seu papel na biossíntese de auxinas e melatonina pode desempenhar um papel significativo no aumento da produtividade das culturas (Mustafa et al. 2018). Adicionalmente, o triptofano pode atuar como um osmólito ou regulador do transporte de íons, modulando a abertura estomática (Hildebrandt et al., 2015).

Além de maiores produtividades observadas na presença de triptofano, nenhum dos aminoácidos testados promoveu quedas na produtividade. Devido ao seu potencial, a utilização de aminoácidos deve ser mais investigada, inclusive testando outros tipos, doses, época de aplicação e condições de estresse hídrica menos severa do que a testada neste estudo.

Conclusão

Nas condições testadas nesse estudo, os aminoácidos metionina, prolina e triptofano aplicados isoladamente não foram capazes de mitigar o estresse hídrico gerado sob 40% da capacidade de campo. A 80% da capacidade de campo, a aplicação foliar de triptofano promoveu o aumento de produtividade.

Agradecimentos

À Universidade de Rio Verde e ao Programa de Iniciação Científica pela concessão de bolsa e oportunidade de aprendizado.

Referências Bibliográficas

ALFOSEA-SIMÓN, M.; ZAVALA-GONZALEZ, E. A.; CAMARA-ZAPATA, J. M.;MARTÍNEZ-NICOLÁS, J. J.; SIMÓN, I.; SIMÓN-GRAO, S.; GARCÍA-SÁNCHEZ, F. Effect of foliar application of amino acids on the salinity tolerance of tomato plants cultivated under hydroponic system. **Scientia Horticulturae**, v. 272, 2020.

BARCELOS, G. F.; SANTOS, J. C. N.; LIMA, C. A.; PENHA, H. G. V.; RIBEIRO FILHO, J. C. Deficiência hídrica via balanço hídrico em diferentes épocas de cultivo da soja na região de Uberlândia-MG. **Irriga**, v. 26, n. 4, p. 745–757, 2021.

COLLA, G., NARDI, S.; CARDARELLI, M.; ERTANI, A.; LUCINI, L.; CANAGUIER, R.; ROUPHAEL, Y. Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 28–38, 2015.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; CARVALHO, J. E. B.; SOUZA FILHO, L. F. S.; QUEIROZ, D. C. Níveis de nitrogênio e a taxa fotossintética do mamoeiro "golden". **Ciência Rural**, v. 37(1), 64-71, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

HILDEBRANDT, T. M.; NUNES NESI, A.; ARAÚJO, W. L.; BRAUN, H. P. Aminoacid catabolism in plants. **Molecular Plant**, v. 8, 1563–1579, 2015.

LAMBAIS G. R. **Aminoácidos como coadjuvantes da adubação foliar e do uso de glifosato na cultura da soja. 2011. 97f.** Dissertação (Mestrado em ciências) - Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2011.

MERWAD, A. R. M. A.; DESOKY, E. S. M.; RADY, M. M. Response of water deficit-stressed *Vigna unguiculata* performances to silicon, proline or methionine foliar application. **Scientia Horticulturae**, v. 228, p. 132-144, 2018.

MUSTAFA, A.; IMRAN, M.; ASHRAF, M.; MAHMOOD, K. Perspectives of using L-tryptophan for improving productivity of agricultural crops: A review. **Pedosphere**, v. 28, p.16–34, 2018.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; SCHIAVON, M.; ERTANI, A. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humicsubstances in plant metabolism. **Scientia Agricola**, v. 73, p. 18–23, 2016.

NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; MERTZ-HENNING, L. M.; FOLONI, J.; MORAES, L. A. C.; GONCALVES, S. Ecofisiologia da soja. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; JUNIO, A. A. B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; LEITE, R. M. V. B. C. (ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020.p. 33-54.

RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E. Avaliação dos teores de clorofila no crescimento de mudas de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Embrapa Florestas, n.128, 2004.
SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; SOUSA, C. H. C.; CHAGAS, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino. **Revista Agro@mbiente**, v. 10, n. 4, p. 317-325, 2016.

TEIXEIRA, W. F.; FAGAN, E. B.; SOARES, L. H.; UMBURANAS, R. C.; REICHARDT, K.; NETO, D. D. Foliar and seed application of amino acids affects the antioxidant metabolism of the soybean crop. **Frontiers in Plant Science**, v. 8,p. 1–14, 2017.

YAKHIN, O. I.; LUBYANOV, A. A.; YAKHIN, I. A.; BROWN, P.H. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. **Frontiers in Plant Science**. 7:2049, 2017.