

APLICAÇÃO FOLIAR DE CITOCININA COMO FERRAMENTA NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE SOJA

**JULIANA PINO DE PAULA¹; MIQUELE SODRÉ NOVAK²; GUNTHER BLANK DA SILVA³; SILVIA NAIANE JAPPE⁴; BRENDA DANNENBERG KASTER⁵;
MAURÍCIO DE OLIVEIRA⁶**

¹Universidade Federal de Pelotas – jupino22@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – Miquele_novak@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – gunther.kath.blank@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – jappesilvia@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – brendadannenbergkaster@gmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – mauricio@labgraos.com

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merr.) é uma das principais culturas produzidas e consumidas no mundo, principalmente devido ao seu alto teor de óleo e proteína, sendo amplamente utilizada na indústria alimentícia (CAÑIZARES et al., 2024).

A ocorrência de déficit hídrico durante a semeadura ou outras circunstâncias que ocasionam a semeadura tardia, acarretam plantas de soja com baixa estatura, encurtamento do ciclo, poucos entrenós, amarelecimento, queda das folhas baixeiras, abortamento de flores e em situações mais extremas pode ocorrer a murcha permanente das plantas (SEIXAS et al., 2020). Além das condições ambientais, fatores como a genética, fertilidade e nutrição do solo, tratos culturais e adequado manejo da cultura influenciam nos parâmetros de rendimento dos grãos de soja, afetando diretamente a produtividade e a qualidade na pós-colheita (SEIXAS et al., 2020).

Com a evolução das tecnologias agrícolas, novos manejos foram desenvolvidos objetivando melhorar o crescimento e desenvolvimento das plantas. Os reguladores de crescimento, denominados substâncias sintéticas com efeitos similares aos hormônios, podem proporcionar benefícios ao cultivo de alimentos (MELO, 2002).

As citocininas são reguladores da divisão celular, sendo compostos essenciais à citocinese, proporcionando alterações na taxa metabólica, atividade enzimática, dominância apical, mobilização de nutrientes, indução para formação de órgãos e senescência foliar (TAIZ; ZEIGER, 2013; KERBAUY, 2019). Compostos químicos com atividade de citocinina têm sido sintetizados e testados, um exemplo destes compostos sintéticos, é a Benziladenina (BA) (TAIZ; ZEIGER, 2013). Sendo assim, o estudo objetivou analisar a influência da aplicação de citocinina (6-benziladenina) em diferentes estádios fenológicos da cultura da soja, a fim de avaliar os parâmetros de qualidade na pós-colheita.

2. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido a campo, em delineamento de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições e oito tratamentos, totalizando 32 unidades experimentais. Utilizou-se a cultivar NA 5933 de soja, sem aplicação e com aplicação foliar de Benziladenina (6-BA) na dose de 20 mg.L⁻¹ em diferentes estádios fenológicos da planta (V3, V4, V3+V5, R1, R2, R3, V3+R1) no volume de calda de 160 mL.ha⁻¹. As análises foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita,

Industrialização e Qualidade de Grãos (LabGrãos/DCTA). A determinação da umidade foi realizada conforme as normas ASAE (2000). O peso de mil grãos foi realizado conforme o método descrito em BRASIL, 2009. O peso volumétrico dos grãos foi determinado em balança de peso hectolitro (Dalle Molle, Brasil) (BRASIL, 1992). A composição centesimal foi realizada através do equipamento NIRS DS2500 (Near-Infrared Spectroscopy). A acidez foi determinada de acordo com o método 02-01A desenvolvido pela AACC (AACC, 2000). A solubilidade proteica foi determinada seguindo a metodologia descrita por LIU et al. (1992). Os dados foram submetidos à ANOVA (95% de confiabilidade) e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%), utilizando-se o software RStudio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de composição centesimal estão descritos na tabela 1. A análise de variância mostrou efeito significativo ($p<0,05$) na composição centesimal dos grãos de soja em função da aplicação da citocinina.

Tabela 1. Composição centesimal de grãos de soja cultivados com aplicações de citocinina em diferentes estádios fenológicos

Tratamento	Composição centesimal (%)				
	Carboidratos	Lipídios	Cinzas	Fibra bruta	Proteína bruta
1 (V3)	3,80±0,30 ab	17,01±0,01 b	5,14±0,01 bc	6,11±0,01 c	37,07±1,62 ab
2 (V4)	4,10±0,13 a	17,17±0,20 ab	4,96±0,06 d	6,12±0,01 c	33,13±1,07 b
3 (V3 e V5)	3,57±0,10 bc	17,16±0,01 ab	5,14±0,01 bc	6,18±0,02 bc	36,48±1,74 ab
4 (R1)	2,92±0,10 d	16,93±0,04 bc	5,09±0,02 c	6,16±0,02 bc	34,90±2,26 ab
5 (R2)	3,86±0,02 ab	17,15±0,01 ab	5,23±0,02 ab	6,29±0,01 a	38,17±1,47 a
6 (R3)	3,52±0,01 bc	16,65±0,01 c	5,06±0,01 c	6,19±0,01 b	37,18±1,16 ab
7 (V3 e R1)	3,24±0,06 cd	17,08±0,06 ab	5,25±0,01 a	6,19±0,01 b	37,28±1,48 ab
8 (Testemunha)	3,44±0,01 bc	17,35±0,01 a	5,15±0,01 bc	6,15±0,04 bc	36,10±2,58 ab

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p<0,05$).

O teor de carboidratos variou entre os tratamentos, com destaque para a aplicação em V4, apresentando o maior teor (4,10%), e R1, apresentando o menor teor (2,92%). As aplicações no início da floração podem redirecionar o metabolismo da planta, priorizando compostos nitrogenados em detrimento dos carboidratos (JAMESON; SONG, 2016).

Os lipídios apresentaram diferenças sutis, embora R3 tenha apresentado valor inferior em relação aos demais. A aplicação do fitorregulador em estádios reprodutivos mais avançados pode comprometer o acúmulo de óleo nos grãos, possivelmente por interferir nas vias de biossíntese lipídica, que ocorrem intensamente durante o enchimento dos grãos (BATES et al., 2013).

Nos teores de cinzas, as aplicações em R3 e R1 proporcionaram teor baixos (5,06 e 5,09%, respectivamente), enquanto V3+R1 apresentou o maior teor (5,25%). A fibra bruta mostrou-se mais estável as aplicações, com R2 alcançando o maior teor (6,29%). Para proteína bruta, apenas a aplicação em R2 (38,17%) diferiu do tratamento em V4 (33,13), os demais tratamentos não apresentaram diferenças significativas.. Esses resultados indicam que a aplicação da citocinina pode alterar alguns componentes químicos dos grãos, sobretudo carboidratos, cinzas e fibras, enquanto os teores de proteína e lipídios mantiveram maior estabilidade. Além disso, os resultados demonstram que a aplicação de citocinina em R2 foi a mais efetiva, promovendo os maiores teores de proteína bruta e fibra

bruta, além de apresentar teores significativamente altos de cinzas, lipídios e carboidratos.

Os resultados de peso de mil grãos, acidez e proteína solúvel estão apresentados na tabela 2. A análise de variância mostrou efeito significativo ($p<0,05$) para peso de mil grãos, acidez e proteína solúvel dos grãos de soja em função da aplicação da citocinina.

Tabela 2. Peso de mil grãos, acidez e proteína solúvel de grãos de soja cultivados com aplicações de citocinina em diferentes estádios fenológicos

Tratamento	Peso 1000 grãos (g)	Acidez (mg NaOH.100g ⁻¹)	Proteína solúvel (%)
1 (V3)	128,04±1,75 ab	0,75±0,06 c	72,82±4,40 ab
2 (V4)	128,74±4,03 a	0,77±0,04 bc	62,81±10,36 b
3 (V3 e V5)	123,98±2,53 abc	0,79±0,06 bc	78,85±12,68 ab
4 (R1)	124,86±1,64 abc	0,89±0,03 a	84,00±4,11 a
5 (R2)	122,49±1,08 bc	0,75±0,06 c	70,79±3,57 ab
6 (R3)	119,93±0,70 c	0,76±0,04 c	76,54±1,05 ab
7 (V3 e R1)	122,70±1,27 bc	0,73±0,06 c	78,90±3,60 ab
8 (Testemunha)	124,15±0,67 abc	0,85±0,07 ab	82,79±3,12 a

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p<0,05$).

A aplicação de citocinina em V4 resultou no maior peso de mil grãos (128,74%), diferindo de estádios tardios, como R3 (119,93%), que apresentou menor teor. Conforme Mughal et al. (2024), a aplicação de 6-BA na inflorescência da soja cultivada em estufa, demonstrou aumento de 58% o número de vagens, 62% no número de sementes por vagem e 79% no peso total de sementes por planta em comparação com plantas que não receberam 6-BA. A antecipação do estímulo hormonal pode ter criado condições fisiológicas mais estáveis e eficientes para o enchimento dos grãos (JAMESON; SONG, 2016; MUGHAL et al., 2024).

Quanto à acidez, a aplicação em R1 apresentou maior valor (0,89%), enquanto V3, R2, R3 e V3 + R1 apresentaram os menores teores, mais desejáveis para estabilidade. Em relação à proteína solúvel, os maiores teores ocorreram em R1 e na testemunha, superiores a V4, que apresentou redução significativa. Embora a aplicação de citocinina possa modular o teor de proteína solúvel nos grãos, os efeitos dependem do momento da aplicação e da interação com o estádio fisiológico da planta. De maneira geral, as aplicações no estádio reprodutivo (especialmente R1) mostraram tendência a promover maior solubilidade proteica, alinhando-se à literatura que descreve a atuação da citocinina na retardação da senescência e regulação positiva da atividade enzimática e transcrição de genes ligados à síntese proteica (SCHMÜLLING, 2004).

Assim, aplicações em estádio vegetativo da planta como em V3 e V4 favorecem o rendimento, enquanto R1 privilegia a qualidade proteica, evidenciando um equilíbrio entre produtividade e qualidade a depender do estádio de aplicação.

4. CONCLUSÕES

A aplicação de citocinina em grãos de soja influencia significativamente sua composição centesimal, com o estágio de aplicação determinando o perfil nutricional. O tratamento V4 se destaca pelo maior teor de carboidratos, enquanto R1 e R2 favorecem a proteína bruta e a aplicação em R1 aumenta a proteína solúvel. A alteração dos componentes sugere que a escolha estratégica do momento de aplicação, seja para favorecer o rendimento (V3 - V4) ou a produção

de proteína (R1), é essencial para alcançar os parâmetros de produtividade e qualidade desejáveis.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATES, P. D.; STYMNE, S.; OHLROGGE, J. Biochemical pathways in seed oil synthesis. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 16 (3), p. 358–364, 2013.
- CAÑIZARES, L. C. C.; MEZA, S. L. R.; TIMM, N. S.; GAIOSO, C. A.; KEHL, K.; HOFFMANN, J. F.; FERREIRA, C. D.; OLIVEIRA, M. Isoflavone profile and soybean quality: Effects of genotype, cultivation environment and storage. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 58, p. 103134, 2024.
- CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos – Safra 2022/23 – 5º Levantamento**. Brasília: Conab, 2023.
- HENSEN, B.C.; FLORES, E.S.; TANKSLEY, T.D.; JR.; KNABE, D.A. Effect of different heat treatments during processing of soybean meal on nursery and growing pig performance. **Journal of Animal Science**, v. 65, p. 1283–1291, 1987.
- JAMESON, P. E.; SONG, J. Cytokinin: A Key Driver of Seed Yield. **Journal of Experimental Botany**, v. 67 (3), p. 593–606, 2016.
- KERBAUY, Gilberto Barbante. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019. 430 p.
- LIENER, I. E. Implications of antinutritional components in soybean foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 34, p. 31–67, 1994.
- MELO, N.F. **Introdução aos hormônios e reguladores de crescimento vegetal**. MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), I Seminário Coda de Nutrição Vegetal, Petrolina – PE, 2002
- MUGHAL, N.; SHOAIB, N.; CHEN, J.; LI, Y.; HE, Y.; FU, M.; LI, X.; HE, Y.; GUO, J.; DENG, J.; YANG, W.; LIU, J. Adaptive roles of cytokinins in enhancing plant resilience and yield against environmental stressors. **Chemosphere**, v. 364, p. 143189, 2024.
- SEIXAS, C.D.S.; NEUMAIER, N.; JUNIOR, A.A.B.; KRZYZANOWSKY, F.C.; LEITE, R.M.V.B.C. **Tecnologias de Produção de Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020.
- SCHMÜLLING, T. New Insights into the Functions of Cytokinin in Plant Development. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 23 (2), 91–102, 2004.
- TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, p. 918, 2013.