



DESEMPENHO DE SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS AO PRIMING COM ÁCIDO ASCÓRBICO E SALICÍLICO

Isabella Caroline Fritz Branquinho¹, Leilaine Gomes da Rocha², Rafaela Martins de Araújo³, Breno Barboza Gomes David⁴, Daynara Martins da Silva⁵, Tathiana Elisa Masetto⁶

¹Mestre em Agronomia, UFGD. Doutoranda do programa de pós-graduação em Agronomia (UFGD). Bolsista CAPES. Isabellafriz69@gmail.com. Dourados, Mato Grosso do Sul.

²Mestre em Agronomia, UFGD. Doutoranda do programa de pós-graduação em Agronomia (UFGD). Bolsista CAPES. leilaine.rocha27@gmail.com. Dourados, Mato Grosso do Sul.

³ Graduanda em Agronomia (UFGD). Bolsista PIBIC. rafaelamaifg@gmail.com. Dourados, Mato Grosso do Sul.

⁴ Graduando em Agronomia (UFGD). Bolsista PIBIC. breno.david09@gmail.com. Dourados, Mato Grosso do Sul.

⁵ Graduanda em Agronomia (UFGD). Bolsista PIBIC. daynara.martins.da.silva@gmail.com. Dourados, Mato Grosso do Sul.

⁶ Orientadora, Doutora, professora do PPGAGRO/UFGD. tathianamasetto@ufgd.edu.br. Dourados, Mato Grosso do Sul.

RESUMO

Considerando a importância da semente para a obtenção de elevado estabelecimento de plantas e desempenho da cultura da soja, torna-se importante o desenvolvimento de tratamentos pré-germinativos para assegurar a rápida germinação de sementes e o crescimento inicial das plântulas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses no *priming* com ácido ascórbico e salicílico no desempenho de sementes de soja. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. As sementes de soja foram submetidas ao condicionamento fisiológico com soluções de ácido ascórbico e salicílico (0, 50, 100 e 150 mg L⁻¹). Após condicionadas foram secas até o teor de água de 13% e posicionadas em rolo de papel *germitest* a 30 °C, mantidos em câmara sob luz branca constante. O efeito do *priming* induzido por ácido ascórbico e salicílico foram avaliados na protrusão da raiz primária, índice de velocidade de protrusão da raiz, germinação de sementes, índice de velocidade de germinação, comprimento de parte aérea e de raiz, massa seca de parte aérea e de raiz de plântulas. Os resultados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade, e, quando significativos, comparados pelo Teste de Tukey. Quando necessário, foram aplicadas análises de regressão. O ácido ascórbico e ácido salicílico influencia significativamente a germinação das sementes e o crescimento de plântulas de soja.

PALAVRAS-CHAVE: Condicionamento fisiológico; Glycine max; Vigor de sementes.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.), pertencente à família *Fabaceae*, destaca-se pelo elevado teor de proteína e é amplamente utilizada na alimentação humana e animal. O Brasil é atualmente o maior produtor mundial do grão, com estimativa de 168,3 milhões de toneladas na safra 2024/25 (Conab, 2025). Para suprir a demanda e manter os altos padrões de produtividade e qualidade, é essencial adotar tecnologias modernas, como o uso de sementes de alto desempenho que garantem o rápido estabelecimento das plantas no campo.

Nesse contexto, a semente assume papel central, como principal insumo da agricultura. Estima-se que, com a utilização de sementes de qualidade, o rendimento das culturas pode aumentar em mais de 20%, concomitante os demais fatores de produção permaneçam iguais (Maity et al., 2023). Esses aspectos tornam-se especialmente importantes no que tange à máxima eficiência de uso dos recursos disponíveis para a atividade agrícola e a garantia da segurança alimentar.



No entanto, após a semeadura, o desempenho das sementes - germinação e estabelecimento das plântulas - pode ser afetado negativamente por diversos fatores abióticos (Maity et al., 2023). Assim, tratamentos pré-germinativos têm sido pesquisados na tentativa de reduzir os impactos sobre o desempenho das sementes no campo.

Uma estratégia eficaz para acelerar a germinação é o *priming* de sementes, que consiste na pré-hidratação de sementes seguida ou não de secagem antes da semeadura. Após o tratamento, a emergência de plântulas ocorre mais uniforme e rapidamente (Halmer et al., 2004), mesmo sob condições adversas de ambiente (Chakraborty e Dwivedi, 2021). Dentre as substâncias aplicadas no *priming* de sementes, destaca-se o ácido ascórbico, um dos antioxidantes e metabólitos mais comuns, encontrado em diferentes plantas, reconhecido pela sua elevada capacidade antioxidante e baixo custo energético da sua biossíntese (Akram et al., 2017). O *priming* também pode ser realizado com o ácido salicílico, considerado um ácido natural, solúvel em água, antioxidante não enzimático, semelhante a hormônio e envolvido em vários mecanismos de tolerância ao estresse em plantas (Janda et al., 2014).

Os benefícios de ambos os agentes no *priming* é amplamente relatado na literatura para a atenuação de estresses abióticos. O uso do ácido salicílico em sementes de trigo em condição de salinidade, proporcionou maior germinação e crescimento de plântulas (Azeem et al., 2019), enquanto que, o ácido ascórbico melhorou o desempenho fisiológico das sementes (Baig et al., 2021). Entretanto, é pouco discutido na literatura a influência destes agentes condicionantes em condições ideais de germinação.

Considerando a importância da cultura da soja e das sementes para a rentabilidade da cultura, faz-se necessário estudar a influência de agentes condicionantes para aumentar o desempenho de sementes. Sob a hipótese de que o *priming* de sementes é eficaz para aumentar a germinação e o crescimento de plântulas, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos do *priming* de sementes de soja com ácido ascórbico e o ácido salicílico, bem como identificar a dose que proporciona melhor resposta.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). As sementes de soja utilizadas, foram produzidas na safra 2023/2024, sendo uniformes quanto ao tamanho. O teor de água das sementes foi determinado pelo método gravimétrico em estufa, a 105 °C (± 3 °C) durante 24 horas, com quatro repetições, conforme a Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009).

2.1 PRIMING COM ÁCIDO ASCÓRBICO E SALICÍLICO

As sementes de soja foram condicionadas em soluções de ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$; 176,12 g/mol) e salicílico ($C_7H_6O_3$; 138,12 g/mol) a 0; 50; 100 e 150 mg L⁻¹ em quatro repetições com 50 sementes cada. As sementes foram distribuídas em uma única camada em bandejas de plástico com dimensões de 8,60 x 37,20 x 53,20 cm, entre quatro folhas de papel Germitest® umedecidas com as soluções de ácido ascórbico e salicílico na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco, sendo duas folhas por baixo e duas por cima da camada de sementes. As bandejas foram envoltas em sacos plástico e mantidas em câmara do tipo B.O.D a 25 °C, por um período de 12 h (adaptado de Sadeghi et al.



2011). Em seguida, foram lavadas em água corrente e secas até o teor de água de, aproximadamente, 13%, em estufa com circulação de ar a 30 °C.

Após a obtenção dos tratamentos, as sementes foram posicionadas em rolo de papel *germitest* umedecidas com água na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos de papel foram acondicionados em germinador com luz branca, em temperatura constante de 30 °C (Brasil, 2009).

2.2 EFEITO DO *PRIMING* NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA

O efeito dos ácidos ascórbico e salicílico nas sementes foram avaliados de acordo com os seguintes parâmetros:

Protrusão da raiz primária: o número de sementes que apresentarem a protrusão da raiz primária com comprimento mínimo de 2 mm foi registrado e os resultados foram expressos em porcentagem.

Índice de velocidade de protrusão da raiz primária: para o cálculo do índice, o número de sementes que apresentavam raiz primária com comprimento mínimo de 2 mm foi avaliado diariamente.

Germinação de sementes: a avaliação foi realizada aos oito dias após a instalação do teste de germinação, registrando-se o percentual de plântulas normais conforme as RAS (Brasil, 2009).

Índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação: foi obtido seguindo a metodologia Xia et al., (2023).

2.3 EFEITO DO *PRIMING* NO DESEMPENHO DE PLÂNTULAS

Após a obtenção de cada tratamento pré-germinativo, as sementes foram posicionadas em substrato de papel *germitest*, umedecido conforme indicado para o teste de germinação, empregando-se quatro repetições de 10 sementes por tratamento. A semeadura foi efetuada sobre linha traçada no terço superior do papel, no sentido longitudinal. As amostras foram mantidas verticalmente em germinador regulado a 30 °C, por cinco dias. Decorrido o período, o comprimento de parte aérea e de raiz de todas as plântulas normais (Brasil, 2009) foram determinadas com auxílio de paquímetro digital (Nakagawa, 1999); os resultados foram expressos em centímetros.

Após a determinação de comprimento das partes das plântulas, a massa seca foi determinada a partir das mesmas plântulas normais obtidas anteriormente. As partes aéreas e de raiz foram seccionadas, colocadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 60 °C, durante 48 horas. Os cálculos foram efetuados dividindo-se a massa seca obtida pelo número de plântulas normais contidas em cada saco de papel e, posteriormente, a média aritmética para cada repetição foi realizada, com expressão dos resultados em gramas (Nakagawa, 1999).

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 2 (soluções de ácido salicílico a 0; 50; 100 e 150 mg L⁻¹) e agentes condicionantes (ácido ascórbico e ácido salicílico). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade,



utilizando-se o Software Sisvar® (Ferreira, 2019). Quando significativas, as concentrações das soluções foram submetidas à análise de regressão, ambos a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação de concentrações e agentes condicionantes foi significativa para a primeira contagem e porcentagem de germinação de sementes de soja (Figura 1).

Para o ácido ascórbico, observou-se efeito quadrático com elevado ajuste de regressão (Figura 1A); o resultado máximo (87%) de primeira contagem foi observado com 50 ppm de AsA, com tendência de redução da primeira contagem com doses mais elevadas de AsA.

Para o ácido salicílico (AS), não houve ajuste de regressão e os resultados médios foram de 71% (Figura 1A).

B)

y= n s
y= n s

Figura 1: Efeito do *priming* com ácido salicílico e ácido ascórbico em sementes de soja. (A) – Primeira contagem (%); (B) – Germinação (%).

Fonte: Dados da pesquisa

Além de ser considerado um antioxidante eficiente na atenuação de estresses abióticos (Baig et al., 2021; Alayafi, 2020), o ácido ascórbico também atua como cofator enzimático, principalmente em enzimas do grupo das 2-oxoglutarato-dependentes dioxigenases (2-ODDs), incluindo os precursores responsáveis pela conversão em giberelinas ativas (Smirnov e Wheeler 2024), contribuindo para o balanço hormonal entre ácido abscísico e giberelina. Neste contexto, a aplicação exógena de 50 mg L⁻¹ de AsA em sementes de soja, possivelmente tenha contribuído para um aumento mais acelerado nos teores de giberelina, iniciando a ativação enzimática e conversão de reservas de forma mais eficiente (Terzaghi e Tullio, 2023).

A interação de concentrações e agentes condicionantes foi significativa para o índice de velocidade de germinação (IVG) e de protrusão de raiz primária (IVPr) (Figura 2). Para o AS não foi observado ajuste de regressão, e o resultado médio foi de 8,7 (Figura 2A). Para o IVG das sementes tratadas com AsA, verificou-se comportamento quadrático, com incrementos da velocidade de germinação. Sem o *priming*, o IVG das sementes foi de 6, e



o resultado máximo de IVG foi de 9,37, após o tratamento de sementes com 100 ppm de AsA (Figura 2A).

A

B

Figura 2: Efeito do *priming* com ácido salicílico e ácido ascórbico em sementes de soja. (A) – Índice de velocidade de germinação; (B) – Índice de velocidade de protrusão radicular.

Fonte: Dados da pesquisa

Comportamento similar foi descrito por Nunes et al. (2019), avaliando o efeito do AsA em sementes de feijão-caupi. Ao utilizar a dose de 0,50 mM sem submeter a condição salina, o índice de velocidade de germinação foi de 18, enquanto aquelas sem o tratamento foi de 13. Os incrementos nos resultados de IVG foram associados à influência do ácido ascórbico nos processos de ativação enzimáticas e degradação de reservas energéticas.

Para o índice de velocidade de protrusão radicular (IVPr) das sementes tratadas com AS, conforme o aumento das concentrações de ácido salicílico observou-se incremento linear do IVPr (Figura 2B).

Durante o início do processo de germinação, as sementes passam pelo processo de embebição, que promove o afrouxamento e alongamento celular até a ruptura do tegumento e a emissão da radícula. Para que esse processo ocorra de forma eficiente, é necessário um equilíbrio hormonal, com redução dos hormônios inibidores da germinação, como o ácido abscísico (ABA) (Bagautdinova et al., 2022). Nesse contexto, o fornecimento exógeno de ácido salicílico, que atua como antagonista ao ABA, favoreceu a multiplicação celular, ativação de hormônios promotores da germinação, como as giberelinas (Alvarez et al., 2024; Bagautdinova et al., 2022).

Com o *priming* de sementes com o ácido ascórbico, verificou-se que o IVPr apresentou um comportamento quadrático, cujo resultado máximo foi de 21,75 com o tratamento com 100 ppm de AsA, semelhante ao observado com o IVG (Figura 2B).

O aumento dos índices de velocidade de germinação de sementes de soja com o *priming* com AsA também foram observados em sementes de pastagem cv. Marandú previamente tratadas com 57,7 Mm de ácido ascórbico. Esse efeito foi atribuído à ação bioestimulante da substância, que favorece o redirecionamento das reservas para o embrião e estimula a síntese de enzimas relacionadas a germinação (Silva et al., 2023).

Entretanto, para o comprimento de parte aérea e de raiz de plântulas de soja, não houve efeito significativo do ácido ascórbico (Figura 3). Para o ácido salicílico houve ajuste de regressão quadrática para ambas variáveis. Com o tratamento das sementes com 50



ppm de AS, verificou-se os resultados mais elevados de comprimento de parte aérea (7,58 cm) e de raiz (15,2 cm) de plântulas de soja.

A)

B)

Figura 3: Efeito do *priming* com ácido salicílico e ácido ascórbico em sementes de soja. (A) – Comprimento de parte aérea (cm); (B) – Comprimento de raiz (cm).

Fonte: Dados da pesquisa

O *priming* de sementes de soja com 50 ppm de AS influenciou positivamente a divisão e o alongamento celular, resultando em maiores comprimentos de parte aérea e de raiz. Entretanto, com o aumento da concentração de AS, verificou-se resposta inibitória no crescimento das plântulas.

Esses resultados estão de acordo com Ferrazza et al. (2024), avaliando a influência do AS no desempenho inicial de plântulas de milho notaram que os incrementos no comprimento de parte aérea ocorreram até a dose de 2000 μ M, seguido de redução. Em contrapartida, para o comprimento da raiz, houve efeito inibitório, ou seja, com o aumento das doses, o comprimento das raízes diminuiu, reforçando que as respostas fisiológicas podem divergir quanto a espécies.

Para as massas frescas das plântulas verificou-se efeito significativo isolado dos agentes condicionantes e das concentrações testadas. Para a massa fresca da parte aérea e da raiz, não houve diferença significativa entre o AsA e AS (Figura 4A e AC, respectivamente). Entretanto, o resultado foi máximo (4,46 g) com a concentração de 50 e 100 ppm (Gráfico 4B), e para parte aérea (2,61 g) com 150 ppm (Figura 4D).



A)

B)

C)

D)

Figura 4: Efeito do *priming* com ácido salicílico e ácido ascórbico na massa fresca da parte aérea e raiz. (A) e (C) – Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$); (B) E (D) – Efeito isolado das doses dos condicionadores fisiológicos.
Fonte: Dados da pesquisa

Para a massa seca das plântulas, verificou-se efeito significativo isolado dos agentes condicionantes e das concentrações. Para a massa seca da parte aérea, não foram observadas diferenças significativas entre o AsA e AS e não foi observado ajuste de regressão para as concentrações testadas (Figura 5A e 5B, respectivamente). Para a massa seca da raiz, os agentes condicionantes não diferiram significativamente entre si (Figura 5C). Entretanto, verificou-se resultado mínimo de 1,08 g com a concentração de 100 ppm.



A)

B)

C)

D)

Figura 5: Efeito do condicionante fisiológico com ácido salicílico e ascórbico em sementes de soja, na massa seca de raiz. (A) - Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não difere entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) (cm); (B) - Efeito isolado das doses dos condicionadores fisiológicos.

Fonte: Dados da pesquisa

O *priming* de sementes atua positivamente nos processos fisiológicos envolvidos na germinação, como na reparação de membranas celulares, ativação de enzimas essenciais para o metabolismo inicial da semente, além do uso mais eficiente das reservas energéticas, que serão utilizadas para o crescimento e desenvolvimento do embrião (Biswas et al., 2023).



No presente estudo, os benefícios do *priming* foram mais evidentes com o uso do AsA para os parâmetros de velocidade de germinação, determinados pela primeira contagem, índices de velocidade de emissão da raiz primária e de germinação de sementes.

Com relação ao *priming* com AS, os resultados permitem inferir que esta substância está relacionada aos incrementos de comprimento das plântulas de soja. Como consequência, esses processos aceleram e uniformizam a germinação de sementes e permitem que as plântulas acumulem maior biomassa nas partes das plântulas. Efeitos positivos decorrente do *priming*, também foram observados em sementes de trigo tratadas, com aumento do comprimento de plântulas e conseqüentemente maior massa tanto em condições ótimas de germinação, quanto em situação de estresse abiótico, evidenciando assim os efeitos benéficos da técnica (Baig et al., 2021).

4 CONCLUSÃO

O *priming* com ácido ascórbico e ácido salicílico influencia significativamente a germinação das sementes e o crescimento de plântulas de soja.

O *priming* com 50 ppm de ácido ascórbico aumenta a primeira contagem de germinação de sementes; com 100 ppm são observados incrementos na velocidade de protrusão da raiz e de germinação de sementes de soja.

O uso de 50 ppm de ácido salicílico promove o comprimento da parte aérea e da raiz de plântulas de soja.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. **Conab: com mais produtividade, safra de grãos 2024/25 projeta recorde de 332,9 milhões de toneladas**. Brasília: Agência Brasil, 15 maio 2025. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202505/conab-safra-de-graos-2024-25-tem-estimativa-recorde-de-332-9-milhoes-de-toneladas?hl=pt-BR>. Acesso em: 10 jun. 2025.

ALAYAFI, A. A. M. Exogenous ascorbic acid induces systemic heat stress tolerance in tomato seedlings: transcriptional regulation mechanism. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 16, p. 19186-19199, 2020.

ÁLVAREZ, D. E. E. et al. Effect of salicylic acid induction on germination, radicle length, and protein content in chickpea seedlings. **Journal of Seed Science**, v. 46, p. 1-13, 2024.

AZEEM, M. et al. Salicylic acid seed priming modulates some biochemical parameters to improve germination and seedling growth of salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). **Pakistan Journal of Botany**, v. 51, n. 2, p. 385-391, 2019.

BAGAUTDINOVA, Z. Z. et al. Salicylic acid in root growth and development. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 2228, 2022.



BAIG, Z. et al. Effects of seed priming with ascorbic acid to mitigate salinity stress on three wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. **Acta Ecologica Sinica**, v. 41, p. 491-498, 2021.

BISWAS, S. et al. Efficacy of seed priming strategies for enhancing salinity tolerance in plants: an overview of the progress and achievements. **Plant Stress**, v. 9, p. 1-12, 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 399 p.

FERRAZZA, F. L. F. et al. Salicylic acid on the physiological and sanitary quality of high and low vigor maize seeds. **Journal of Seed Science**, v. 46, 2024.

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.

MAITY, A. et al. Climate change impacts on seed production and quality: current knowledge, implications, and mitigation strategies. **Seed Science and Technology**, v. 51, n. 1, p. 7-38, 2023.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 224.

NUNES, L. R. L. et al. Ascorbic acid of cowpea seeds under saline stress. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 4, p. 441-451, 2019.

SADEGHI, H. et al. Effect of seed osmopriming on seed germination behavior and vigor of soybean (*Glycine max* L.). **Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 6, n. 1, p. 39-46, 2011.

SILVA, C. D. et al. The physiological potential of Marandu grass seeds under water stress conditioned with ascorbic acid. **Acta Biológica Colombiana**, v. 28, n. 1, p. 29-38, 2023.

SMIRNOFF, N.; WHEELER, G. L. The ascorbate biosynthesis pathway in plants is known, but there is a way to go with understanding control and functions. **Journal of Experimental Botany**, v. 75, n. 9, p. 2604-2630, 2024.

TERZAGHI, M.; TULLIO, M. C. Ascorbic acid in seeds, priming and beyond. **Seeds**, n. 2, p. 421-435, 2023.