

Potencial do tratamento de sementes com ácido salicílico na redução do estresse salino na germinação de couve-chinesa

Potential of seed treatment with salicylic acid in reducing salt stress during Chinese cabbage germination

Vanessa Neumann **SILVA**^{1,2}; Maria Eduarda **RUHOFF**¹ & Vanessa **HANAUER**¹

RESUMO

A couve-chinesa é uma hortaliça de alto valor nutricional, porém pode apresentar desafios no cultivo, em solos afetados pela salinização. O ácido salicílico (AS) é um fitormônio importante em processos fisiológicos em plantas, como a resistência a estresses. Assim, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar os efeitos da salinidade em diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl) sobre a germinação e o crescimento de plântulas de couve-chinesa, além do potencial do AS em reduzir os efeitos negativos da salinidade. Os experimentos foram conduzidos na UFFS – *campus* Chapecó, com sementes de couve-chinesa. Avaliaram-se os efeitos de diferentes níveis de salinidade. O tratamento de sementes foi realizado com as concentrações de 0; 0,14; 0,28 e 0,42 mg/L de AS. Analisaram-se: germinação (primeira contagem, índice de velocidade, tempo médio e porcentagem), crescimento de raízes e de parte aérea de plântulas. Conclui-se que sementes de couve-chinesa são sensíveis a salinidade causada por NaCl em doses maiores que 100 mM; doses acima de 400 mM de NaCl reduzem drasticamente a germinação e o crescimento de plântulas. O tratamento de sementes na dose de 0,14 mg/L de AS atenua os efeitos negativos da salinidade na germinação e no crescimento de plântulas de couve-chinesa.

Palavras-chave: *Brassica rapa* subsp. *pekinensis*, embebição de sementes, salinidade.

ABSTRACT

Chinese cabbage is a vegetable with high nutritional value; however, it can present challenges in cultivation in soils affected by salinization. Salicylic acid (SA) is an important phytohormone in physiological processes in plants, such as stress resistance. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effects of salinity at different NaCl concentrations on the germination and growth of Chinese cabbage seedlings, and the potential of SA to reduce the negative effects of salinity. The experiments were conducted at the UFFS *campus* in Chapecó, using Chinese cabbage seeds. The effects of different salinity levels were evaluated. Seed treatment was performed with SA concentrations of 0, 0.14, 0.28, and 0.42 mg/L. The parameters evaluated included: germination (first count, speed index, mean time, and percentage), root growth, and shoot growth of seedlings. It is concluded that Chinese cabbage seeds are sensitive to salinity caused by NaCl at doses greater than 100 mM, and that doses above 400 mM of NaCl drastically reduce germination and seedling growth. Seed treatment with a dose of 0.14 mg/L of SA attenuates the negative effects of salinity on germination and seedling growth of Chinese cabbage.

Keywords: *Brassica rapa* subsp. *pekinensis*, salinity, seed priming.

Recebido em: 24 out. 2025
Aceito em: 3 fev. 2026

¹ Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Rodovia SC-484, km 02, Fronteira Sul – CEP 89815-899, Chapecó, SC, Brasil.

² Autor para correspondência: vanessa.neumann@uffs.edu.br.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm afetado de forma direta os cultivos agrícolas e, em consequência desses processos, os efeitos de estresses abióticos vêm se intensificando e prejudicando a produção de alimentos. O estresse salino, por exemplo, pode comprometer a produção de hortaliças, o que tem impacto direto sobre elevação dos preços no mercado e efeitos na menor oferta desses alimentos para a população. Portanto, pesquisas que venham a estudar técnicas para minimizar tais impactos nos cultivos são fundamentais.

As alterações climáticas têm impactos adversos sobre os estresses abióticos nas culturas hortícolas, tais como salinidade, seca e estresse por altas temperaturas. Esses estressores reduzem o desenvolvimento vegetativo das plantas e a produção de frutos, perturbando os mecanismos de crescimento das plantas (SHAH *et al.*, 2024).

Estudos recentes demonstram que o ácido salicílico (AS) ganhou importância nos últimos anos graças ao seu efeito sobre vários estresses e sua interessante relação com os hormônios reguladores do estresse, como o ácido abscísico e o ácido etileno (IQBAL *et al.*, 2019). Em estudo recente realizado na China com sementes de colza (espécie da mesma família botânica da couve-chinesa), Zhu *et al.* (2021) constataram que o tratamento com AS, dentre outros, aumentou as concentrações de ácido indolacético, ácido giberélico e citocinina em plântulas sob condições de estresse por temperatura e osmótico. Em plantas de acelga tipo Pakchoi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*), a aplicação de AS desencadeou o sistema de defesa da planta em condições de estresse por salinidade, aumentando a expressão do receptor NPR1 (regulador da sinalização de AS) e, por consequência, dos níveis de prolina e enzimas antioxidantes, que atuam em conjunto na redução dos efeitos tóxicos da salinidade, por meio da manutenção da homeostase celular (KHALID *et al.*, 2021).

Nesse contexto, é interessante estudar tecnologias que possam contribuir para a temática. O tratamento de sementes com substâncias atenuantes de estresse pode ser uma alternativa interessante, porém existem poucos resultados na literatura para couve-chinesa, em pesquisas realizadas com cultivares disponíveis no Brasil.

Assim, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar os efeitos da salinidade induzida por diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl) sobre a germinação e o crescimento de plântulas de couve-chinesa, além do potencial do AS em reduzir os efeitos negativos da salinidade.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *campus* Chapecó, no laboratório de Sementes e Grãos. Utilizaram-se sementes de couve-chinesa da cultivar Pe-tsay, sem tratamento industrial, da marca comercial Isla Sementes. Inicialmente foram realizados testes preliminares para determinação do período adequado para a embebição de sementes, conforme descrito na metodologia de Ferraz *et al.* (2019). Com base nos testes, definiu-se o período de 12 horas de embebição na temperatura de 20°C como adequado para o tratamento de sementes.

Fizeram-se posteriormente três ensaios: ensaio 1) efeito das concentrações de 0, 50, 100 e 200 mM de NaCl (REZAYIAN & ZARINKAMAR, 2023) na germinação de sementes de couve-chinesa; ensaio 2) efeito de concentrações mais elevadas de NaCl (0, 200, 400, 800, 1600 mM) na germinação de sementes de couve-chinesa; ensaio 3) efeito do tratamento de sementes de couve-chinesa com diferentes doses de AS: 0 (testemunha), 0,14, 0,28 e 0,42 mg/L (ZHU *et al.*, 2021) na germinação e no crescimento de plântulas em ausência (0 mM de NaCl) e presença (200 mM de NaCl) de salinidade.

O tratamento das sementes foi realizado com a embebição de sementes entre papel e soluções tratamento. Para tanto, 0,2 g de sementes, por tratamento e repetição, foi disposto entre duas folhas de papel Germitest umedecidas com os tratamentos, sobre tela metálica acoplada a uma caixa plástica do tipo Gerbox, a qual continha 50 ml de água destilada (controle) ou 50 ml de AS nas concentrações de AS testadas e submetidas à câmara de germinação regulada a 20°C por 12 horas. Após o tratamento, as sementes foram submetidas aos testes conforme descrição a seguir.

– Teste de germinação: feito com e sem o uso de solução salina de NaCl para umedecimento do papel Germitest. A metodologia empregada foi adaptada de Brasil (2009). Realizaram-se cinco repetições de 50 sementes para cada tratamento, as quais foram distribuídas em caixas plásticas do tipo Gerbox (11,5 x 11,5 x 3,5 cm), sobre substrato de papel para germinação, previamente umedecido com água destilada ou solução salina. As caixas foram mantidas em germinador, regulado à temperatura de 20°C. As avaliações foram realizadas conforme os critérios estabelecidos por Brasil (2009), aos cinco e dez dias após a semeadura (DAS).

– Índice de velocidade de germinação: calculado conforme Maguire (1962), utilizando a fórmula $IVG = \sum \left(\frac{n_i}{t_i} \right)$, em que n_i representa o número de sementes germinadas no dia i e t_i o tempo decorrido desde a semeadura até a germinação.

– Tempo médio de germinação: calculado conforme proposto por Ranal & Santana (2006), mediante a fórmula $TMG = \frac{\sum(n_i \cdot t_i)}{\sum n_i}$, em que n_i representa o número de sementes germinadas no dia i e t_i o tempo decorrido desde a semeadura até a germinação. Os dados diários de germinação foram obtidos com a contagem cumulativa, sendo convertidos em germinação diária por diferenciação sucessiva.

– Análise do crescimento de plântulas: utilizaram-se 20 plântulas por unidade experimental. Por meio delas foi determinado o comprimento da raiz e da parte aérea, com régua graduada em centímetros (NAKAGAWA, 1999); essa análise foi realizada aos 14 DAS (dias após a semeadura).

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância, comparação de médias e análise de regressão ($p < 0,05$) no programa Sisvar® (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ENSAIO 1 – EFEITO DAS CONCENTRAÇÕES DE 0, 50, 100 E 200 mM DE CLORETO DE SÓDIO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE COUVE-CHINESA

Inicialmente, observou-se diferença entre os níveis de salinidade testados, com redução mais expressiva da germinação quando as sementes foram expostas à concentração de 200 mM de NaCl (figura 1A), assim como aumento da porcentagem de plântulas anormais (figura 1B). Resultados semelhantes foram encontrados em plantas de canola, quando o estresse osmótico induzido pela salinidade reduziu os atributos de crescimento da planta, perturbando a homeostase iônica (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Cl^-) (NAHEED *et al.*, 2021).

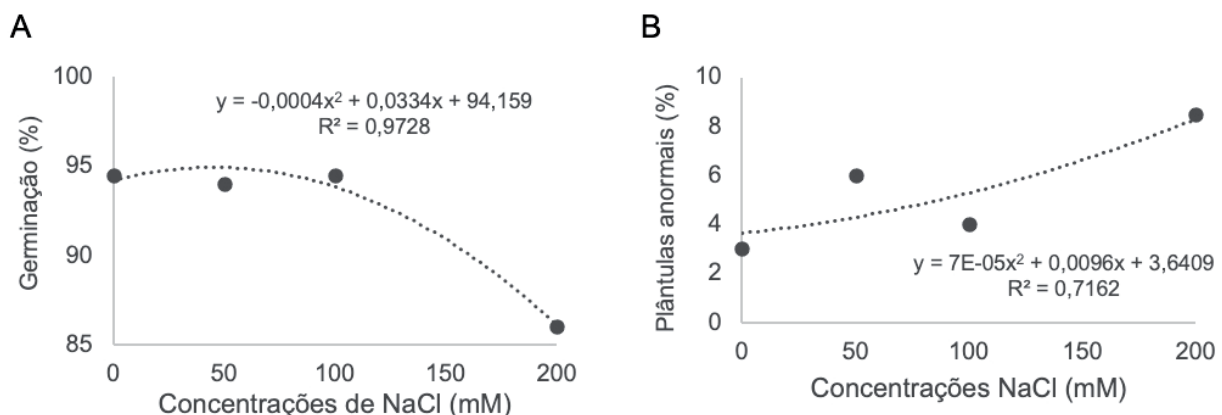


Figura 1 – Valores médios de germinação (A) e plântulas anormais (B) de couve-chinesa, avaliadas aos dez dias após a semeadura, em função de diferentes níveis de salinidade. Fonte: primária.

Em sementes de cevada, Xiong *et al.* (2024) verificaram que a salinidade retarda a germinação de sementes por interferir na mobilização de amido nas sementes: a salinidade atua na inibição da atividade da α -amilase nas sementes de cevada, o que limita a principal fonte de reserva necessária para o crescimento do embrião e a formação da plântula durante o processo de germinação.

Quanto ao crescimento de plântulas, o comprimento de parte aérea de plântulas de couve-chinesa não foi afetado pelas condições de salinidade testadas (tabela 1), contudo houve redução do crescimento de raízes das plântulas (figura 2). A redução do crescimento das raízes é bastante prejudicial, visto que as plantas, após a etapa de transplante de mudas, terão maior dificuldade no seu estabelecimento no solo, assim como para absorção de água e nutrientes, prejudicando o estabelecimento das áreas de cultivo. Segundo Zou *et al.* (2021), sob alta salinidade, as plantas podem reduzir sua exposição ao sal alterando a direção de crescimento das raízes para evitar áreas salinas, por meio de uma resposta conhecida como halotropismo; os autores explicam que, nesses casos, o sal modula o formato das raízes por meio da raiz primária, raízes laterais e pelos radiculares, reduzindo tanto o número quanto o comprimento, além de induzir alterações específicas no ângulo de crescimento da raiz primária em ensaios de halotropismo.

Tabela 1 – Valores médios de comprimento de parte aérea de plântulas de couve-chinesa em função da exposição das sementes ao estresse salino em diferentes concentrações de NaCl.

Variáveis	Concentração de NaCl (mM/L)				CV (%)
	0	50	100	200	
CPA (cm)	1,35 a*	1,31 a	1,37 a	1,13 a	16,10

* Não significativo na análise de variância ($p < 0,05$).

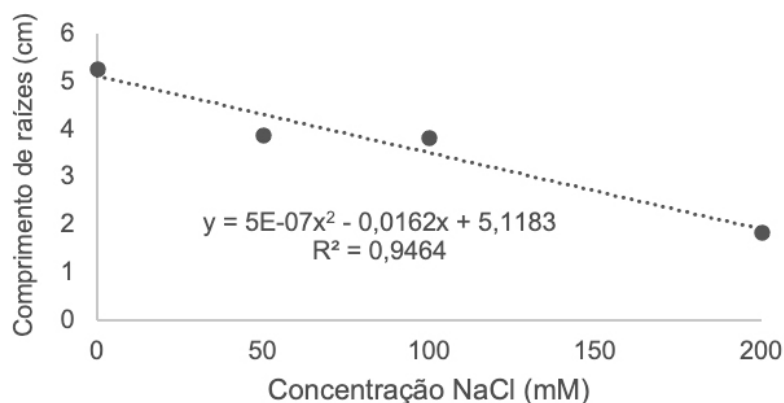


Figura 2 – Valores médios de comprimento de raízes de plântulas de couve-chinesa em função de exposição a diferentes níveis de salinidade. Fonte: primária.

ENSAIO 2 – EFEITO DE CONCENTRAÇÕES MAIS ELEVADAS DE NaCl (0, 200, 400, 800, 1600 mM) NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE COUVE-CHINESA

Em testes com doses maiores de NaCl, feitos a fim de observar o comportamento das sementes em níveis mais elevados de estresse, notou-se efeito de redução na germinação de sementes de couve-chinesa, tanto aos cinco quanto aos dez DAS (dias após a semeadura); em concentrações altas de NaCl (800 e 1600 mM) houve ausência de germinação (figura 3). Isso sugere que, em altas concentrações de NaCl, acontece inibição da germinação por efeitos osmóticos, que reduzem a absorção de água pela semente, assim como fitotóxicos (excesso de sais). Dessa forma, reduzem-se a ativação enzimática e a mobilização de reservas para o embrião, resultando em dificuldades

para a protrusão da radícula e a formação da plântula. Foi encontrada ainda maior porcentagem de plântulas anormais na concentração de 400 mM de NaCl (figura 3C). Já na variável sementes mortas, quanto mais elevadas as concentrações de NaCl, maior é o número de sementes mortas (figura 3D).

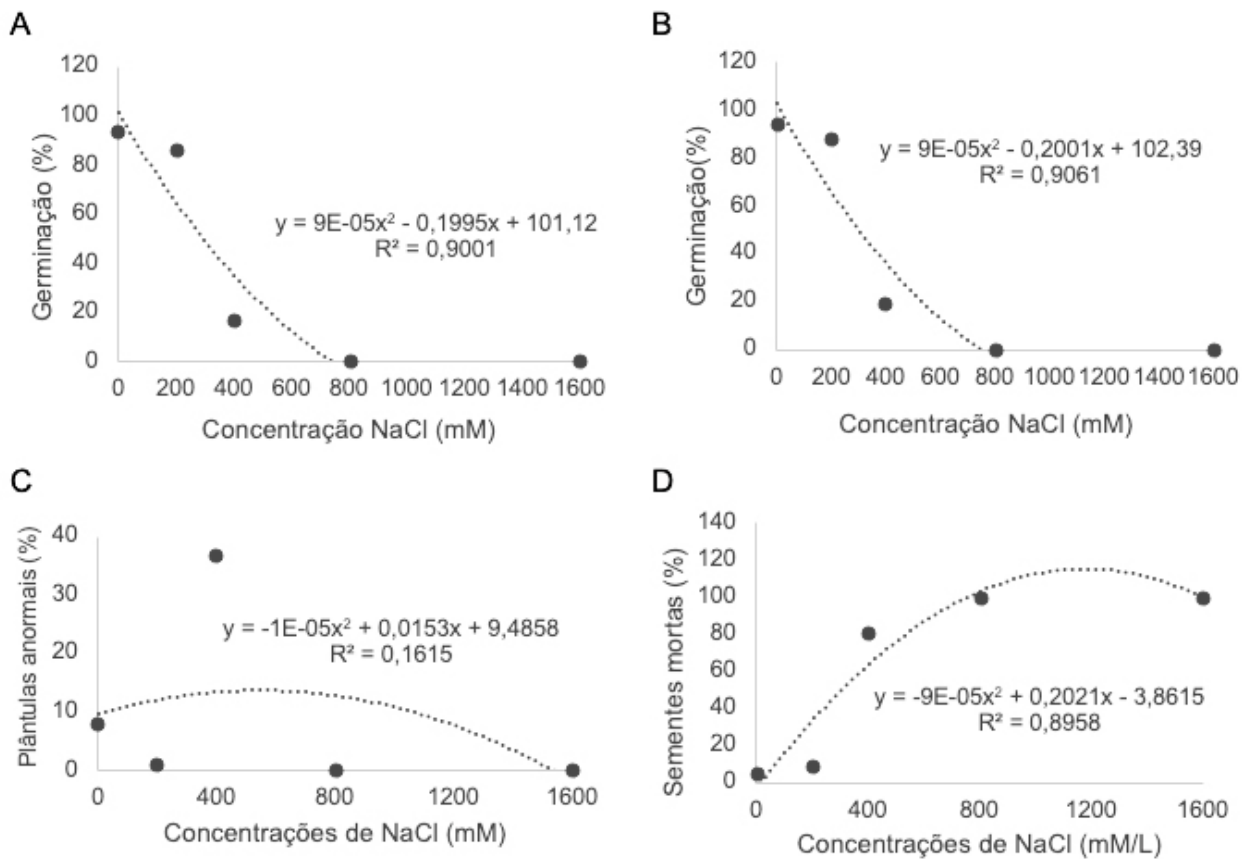


Figura 3 – Germinação de sementes de couve-chinesa aos cinco (A) e dez (B) dias após a semeadura, porcentagem de plântulas anormais (C) e de sementes mortas (D) em função de diferentes níveis de salinidade. Fonte: primária.

No crescimento de plântulas, ambas as variáveis foram negativamente afetadas pelo aumento da concentração de NaCl (figura 4). Resultados semelhantes foram encontrados por Kamran *et al.* (2021) em plantas de couve-da-malásia (*Brassica rapa* var. *parachinensis*). De acordo com eles, o estresse salino causado por NaCl provocou reduções significativas em diversos parâmetros relacionados à germinação e ao desenvolvimento inicial das plântulas, em comparação ao tratamento controle, com diminuição de 42,6% na porcentagem de germinação, 37,2% no comprimento da raiz e 41,2% no comprimento de parte aérea de plântula. Tal resultado evidencia os efeitos negativos do NaCl sobre o desempenho fisiológico das sementes germinadas. Os autores atribuíram esses efeitos ao desequilíbrio hormonal, à toxicidade iônica e ao estresse oxidativo induzidos pela salinidade.

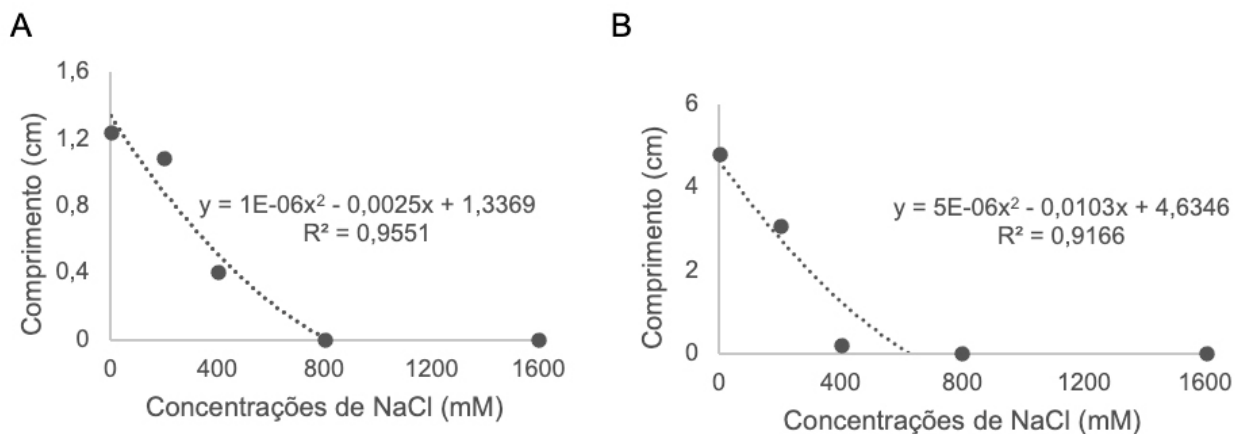


Figura 4 – Valores médios de comprimento da parte aérea (A) e de raízes (B) de plântulas de couve-chinesa em função de diferentes níveis de salinidade. Fonte: primária.

ENSAIO 3 – EFEITOS DO TRATAMENTO DE SEMENTES DE COUVE-CHINESA NA GERMINAÇÃO EM CONDIÇÕES DE AUSÊNCIA E PRESENÇA DE SALINIDADE

Observaram-se reduções na velocidade de germinação e na porcentagem de germinação aos cinco e dez DAS, assim como aumento do tempo médio de germinação em função da presença de salinidade (tabela 2).

Tabela 2 – Valores médios de índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) e germinação de sementes de couve-chinesa, aos cinco (G5) e dez dias (G10) após a semeadura, em função do tratamento com diferentes doses de AS, em diferentes condições de salinidade.

Salinidade	Doses de AS (mg/L)				CV (%)
	0	0,14	0,28	0,42	
IVG					
Ausência (0 mM)	45,9 a	40,2 a	37,2 a	34,8 a	13,4
Presença (200 mM de NaCl)	22,0 b	7,6 b	16,0 b	12,8 b	
TMG (dias)					
Ausência (0 mM)	1,06 a	1,22 a	1,29 a	1,32 a	11,2
Presença (200 mM de NaCl)	3,3 b	5,2 b	3,8 b	4,4 b	
G5 (%)					
Ausência (0 mM)	92,8 a*	95,2 a	89,6 a	92,8 a	4,5
Presença (200 mM de NaCl)	86,8 b	92,4 b	81,6 a	89,2 b	
G10 (%)					
Ausência (0 mM)	99,6 a*	98,0 a	98,0 a	96,8 a	3,5
Presença (200 mM de NaCl)	91,2 b	96,4 a	88,4 b	94,0 b	

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste T (p<0,05).

Em relação às doses de AS testadas, verificaram-se diferenças entre os tratamentos (figura 5); houve redução da velocidade germinação (IVG) e aumento do tempo médio de germinação em função do aumento das doses de AS, porém as porcentagens de germinação foram maiores no tratamento com 0,14 mg/L de AS. Resultados semelhantes foram vistos por Xu *et al.* (2023) em sementes de alfafa; os autores constataram que sementes tratadas com embebição em doses de 0,5 e 1,0 mM de AS tiveram maior TMG, porém com maior porcentagem de germinação ao final do teste, em situação de salinidade (100 e 200 mM de NaCl). Esses resultados sugerem que, embora a germinação possa ser mais lenta em função do tratamento usado, houve incremento na

tolerância à salinidade. É possível que o mecanismo de resposta envolvido esteja relacionado ao sistema antioxidante de defesa. Em pesquisa com sementes de *Brassica rapa* var. *parachinensis*, Kamran *et al.* (2021) constataram que o tratamento das sementes aumentou os percentuais de germinação e o crescimento inicial das plântulas sob estresse salino. Segundo os autores, esses efeitos apresentaram correlação positiva significativa com as atividades das enzimas peroxidase e catalase, além do acúmulo de prolina, que pode aliviar os danos oxidativos às membranas e resultar na redução das concentrações de malonaldeído.

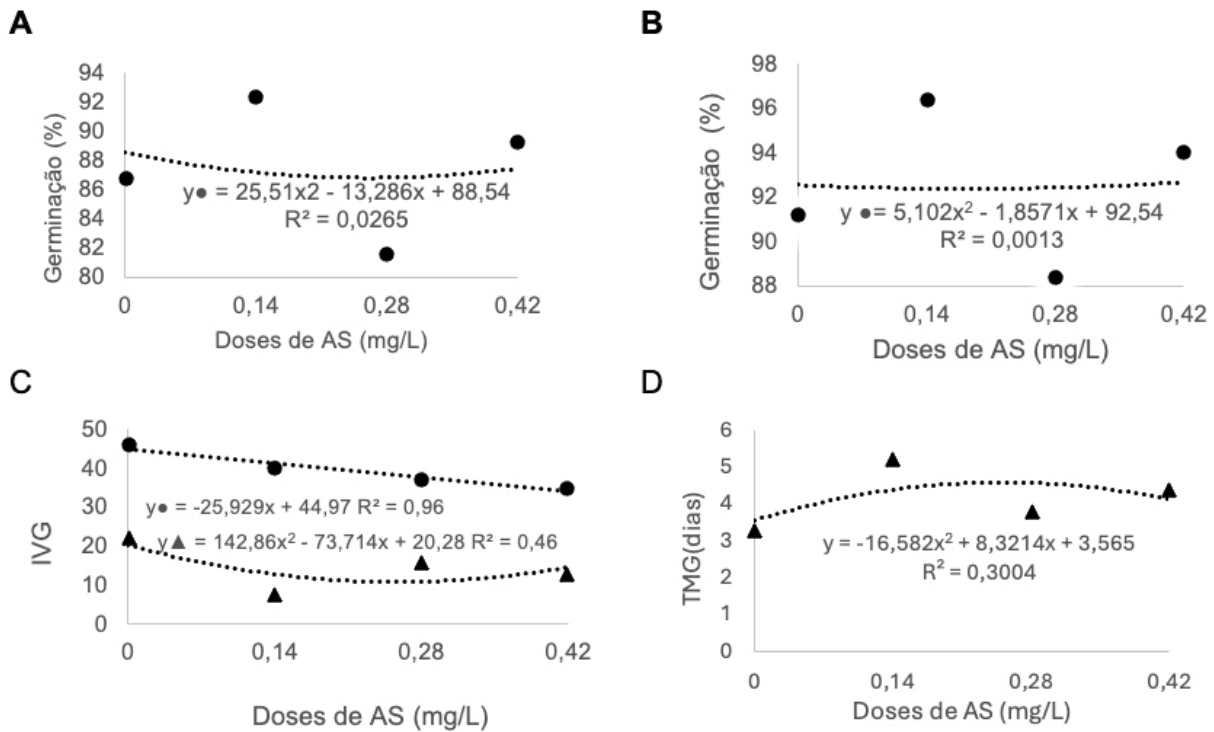


Figura 5 – Valores médios de porcentagem de germinação aos cinco (A) e dez DAS (B), índice de velocidade de germinação (C) e tempo médio de germinação (D) de sementes de couve-chinesa tratadas com diferentes doses de ácido salicílico, sob condições de ausência (●) e presença de salinidade (▲). Fonte: primária.

Em relação às variáveis de crescimento de plântulas, houve efeito de estresse por salinidade, reduzindo-se o comprimento da parte aérea e de raízes em comparação às condições sem salinidade (tabela 3). A redução de crescimento em condições de salinidade ocorre por causa do acúmulo de sais nos tecidos e da dificuldade na absorção de água, que prejudica processos essenciais para as plantas. O estabelecimento de plântulas após a germinação é mais sensível ao estresse salino (SHAHZAD *et al.*, 2022).

Tabela 3 – Valores médios de comprimento da parte aérea de plântulas (CPA) e de raízes (CR) de plântulas de couve-chinesa, aos dez dias após a semeadura, em função do tratamento com diferentes doses de AS, em diferentes condições de salinidade.

Salinidade	Doses de AS (mg/L)				CV (%)
	0	0,14	0,28	0,42	
CPA (cm)					
Ausência (0 mM)	1,9 a*	1,8 a	1,8 a	1,9 a	11,3
Presença (200 mM de NaCl)	1,4 b	1,5 b	1,3 b	1,7 b	
CR (cm)					
Ausência (0 mM)	4,5 a*	4,6 a	3,9 a	4,6 a	12,6
Presença (200 mM de NaCl)	0,9 b	1,5 b	1,2 b	1,8 b	

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste T ($p < 0,05$).

No tocante às doses de AS, observaram-se diferenças entre os tratamentos no comprimento de parte aérea de plântulas em condição sem salinidade e no comprimento de raízes e parte aérea em condições de salinidade (figuras 6A e 6B), com melhor resposta na dose de 0,14 mg/L. Cao *et al.* (2020) acharam resultados semelhantes em sementes de couve Kale. Conforme os autores, o ácido salicílico melhorou a tolerância ao sal em sementes, principalmente por meio do aumento das atividades das enzimas de proteção, da redução do acúmulo de espécies reativas de oxigênio e da manutenção da homeostase iônica durante a germinação em condições de salinidade.

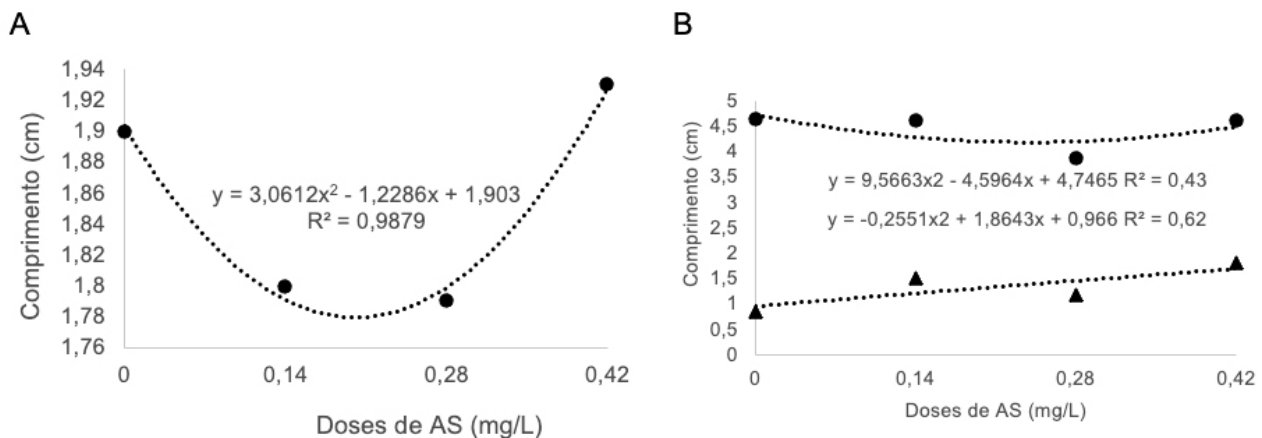


Figura 6 – Comprimento de parte aérea de plântulas (A) e de raízes (B) em plântulas de couve-chinesa em diferentes doses de ácido salicílico, em ausência (●) e presença de salinidade (▲). Fonte: primária.

CONCLUSÃO

Sementes de couve-chinesa são sensíveis à salinidade causada por NaCl em doses maiores que 100 mM; doses acima de 400 mM de NaCl reduzem drasticamente a germinação e o crescimento de plântulas. O tratamento de sementes com o método de embebição a 20°C por 12 horas na dose de 0,14 mg/L atenua os efeitos negativos da salinidade na germinação e no crescimento de plântulas de couve-chinesa em estresse salino.

REFERÊNCIAS

- Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: Departamento Nacional de Defesa Vegetal; 2009. 395 p.
- Cao, D., Chen, S., Qin, Y., Wu, H., Ruan, G. & Huang, Y. Regulatory mechanism of salicylic acid on seed germination under salt stress in kale. *Chinese Bulletin of Botany*. 2020; 55(1): 49-61.
- Ferraz, A., Silva, V. N. & Radunz, A. L. Condicionamento fisiológico de sementes de chicória com *Ascophyllum nodosum*. *Cultura Agrônômica: Revista Cultura Agrônômica*. 2019; 28(2): 215-226.
- Ferreira, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Brazilian Journal of Biometrics*. 2019; 37(4): 529-535.
- Iqbal, M., Umar, S. & Mahmooduzzafar. Nanofertilization technique to enhance nutrient use efficiency and crop productivity of crop plants. Springer Nature Switzerland; 2019.
doi: doi.org/10.1007/978-3-030-05569-1-19
- Kamran, M., Wang, D., Xie, K., Lu, Y., Shi, C., Sabagh, A. E., Gu, W. & Xu, P. Pre-sowing seed treatment with kinetin and calcium mitigates salt induced inhibition of seed germination and seedling growth of choysum (*Brassica rapa* var. *parachinensis*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2021; 227: 112921.

- Khalid, M., Saeed-Ur-Rahman, N., Ali, M., Hassani, D., Rauf, A., Jan, F. & Hui, N. Salicylic acid mediated protection of *Brassica campestris* sp. *chinensis* from saline stress via SA receptor NPR1 dependent transcriptional regulation and biosynthesis of related biochemicals. *Environmental Technology & Innovation*. 2021; 24: 101950.
- Maguire, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*. 1962; 2(2): 176-177.
- Nakagawa, J. Teste de vigor baseado no desempenho das plântulas. In: Krzyzanowski, F. C., Vieira, R. D. & França-Neto, J. B. (ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates; 1999. p. 2.1-2.24.
- Naheed, R., Aslam, H., Kanwal, H., Farhat, F., Gamar, M. I. A., Al-Mushhin, A. A. M., Jabborova, D., Ansari, M. J. A., Shaheen, S., Aqeel, M., Noman, A. & Hessini, K. Growth attributes, biochemical modulations, antioxidant enzymatic metabolism and yield in *Brassica napus* varieties for salinity tolerance. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2021; 28(10): 5469-5479.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.08>
- Ranal, M. A. & Santana, D. G. How and why to measure the germination process? *Revista Brasileira de Botânica*. 2006; 29(1): 1-11.
- Rezayian, M. & Zarinkamar, F. Nitric oxide, calmodulin and calcium protein kinase interactions in the response of *Brassica napus* to salinity stress. *Plant Biology*. 2023; 25(3): 411-419.
- Shah, I. H., Manzoor, M. A., Jinhui, W., Li, X., Hameed, M. K., Rehaman, A., Li, P., Zhang, Y., Niu, Q. & Chang, L. Comprehensive review: effects of climate change and greenhouse gases emission relevance to environmental stress on horticultural crops and management. *Journal of Environmental Management*. 2024; 351: 119978.
- Shahzad, B., Yun, P., Rasouli, F., Shabala, L., Zhou, M., Venkataraman, G., Chen, Z. & Shabala, S. Root K⁺ homeostasis and signalling as a determinant of salinity stress tolerance in cultivated and wild rice species. *Environmental and Experimental Botany*. 2022; 201: 104944.
- Zhu, Z. E., Sami, A., Xu, Q. Q., Wu, L. L., Zheng, W. Y., Chen, Z. P., Jin, X. Z., Zhang, H., Li, Y., Yu, Y. & Zhou, K. J. Effects of seed priming treatments on the germination and development of two rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties under the co-influence of low temperature and drought. *Plos One*. 2021; 16(9): e0257236.
- Zou, Y., Zhang, Y. & Testerink, C. Root dynamic growth strategies in response to salinity. *Plant Cell & Environment*. 2021; 45(3): 695-704.
- Xiong, M., Xu, J., Zhou, Z., Peng, B., Shen, Y., Shen, H., Xu, X., Li, C., Deng, L. & Feng, G. Salinity inhibits seed germination and embryo growth by reducing starch mobilization efficiency in barley. *Plant Direct*. 2024; 8(2): e564.
- Xu, N., Sui, X., Chen, Z. & Niu, J. Seed soaking with salicylic acid improves alfalfa (*Medicago sativa* L.) germination by involving the antioxidation system. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2023; 45: 128.