



Efeito do ácido salicílico e choque a frio na germinação de sementes

Luana da Silva Barbosa¹, Paloma Domingues², Ana Carolina Bezerra³, Adriana da Silva Santos^{4*}, Vitória Régia do Nascimento Lima⁵, Igor Revelles Gomes Luna⁶, Kilson Pinheiro Lopes⁷

¹Doutoranda em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

²Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.

³Doutoranda em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

⁴Doutoranda em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Brasil. (*Autor correspondente: drica_pl@hotmail.com)

⁵Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.

⁶Mestrando em Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural do Pernambuco, Brasil.

⁷Doutor em Agronomia, Professor da Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.

RESUMO

O acelerado crescimento das culturas no Nordeste, exige a necessidade de um processo contínuo de estudos para atender aos anseios dos produtores da região, principalmente em relação à necessidade de água, um dos principais problemas que afeta o local. Diante disto, objetivou-se fazer uma revisão bibliográfica sobre o efeito do ácido salicílico e do choque à frio sobre o estresse hídrico em sementes. O ácido salicílico apresenta várias funções, destacando-se inibição da germinação e do crescimento, interferência na absorção de raízes, redução da transpiração e causa a abscisão foliar em algumas espécies, mas é bem conhecido como molécula sinalizadora na indução do sistema defensivo das plantas a estresses bióticos ou abióticos. Existe proteínas que são formadas em resposta à elevações repentinas de temperatura (5 a 10 °C), denominadas de proteínas de choque térmico (HSP) que auxiliam as células a suportar o estresse, sendo ativada a partir do choque à frio, liberando substâncias osmoprotetoras (dissacarídeos, poliaminas, enzimas extratoras), que ajuda na germinação das sementes e no desenvolvimento da planta em ambientes com pouca disponibilidade hídrica. A partir disso, o ácido salicílico pode inibir ou promover a germinação de sementes e o choque à frio potencializa esse resultado, necessitando aplica-los em diversas espécies e estudar o seu efeito na cultura.

Palavras-Chave: Pré-tratamentos, Estresse hídrico, Fisiologia vegetal.

Effect of salicylic acid and cold shock on seed germination

ABSTRACT

The accelerated growth of crops in the Northeast, requires the need for a continuous process of studies to meet the needs of producers in the region, especially in relation to the need for water, one of the main problems affecting the place. In view of this, the objective was to make a bibliographic review on the effect of salicylic acid and cold shock on water stress in seeds. Salicylic acid has several functions, including inhibition of germination and growth, interference with the absorption of roots, reduction of transpiration and causes leaf abscission in some species, but it is well known as a signaling molecule in inducing the defensive system of plants to biotic or abiotic stresses. There are proteins that are formed in response to sudden increases in temperature (5 to 10 °C), called heat shock proteins (HSP) that help cells withstand stress, being activated from cold shock, releasing osmoprotective substances (disaccharides, polyamines, extracting enzymes), which helps in seed germination and plant development in environments with little water availability. From this, salicylic acid can inhibit or promote seed germination and cold shock potentiates this result, needing to be applied to different species and to study its effect on the crop.

Keywords: Pre-treatments, Water stress, Plant physiology.

Barbosa, L.S., Domingues, P., Bezerra, A.C., Santos, A.S., Lima, V.R.N., Luna, I.R.G., Lopes, K.P. (2019). Efeito do ácido salicílico e choque a frio na germinação de sementes. *Meio Ambiente (Brasil)*, v.1, n.2, p.18-23.



1. Introdução

No semiárido brasileiro, a agricultura atual é exemplo de rápida evolução de aprimoramento tecnológico e de geração de emprego e renda. O acelerado crescimento das culturas no Nordeste, exige a necessidade de um processo contínuo de estudos para atender aos anseios dos produtores da região, principalmente em relação à necessidade de água, um dos principais problemas que afeta o local.

No Nordeste brasileiro, a área de insuficiência hídrica abrange cerca de 150 milhões de hectares, responsável por minimizar o potencial produtivo de diversas culturas, e, a depender das características químicas da mesma, prejudicar os atributos físicos e químicos do solo (Souza et al., 2010). O déficit hídrico e a ocorrência de salinidade e/ou sodicidade em alguns solos nordestinos são fatores limitantes à produção agrícola nesta região do país (Galon et al., 2011).

Algumas substâncias podem colaborar melhorando a eficiência de processos metabólicos ou atuando diretamente em rotas metabólicas de resposta ao ambiente desfavorável permitindo adaptações às mudanças ambientais. Uma dessas substâncias é o ácido salicílico. Por outro lado, alguns procedimentos também podem colaborar nas reações das plantas ao estresse, como o choque frio, ou seja, curto período de temperatura desfavorável pode induzir a aclimatação da planta a outro fator desfavorável abiótico, como deficiência de água ou temperatura elevada, ou mesmo biótico como patógenos. Essas respostas caracterizadas como estresse produzindo defesas ativas na planta a uma gama de outros estresses. Além disso, a emergência e o estabelecimento inicial são considerados fases mais críticas de uma cultura devido à sensibilidade aos fatores externos adversos pelo menor aparato de respostas que dispõe a plântula, sendo assim, a agricultura necessita de estudos nessa área (Agostini, 2010).

O uso de tratamentos pré-germinativos tem sido realizado para diminuir a exposição prolongada das sementes às condições desfavoráveis (Matias et al., 2012). Assim, o cultivo das espécies deve ser incentivado através de subsídios e investimentos em pesquisas que visam melhorar as práticas culturais e fornecer informações aos produtores para o fortalecimento do cultivo para aumentar os ganhos e alcançar métodos para lidar com a atual falta de água do Nordeste.

Diante disto, objetivou-se fazer uma revisão bibliográfica sobre o efeito do ácido salicílico e do choque à frio sobre o estresse hídrico em sementes.

2. Desenvolvimento

2.1. Ácido salicílico

O ácido salicílico (SA) pertence a um grupo de moléculas denominadas salicilatos, são compostos fenólicos sintetizados por plantas, que possuem um anel aromático e um grupo hidroxila (Maruri-Lopez et al., 2019). Mesmo antes da identificação química dos salicilatos, por milhares de anos, os humanos os usaram como analgésicos (Klessig et al., 2018). Embora os efeitos e benefícios da aspirina em humanos para tratar febre, dor ou inchaço e reduzir o risco de ataque cardíaco, derrame e certos tipos de câncer tenham sido bem descritos e estudados (Klessig et al., 2018), seu papel como metabólito secundário na biologia vegetal foi caracterizado apenas no final do século XX (Maruri-Lopez et al., 2019).

Os fitohormônios relacionados à defesa geral fazem parte do que é chamado de resistência adquirida sistemática da planta e resistência sistêmica induzida (Pieterse et al., 2012; Fu; Dong, 2013). Dentre os vários fitohormônios, o ácido salicílico foi caracterizado classicamente como papel de defesa das plantas (Pieterse et al., 2012).

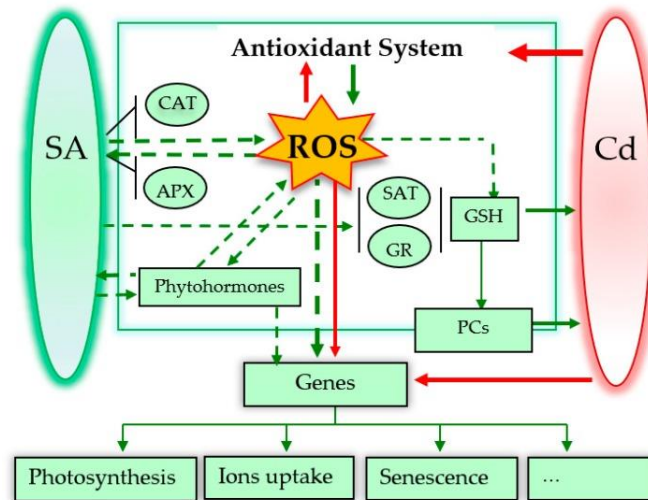
O ácido salicílico é um composto pertencente ao grupo dos compostos fenólicos e que está presente em grande parte das plantas (Vlot et al., 2009; Klessig et al., 2018). Apresenta várias funções, destacando-se inibição da germinação e do crescimento, interferência na absorção de raízes, redução da transpiração e causa

a abscisão foliar em algumas espécies (Kerbaui, 2008). Estudos também relatam que o ácido salicílico tem capacidade de ativar peroxidases, tendo um importante papel no processo bioquímico com a biossíntese de suberina e lignina que estão envolvidas no reforço das paredes das células, e essas substâncias são de grande importância para a proteção da planta (Sakhautdinova, 2004).

O AS pode atuar como um importante regulador da fotossíntese pela influência da atividade do rubisco, contribuição para a aclimação da luz e homeostase redox, e a função do interruptor estomático (Vicente; Plasencia, 2011), além disso, também pode impedir a destruição da clorofila, isso aconteceu com o milho (Kranter et al., 2008), soja (Noriega et al., 2012) e linho (Belkhadi et al., 2010).

O ácido salicílico é bem conhecido como molécula sinalizadora na indução do sistema defensivo das plantas a estresses bióticos ou abióticos (Dong et al., 2014). Sob estresse, a biossíntese aprimorada de ácido salicílico endógena foi intimamente relevante com o aumento das atividades de enzimas antioxidantes nas sementes e no crescimento de plântulas (Wang et al., 2013). É bem sabido que o SA sinaliza a resistência das plantas através da modulação do metabolismo de ROS, especialmente H_2O_2 , o modo de sua ação envolve a ligação do AS diretamente para catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX), duas enzimas importantes (Durner; Klessig, 1996; Hernández et al., 2017) (Figura 1). Esse cenário causa danos significativos a lipídios, proteínas, ácidos nucleicos e, no pior dos casos, até a morte celular e o crescimento atrofiado das plantas (Dangol et al., 2019). Em um experimento realizado com sementes de milho demonstrou que o revestimento tratado com ácido salicílico e submetido a estresse térmico ($5^\circ C$) a quantidade de enzimas eram obviamente mais altas do que as não tratadas com o ácido, aumentando a tolerância ao resfriamento na espécie (Guan et al., 2009).

Figura 1. Atividade do ácido salicílico sobre a toxicidade de cádmio nas plantas.



Fonte: Guo et al. (2019).

Como um fitohormônio multifacetado, o AS desencadeia processos fisiológicos e bioquímicos durante todos os estágios de desenvolvimento da planta, incluindo germinação de sementes, crescimento vegetativo, produção de sementes e senescência (Vicente; Plasencia, 2011), além de atribuir positivamente na captação nutricional das plantas. Em plantas transgênicas de *Arabidopsis* submetidas ao AS teve um estágio vegetativo mais longo e maior taxa de crescimento em comparação com as plantas do tipo selvagem (Abreu; Munné-Bosch, 2009).

2.2. Choque à frio

A temperatura é um fator que influencia as reações bioquímicas que regulam o metabolismo necessário para iniciar o crescimento do embrião e, em consequência, a porcentagem e a velocidade de germinação (Carvalho; Nakagawa, 2012).

Existe proteínas que são formadas em resposta à elevações repentinas de temperatura (5 a 10 °C), denominadas de proteínas de choque térmico (HSP) que auxiliam as células a suportar o estresse (Taiz; Zeiger, 2013). Alguns estudos mostram que o choque frio libera substâncias osmoprotetoras (dissacarídeos, poliaminas, enzimas extratoras), ajudando na germinação das sementes e no desenvolvimento da planta em ambientes com pouca disponibilidade hídrica (Kumari et al., 2006).

A síntese de HSPs podem ser aumentadas por elevada concentração de compostos fenólicos (Rivero et al., 2001) ou envolvimento por alguns aminoácidos (Machado Neto et al., 2004) e uma série de compostos incluindo oligossacarídeos, glicoproteínas e peptídeos mediam a indução das reações de defesa (Jung et al., 2000).

Quando ocorre a termotolerância através das HSPs, para conter os efeitos do estresse, a planta sofre aclimação por meio de mudanças no fluxo metabólico por meio da supressão de rotas metabólicas, envolvendo a produção de espécies reativas de oxigênio e induzindo a síntese de proteínas de choque térmico (HSPs) (Custódio et al., 2009).

As sementes de *Vigna unguiculata* L. pré-tratadas a 7°C foram indicativas de tolerância cruzada, pois demonstram que sementes que passaram pelo choque térmico melhoraram o nível de resposta ao estresse hídrico (Colman et al., 2014). Resultados semelhantes foram encontrados por Custódio et al. (2009), onde aplicação de choque térmico (7°C) em sementes de *Phaseolus vulgaris* L. permitiu que futuras plântulas suportassem ao estresse hídrico.

3. Conclusão

O ácido salicílico pode inibir ou promover a germinação de sementes e o choque à frio potencializa esse resultado, necessitando aplica-los em diversas espécies e estudar o seu efeito na cultura.

4. Considerações finais

O ácido salicílico é um importante hormônio que age diretamente no metabolismo da planta, bastante conhecido como sinalizador, influenciando a germinação e desenvolvimento do mesmo. A baixa temperatura pode promover a produção de proteínas que ajudam a suportar o estresse e potencializa o efeito do ácido salicílico.

5. Referências

Abreu, M. E.; Munné-Bosch, S. (2009). Salicylic acid deficiency in *NahG* transgenic lines and *sid2* mutants increases seed yield in the annual plant *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Experimental Botany.**, 60(4), 1261–1271.

Agostini, E. A. T. (2010). **Indução de tolerância à deficiência hídrica na germinação e crescimento inicial de sementes de feijoeiro**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, SP, 44f, Brasil.

Belkhadi, A.; Heidiji, H.; Abbes,Z.; Nouairi, I. (2010). Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on

cadmium toxicity and leaf lipid content in *Linum usitatissimum*, L. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 73(5), 1004–1011.

Carvalho, N. M.; Nakagawa, J. (2012). **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. (4nd ed.). Jaboticabal: FUNEP, 588p.

Colman, B. A.; Nunes, C. M.; Masson, G. L.; Barbosa, R. H.; Nunes, A. S. (2014). Indução de tolerância ao estresse hídrico na germinação de sementes de feijão-caupi. **Comunicata Scientiae**, 5(4), 449-455.

Custódio, C.C.; Vivan, M. R.; Nunes, R. C. A.; Agostini, E. A. T. (2009). Tolerância cruzada induzida por choque térmico na germinação de semente de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, 31(1), 131-143.

Dangol, S.; Chen, Y.; Hwang, B. k.; Jwa, N. S. (2019). Iron-and reactive oxygen species-dependent ferroptotic cell death in rice-Magnaporthe oryzae interactions. **Plant Cell.**, 31(1), 189–209.

Dong, C. J.; Li, L.; Shang, Q. m.; Liu, X. Y.; Zhang, Z. G. (2014). Endogenous salicylic acid accumulation is required for chilling tolerance in cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings. **Planta**, 240(4), 687–700.

Durner, J.; Klessig, D. F. (1996). Salicylic acid is a modulator of tobacco and mammalian catalases. **Journal of Biological Chemistry**, 271(45), 28492–28501.

FU, Z. Q.; DONG, X. (2013). Systemic acquired resistance: turning local infection into global defense. **Annual Review of Plant Biology**, 64(1), 839–863.

Galon, L.; Tironi, S. P.; Rocha, A. A.; Soares, E. R.; Concenção, G.; Alberto, C. M. (2011). Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho. **Revista Tropica: Ciências Agrárias e Biológicas**, 4(3), 18-38.

Guan, Y. J.; Hu, J.; Wang, X. J.; Shao, C. X. (2009). Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. **Journal of Zhejiang University Science B**, 10(6), 427–433.

Guo, B.; Liu, C.; Liang, Y.; Li, N.; Fu, Q. (2019). Salicylic Acid Signals Plant Defence against Cadmium Toxicity. **International Journal of Molecular Sciences**, 20(12), 2960.

Hernández, J. A.; Díaz-Vivancos, P.; Espin, G. B.; Clemente-Moreno, M. J.; (2017). “**On the role of salicylic acid in plant responses to environmental stresses,**” in **Salicylic Acid A multifaceted hormone**. Copenhagen, Denmark: SPRINGER, 17–34.

Jung, S.; Kim, J. S.; Cho, K. Y.; Tae, S.; Kang, B. G. (2000). Antioxidant responses of cucumber to photoinhibition and oxidate stress induced by norflurazon under high and low PPFDS. **Plant Science**, 153(2), 145-154.

Kerbauy, G. B. (2008). **Fisiologia Vegetal**. (2ª ed.), Rio de Janeiro: GAUANABARA KOOGAN, 431p.

Klessig, D. F.; Choi, H. W.; Dempsey, D. M. A. (2018). Systemic acquired resistance and salicylic acid: past, present, and future. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, 31(9), 871-888.

- Krantev, A.; Yordanova, R.; Janda, T.; Szalai, L.; Popova, L. (2008). Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants. **Journal of Plant Physiology**, 165(9), 920–931.
- Kumari, G. J.; Reddy, A. M.; Naik, S. T.; Kumar, S. G.; Prasanthi, J.; Sriranganayakulu, G.; Reddy, P. C.; Sudhakar, C. (2006). Jasmonic acid induced changes in protein pattern, antioxidative enzyme activities and peroxidase isozymes in peanut seedlings. **Biologia Plantarum**, 50(2), 219-226.
- Machado Neto, N. B. Custodio, C.; Gatti, A.; Priolli, M.; Cardoso, V. (2004). Proline: use as an indicator of temperature stress in bean seeds. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 4(3), 330-337.
- Maruri-Lopez, I.; Aviles-Baltazar, N. Y.; Buhala, A.; Serrano, M. (2019). Intra and Extracellular Journey of the Phytohormone Salicylic Acid. **Frontiers in Plant Science**, 10(423), 1-11.
- Matias, J.R.; Silva, T.C.F.S.; Ramos, D.L.D.; Santos, R.S.; Aragão, C.A.; Dantas, B.F. (2012). Germinação em água bioessalina de sementes de pepino osmocondicionadas. **Horticultura Brasileira**, 30(2), 7757-7764.
- Noriega, G.; Caggiano, E.; Lecube, M. L.; Cruz, D. S.; Batlle, A.; Tomaro, M.; Balestrasse, K. B. (2012). The role of salicylic acid in the prevention of oxidative stress elicited by cadmium in soybean plants. **BioMetals**, 25(6), 1155–1165.
- Pierterse, C. M.; Van Der, D.; Zamioudis, C.; Leon-Reyes, A.; Van Wees, S. C. (2012). Hormonal modulation of plant immunity. **Annual Review of Cell and Developmental Biology**, 28(1), 489-521.
- Rivero, R. M.; Ruiz, J. M.; García, P. C.; López-Lefebre, L. R.; Sánchez, E.; Romero, L. (2001). Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. **Plant Science**, 160(2), 315-321.
- Sakhabutdinova, A. R.; Fatkhutdinova, D. R.; Shakirova, F. M. (2004). Effect of salicylic acid on the activity of antioxidant enzymes in wheat under conditions of salination. **Applied Biochemistry Microbiology**, 40(5), 501-505.
- Souza, T. C.; Magalhães, P. C.; Pereira, F. J.; Castro, E. M.; Silva Júnior, J. M.; Parentoni, S. N. (2010). Leaf plasticity in successive selection cycles of ‘Saracura’ maize in response to soil flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 45(1), 16- 24.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2013). **Fisiologia vegetal**. (5. ed.), Porto Alegre: ARTMED, 918p.
- Vicente, R. S.; Plasencia, J. (2011). Salicylic acid beyond defence: Its role in plant growth and development. **Journal of Experimental Botany**, 62(10), 3321–3338.
- Vlot, A. C.; Dempsey, D. A.; Klessig, D. F. (2009). Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. **Annual Review of Phytopathology**, 47(1), 177–206.
- Wang, Y.; Wen, T.; Hu, J.; Han, R.; Zhu, Y.; Guan, Y.; Zhu, S. (2013). Relationship between endogenous salicylic acid and antioxidant enzyme activities in maize seedlings under chilling stress. **Experimental Agriculture**, 49(2), 295-308.