

Potencial fisiológico de sementes de pimentão condicionadas com diferentes doses de ácido salicílico

Physiological potential of pepper seeds primed with different doses of salicylic acid

Flávia **BEDIN**¹ & Vanessa Neumann **SILVA**^{1,2}

RESUMO

O condicionamento de sementes pode ser interessante para hortaliças. Objetivou-se no presente trabalho avaliar o efeito de diferentes doses de ácido salicílico no condicionamento fisiológico de sementes de diferentes cultivares de pimentão. Utilizaram-se sementes dos cultivares All Big e Ikeda, e as doses de ácido salicílico de: 0, 0,1, 0,2 e 0,4 (mM). Após o condicionamento, as sementes foram avaliadas quanto a: porcentagem e velocidade de germinação; germinação em estresse salino; crescimento de plântulas em condições normais e em estresse salino; envelhecimento acelerado. Verificou-se que o condicionamento fisiológico de sementes de pimentão tem efeitos diferenciais para os cultivares All Big e Ikeda. Para o cultivar All Big, o condicionamento fisiológico com 0,35 mM de ácido salicílico é eficiente para promover melhoria no potencial de germinação. O condicionamento fisiológico de sementes de pimentão com ácido salicílico não promove melhorias na velocidade de germinação e no comprimento de plântulas, para ambos os cultivares analisados, em condições normais, e para todas as variáveis testadas em meio salino. O condicionamento fisiológico de sementes de pimentão com 0,4 mM de ácido salicílico promove maior germinação de sementes após o envelhecimento acelerado para o cultivar Ikeda, contudo sem efeitos positivos no cultivar All Big.

Palavras-chave: All Big; *Capsicum annuum*; condicionamento fisiológico; germinação; Ikeda.

ABSTRACT

Seed conditioning can be interesting for vegetables. The objective of the present work was to evaluate the effect of different doses of salicylic acid on the physiological conditioning of seeds of different sweet pepper cultivars. Seeds of the All Big and Ikeda cultivars were used, and salicylic acid doses of: 0, 0.1, 0.2, and 0.4 (mM) were used. After conditioning, the seeds were evaluated for: germination percentage and speed, germination under saline stress, seedling growth under normal and saline stress conditions, and accelerated aging. It was possible to verify that the physiological conditioning of pepper seeds has differential effects for the cultivars All Big and Ikeda. For the All Big cultivar, physiological conditioning with 0.35 mM salicylic acid is efficient to promote improvement in germination potential. The physiological conditioning of pepper seeds with salicylic acid does not promote improvements in germination speed and in seedling length, for both cultivars tested, under normal conditions, and for all variables tested in saline medium. The physiological conditioning of sweet pepper seeds with 0.4 mM of SA promotes greater seed germination after accelerated aging, for the Ikeda cultivar, however, without positive effects on the All Big cultivar.

Keywords: All Big; *Capsicum annuum*; germination; Ikeda; seed priming.

Recebido em: 9 maio 2022

Aceito em: 10 jun. 2022

¹ Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Chapecó, Rodovia SC 484, km 2, Estrada para Guatambu, Bairro Fronteira Sul – CEP 89815-899, Chapecó, SC, Brasil.

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

INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) pertence à família das solanáceas e é produzido em praticamente todas as regiões brasileiras. Trata-se de uma hortaliça de elevada importância, cujos frutos são fonte de compostos bioativos importantes, tais como flavonoides e carotenoides (CARUSO *et al.*, 2019).

O cultivo de pimentão é realizado, em sua grande maioria, com sementes, para a produção de mudas e o posterior transplante. O uso de sementes de alta qualidade e vigor é, portanto, fundamental para garantir um padrão de plantas ideal e uniforme na área.

O tratamento de sementes de hortaliças pode contribuir para a melhoria do potencial fisiológico e, por consequência, da eficiência na etapa de produção de mudas e na implantação da cultura. Diferentes procedimentos de tratamento de sementes de hortaliças podem ser adotados, sendo os mais comuns: peletização, para aumento e uniformização do tamanho da semente; recobrimento ou *film coating*, para adição de insumos e, também, o condicionamento fisiológico. Este último, também conhecido como *priming*, baseia-se na hidratação controlada, por tempo determinado, desde que não ocorra a emissão da raiz primária; visa melhorar a velocidade de germinação e minimizar alguns efeitos negativos de patógenos e condições climáticas adversas (PEREIRA *et al.*, 2015).

Ao estudar o impacto do condicionamento fisiológico de sementes em cultivos hortícolas, Zulfiqar (2021) constatou que o condicionamento de sementes pode reduzir os efeitos celulares experimentados durante eventos de estresse abióticos e bióticos.

Tombegavani *et al.* (2020) verificaram que o condicionamento de sementes de pimentão com giberelinas se mostrou uma técnica eficiente para a melhoria da germinação e o crescimento de plantas. Já o condicionamento de sementes de pimentão com água e/ou nanoquitina proporciona maior velocidade de germinação e melhorias na emergência de plântulas (SAMARAH *et al.*, 2016). Em outro trabalho de pesquisa, verificou-se que, para sementes de pimenta (*Capsicum frutescens*), espécie do mesmo gênero do pimentão, o condicionamento das sementes com extratos de algas aumentou significativamente a porcentagem e a velocidade de germinação, a massa das plântulas e o vigor delas (DUTTA *et al.*, 2019).

O ácido salicílico (AS) é um metabólito secundário de plantas, com efeitos hormonais e de defesa já conhecidos e amplamente explorados na literatura científica. Algumas pesquisas mostraram sua predisposição para melhorar o potencial fisiológico de sementes, sendo utilizado em diversos tipos de tratamento destas, como, por exemplo, para berinjela (ALI *et al.*, 2019), tomate (GALVIZ *et al.*, 2021), manjeriço (KULAK *et al.*, 2021) etc.

Em relação aos efeitos do AS na tolerância a estresses abióticos, em pesquisa realizada com tomate tipo *grape* a aplicação de 100 mg.L⁻¹ de AS, via condicionamento de sementes, mostrou resultados satisfatórios, e os autores afirmam que esse tratamento pode ser recomendado quando plantas de tomate estiverem crescendo em solos com moderado déficit hídrico (CHAKMA *et al.*, 2021). Resultados positivos do condicionamento com AS foram verificados também para tolerância a estresse por altas temperaturas e salinidade em sementes de tomate (GHOOHESTANI *et al.*, 2012; SINGH & SINGH, 2016) e para tolerância a baixas temperaturas em sementes de quiabo (BAHADOORI *et al.*, 2016). De acordo com Rhaman *et al.* (2021), o condicionamento de sementes com AS aumenta a afinidade de integração entre os fito-hormônios, como resultado da biossíntese dos genes reguladores de giberelinas (GAs) e dos genes do catabolismo do ácido abscísico (ABA), melhorando a regulação das vias de sinalização de GAs e ABA.

Pesquisas recentes indicam também efeitos do condicionamento de sementes com AS na melhoria do vigor. Nazari *et al.* (2020) observaram que o condicionamento de sementes de soja com AS atenuou o efeito adverso da deterioração das sementes, causado pelo envelhecimento acelerado, nas características relacionadas à germinação, aumentando a atividade de enzimas e reduzindo o teor de malondialdeído.

São escassos, contudo, os estudos realizados com cultivares de pimentão disponíveis no Brasil, nessa temática. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de AS no condicionamento fisiológico de sementes de diferentes cultivares de pimentão.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Sementes da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Chapecó, no ano de 2021. O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado, com esquema fatorial 2 x 4 (cultivares x doses). Utilizaram-se sementes de pimentão dos cultivares All Big e Ikeda, da empresa Isla Sementes. O tratamento de sementes foi efetuado com soluções de AS nas doses de: 0, 0,1, 0,2 e 0,4 mM.

O condicionamento fisiológico das sementes foi feito com os períodos de 28 e 70 h de embebição, para os cultivares All Big e Ikeda, respectivamente. Para determinar tais tempos, realizaram-se previamente curvas de embebição, adotando-se o tempo anterior à protrusão da raiz primária como o período ideal para o procedimento. O condicionamento foi feito da seguinte forma: 2 g de sementes, para cada tratamento, de cada cultivar, foram dispostos entre três folhas de papel *Germitest* sobre tela metálica, em caixas plásticas do tipo *gerbox*, umedecidas com a solução de AS, com 40 mL de solução no interior da caixa. As sementes foram submetidas à câmara de germinação regulada na temperatura de 25°C. O condicionamento foi realizado até o período anterior à protrusão da raiz primária, conforme Marcos-Filho (2015). Após o condicionamento, as sementes foram submetidas a diferentes testes, para avaliação do potencial fisiológico, conforme metodologia a seguir.

Teste de germinação: quatro repetições com 50 sementes foram distribuídas sobre duas folhas de papel *Germitest* umedecido 2,5 vezes o seu peso com água destilada, em caixas plásticas do tipo *gerbox*, e submetidas à câmara de germinação regulada a 25°C. As avaliações foram realizadas aos 7 e 14 dias após a sementeira, com contagens de plântulas normais, de acordo com os critérios estabelecidos nas *Regras para análise de sementes* (BRASIL, 2009).

Índice de velocidade de germinação: realizaram-se contagens diárias de sementes germinadas, durante o teste de germinação, e o índice foi calculado de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962).

Teste de germinação em meio salino: procedeu-se de forma semelhante à do teste de germinação, porém com uso de solução salina de cloreto de sódio (60 mM) para umedecimento do papel *Germitest*. Efetuaram-se ensaios preliminares, testando diferentes concentrações de cloreto de sódio, a fim de verificar aquela com maior estresse para germinação e crescimento de plântulas, testando-se 0, 20, 40 e 60 mM de cloreto de sódio, para determinar a condição de salinidade a ser utilizada (AHMED *et al.*, 2020).

Comprimento de plântulas: aos 14 dias após a sementeira, foram retiradas 20 plântulas, de cada repetição de cada tratamento, nos testes de germinação (teste padrão e teste em meio salino), e determinou-se o comprimento de raiz e de parte aérea, com auxílio de régua graduada, expressando-se os resultados em cm (NAKAGAWA, 1999).

Teste de envelhecimento acelerado: as sementes de pimentão foram dispostas sobre tela metálica, em caixas plásticas do tipo *gerbox*, e colocadas em câmara de germinação regulada a 41°C por 48 horas (PANOBIANCO & MARCOS FILHO, 1998). Após esse período, as sementes foram dispostas sobre duas folhas de papel *Germitest* umedecidas com água destilada. Na sequência as sementes foram acondicionadas em caixas *gerbox* e submetidas ao teste de germinação, a 25°C em câmara de germinação, conforme metodologia já descrita anteriormente. Foram avaliadas aos sete dias após a sementeira, de acordo com os critérios estabelecidos nas *Regras para Análise de Sementes* (BRASIL, 2009).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, comparação de médias pelo teste de Tukey para o fator cultivar e regressão para o fator doses ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a variável *porcentagem de germinação*, verificaram-se diferenças entre os cultivares, com melhor desempenho de Ikeda (tabela 1). Notou-se efeito de dose, com melhor resposta na dose estimada de 0,35 mM para o cultivar All Big (figura 1). Já para Ikeda, nenhuma dose de AS utilizada possibilitou incrementos na germinação. É possível que, para o cultivar Ikeda, não tenha ocorrido efeito benéfico dos tratamentos, visto que as sementes já possuíam alto potencial, com 90% de germinação no tratamento testemunha. Para All Big, que apresentou baixo potencial inicial, os tratamentos foram mais eficientes.

Efeitos positivos do condicionamento de sementes com AS já foram reportados previamente: Cano-González *et al.* (2021) observaram melhorias na germinação de sementes de pimenta Píquin (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*), com maior potencial atingido em sementes embebidas em solução de AS a 5 mM por 2 horas. De acordo com Mokthari & Kizilgeci (2021), resultados positivos do condicionamento de sementes com AS podem estar associados à maior atividade da alfa-amilase em sementes condicionadas. Enzimas amilases são importantes para a germinação de sementes, por conta da participação direta na mobilização de reservas armazenadas na semente, pela quebra do amido (HAJIHASHEMI *et al.*, 2020), com liberação de açúcares solúveis necessários para a respiração e para o crescimento da plântula (LI *et al.*, 2013).

Tabela 1 – Valores médios de germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) e comprimento de parte aérea de plântulas (CPA), obtidos de sementes de diferentes cultivares de pimentão, condicionadas com diferentes doses de ácido salicílico.

Cultivares	Doses (mMol)				CV (%)
	0	0,1	0,2	0,4	
Germinação (%)					
All Big	54 b*	63 b	66 b	66 b	6,0
Ikeda	90 a	80 a	87,5 a	85,5 a	
IVG					
All Big	77,2 b*	77,3 b	76,3 b	77,4 b	4,1
Ikeda	134,5 a	129,7 a	133,0 a	143,0 a	
CPA (cm)					
All Big	1,83 a	1,68 aw	1,77 a	1,85 a	3,9
Ikeda	1,76 a	1,68 a	1,75 a	1,72 b	

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

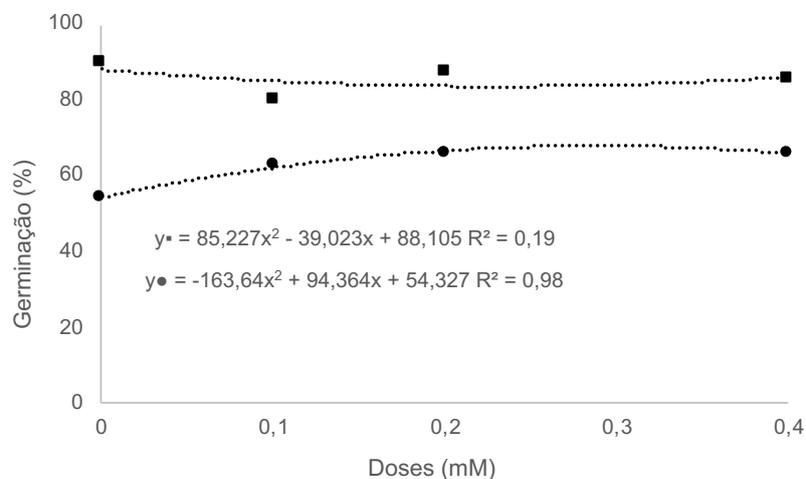


Figura 1 – Valores médios de germinação de sementes de pimentão, cultivares All Big (●) e Ikeda (■), em função do condicionamento fisiológico com diferentes doses de ácido salicílico. Fonte: primária.

Quanto às diferenças na resposta de cultivares ao condicionamento fisiológico, resultados semelhantes ao aqui obtido já foram encontrados por outros autores para várias espécies, tais como arroz (HUSSAIN *et al.*, 2016), canola (GHASSEMI-GOLEZANI *et al.*, 2010), trigo (ISLAM *et al.*, 2015), entre outras. De acordo com Saboor *et al.* (2019), a eficiência do condicionamento é influenciada por vários fatores, como temperatura, disponibilidade de oxigênio, espécies vegetais, métodos de condicionamento, duração do condicionamento e qualidade das sementes. As condições ideais para o *priming*³ podem variar de espécie para espécie e até mesmo entre diferentes cultivares de uma espécie.

No que concerne ao índice de velocidade de germinação, notaram-se apenas diferenças entre os cultivares, sem efeitos de doses e interação entre os fatores, com melhor resposta de Ikeda (tabela 1), de forma semelhante ao resultado de porcentagem de germinação.

Em relação ao crescimento de plântulas, foram constatados efeitos dos tratamentos para o comprimento de raízes, com pequeno acréscimo no cultivar All Big, na dose de 0,2 mM, porém com redução em Ikeda, em função do aumento das doses de AS (figura 2). Já para o comprimento de parte aérea, de forma geral, não se observaram diferenças entre os tratamentos utilizados, averiguando-se apenas maior média para o cultivar All Big na dose de 0,4 mM, comparativamente a Ikeda (tabela 2). As doses testadas no presente estudo não foram suficientes para causar uma resposta positiva no incremento do crescimento de plântulas.

O papel do AS na germinação de sementes tem sido controverso, pois há relatos conflitantes, sugerindo que o AS pode inibir a germinação ou aumentar o vigor das sementes; os efeitos contraditórios relatados podem estar relacionados às concentrações de AS empregadas (SAN VICENTE & PLACENCIA, 2011). De acordo com Koo *et al.* (2020), geralmente altos níveis de AS (dependentemente da espécie de planta, no entanto concentrações maiores que 1 mM podem ser consideradas como alta concentração) regulam negativamente o desenvolvimento e o crescimento das plantas. Avaliando o efeito de diferentes concentrações de AS de sementes de *Arabidopsis*, Pasternak *et al.* (2019) verificaram que concentrações abaixo de 50 µM promoveram o crescimento de raízes adventícias nas plântulas, contudo, em níveis maiores, houve completa inibição do crescimento.

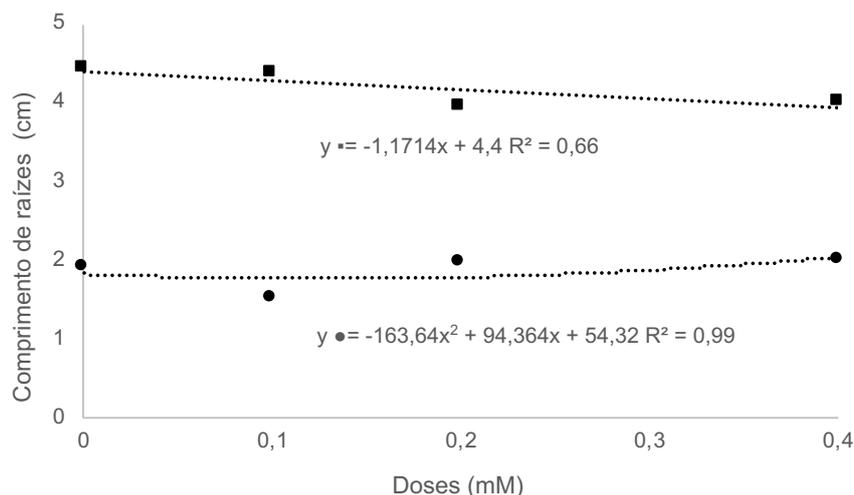


Figura 2 – Valores médios de comprimento de raízes de plântulas, obtidas de sementes de pimentão, cultivares All Big (●) e Ikeda (■), em função do condicionamento fisiológico com diferentes doses de ácido salicílico. Fonte: primária.

Quanto à germinação em meio salino, não foram encontradas diferenças entre os tratamentos de AS utilizados, tanto para porcentagem quanto para velocidade de germinação, com melhor potencial do cultivar Ikeda, de forma geral (tabela 2). Era esperado, de acordo com as informações levantadas

³ *Priming* = uma forma de tratamento de sementes, realizada previamente à semeadura.

na literatura, que o teste realizado em meio salino causasse reduções de germinação, em função do estresse gerado, contudo percebeu-se que, para All Big, os valores médios de porcentagem de germinação foram maiores que os do teste padrão, mostrando um efeito benéfico dessa condição no potencial das sementes. É possível que as sementes de pimentão do cultivar All Big, por causa do seu baixo potencial inicial, tenham se beneficiado da embebição em meio salino, durante a realização do teste, o que deve ter contribuído para as maiores taxas de germinação observadas. Em trabalho com sementes de pimentão, averiguou-se que a embebição em soluções de 50 mM de NaCl por 24 horas melhorou o potencial fisiológico das sementes (ALOU *et al.*, 2014), nível bem similar à condição de salinidade adotada na presente pesquisa, que foi de 60 mM de NaCl. É provável que, no caso das sementes do cultivar All Big utilizadas na presente pesquisa, a solução salina tenha criado uma condição semelhante à do *halopriming*, que é um procedimento de condicionamento fisiológico realizado com a embebição de sementes em soluções de sais inorgânicos; o *halopriming* aumenta a atividade da maioria das enzimas envolvidas na germinação de sementes e altera a mobilização de substâncias orgânicas para diferentes partes do embrião (JOHNSON & PUTHUR, 2021).

Tabela 2 – Valores médios de germinação (GSal), índice de velocidade de germinação (IVG Sal), comprimento de parte aérea de plântulas (CPA Sal) e comprimento de raízes (CR Sal) de plântulas em meio salino, obtidas de sementes de diferentes cultivares de pimentão, condicionadas com diferentes doses de ácido salicílico.

Cultivares	Doses (mM)				CV (%)
	0	0,1	0,2	0,4	
GSal					
All Big	81,5 b	83,5 a	83,5 a	80,5 a	6,4
Ikeda	89,5 a	89,5 a	71,5 b	87,5 a	
IVG Sal					
All Big	59,2 b	62,8 b	64,0 b	61,7 b	4,0
Ikeda	126,2 a	137,6 a	149,6 a	150,0 a	
CPA Sal (cm)					
All Big	2,2 a	2,0 a	2,0 a	2,2 a	5,0
Ikeda	1,7 b	1,6 b	1,6 b	1,7 b	
CR Sal (cm)					
All Big	2,9 b	2,9 b	2,8 b	3,2 b	6,2
Ikeda	3,8 a	3,9 a	3,5 a	3,9 a	

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

Para o crescimento de plântulas em meio salino, também não se constataram efeitos benéficos do condicionamento com AS, apenas diferenças entre os cultivares, com melhor desempenho de All Big para comprimento de parte aérea e de Ikeda para comprimento de raízes (tabela 2). Resultado semelhante foi verificado por Shumaila & Ulla (2020) para sementes de pimentão dos cultivares Mercury e Ganga, utilizados no Paquistão; no trabalho em questão, os autores observaram que as sementes submetidas a níveis de salinidade de 60 mM e 80 mMol de NaCl tiveram taxas de germinação de 76,6 e 66,6%, respectivamente, e estes foram valores muito semelhantes aos do tratamento controle (76%), não ocorrendo estresse no nível previsto.

Quanto ao vigor de sementes avaliado pelo envelhecimento acelerado, encontraram-se diferenças entre os cultivares, doses de AS e interação entre os fatores. Para ambos os cultivares, houve um pequeno acréscimo na germinação de sementes após o envelhecimento no tratamento com 0,4 mM de AS, em comparação à testemunha, contudo, na dose de 0,2 mM, houve redução do potencial de germinação, com efeito negativo do tratamento (figura 3).

É possível que o condicionamento de sementes de pimentão com a dose de 0,4 mM tenha propiciado aumento de germinação após o envelhecimento acelerado, por contribuir para a atividade e expressão de enzimas importantes nesse processo. Parmoon *et al.* (2017), ao avaliar o efeito do

condicionamento fisiológico de sementes de *Silybum marianum*, verificaram que a dose de 1 g.L⁻¹ de AS teve grande impacto em recuperar as sementes dos efeitos deletérios do envelhecimento, em função da maior atividade de enzimas como catalase, polifenoloxidase e peroxidase. O armazenamento prolongado de sementes ou o envelhecimento artificial resulta no comprometimento de enzimas antioxidantes, as quais são fundamentais para o vigor de sementes; o sistema antioxidante enzimático possui uma série de enzimas que eliminam o excesso de espécies reativas de oxigênio (ERO) e mantêm um equilíbrio entre ERO e antioxidantes (SURESH *et al.*, 2019).

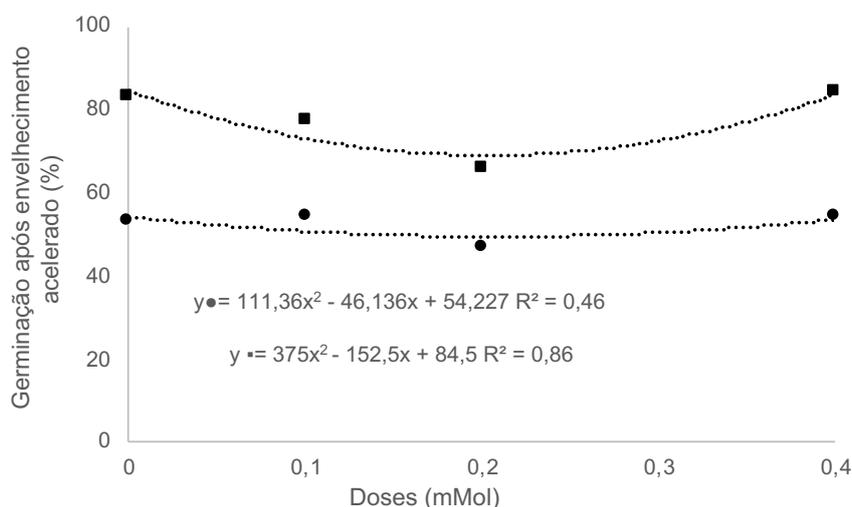


Figura 3 – Valores médios de germinação após o teste de envelhecimento acelerado de sementes de pimentão, cultivares All Big (●) e Ikeda (■), em função do condicionamento fisiológico com diferentes doses de ácido salicílico. Fonte: primária.

CONCLUSÕES

O condicionamento fisiológico de sementes de pimentão tem efeitos diferenciais para os cultivares All Big e Ikeda. Para All Big, o condicionamento fisiológico com 0,35 mM de AS é eficiente para promover melhoria no potencial de germinação. O condicionamento fisiológico de sementes de pimentão com AS não promove melhorias na velocidade de germinação, assim como no comprimento de raízes e parte aérea de plântulas, para ambos os cultivares testados, em condições normais e para todas as variáveis testadas em meio salino. O condicionamento fisiológico de sementes de pimentão com 0,4 mM de AS promove maior germinação de sementes após o envelhecimento acelerado para o cultivar Ikeda, contudo sem efeitos positivos em All Big.

REFERÊNCIAS

- Ahmed, W., Imran, M., Yassen, M., ul Haq, T., Jamshaid, M. U., Rukh, S., Ikrham, R. M., Ali, M., Ali, A., Maqbool, M., Arif, M., Khan, M. A. Role of salicylic acid in regulating ethylene and physiological characteristics for alleviating salinity stress on germination, growth and yield of sweet pepper. *Peer J.* 2020; e8475. doi: <http://doi.org/10.7717/peerj.8475>
- Ali, M., Hayat, S., Ahmad, H., Ghani, M. I., Amin, B., Atif, M. J., Cheng, Z. Priming of *Solanum melongena* L. seeds enhances germination, alters antioxidant enzymes, modulates ros, and improves early seedling growth: indicating aqueous garlic extract as seed-priming bio-stimulant for eggplant production. *Applied Sciences.* 2019; 9(11): e2203. doi: <https://doi.org/10.3390/app9112203>
- Aloui, H., Souguir, M., Hannachi, S. Determination of an optimal priming duration and concentration protocol for pepper seeds (*Capsicum annuum* L.). *Acta Agriculturae Slovenica.* 2014; 103(2): 213-221. doi: <https://doi.org/10.14720/aas.2014.103.2.6>

Bahadoori, S., Behrooz, E., Mokhtar, H., Surur, K., Mosadegh, P. S., Hassankeloo, N. T., Alireza, G. Effects of seed priming with salicylic acid and polyamines on physiological and biochemical characteristics of okra (*Abelmoschus esculentus*) under low temperature stress. *Journal of Plant Process and Function*. 2016; 5(17): 145-156.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília; 2009. 395 p.

Cano-González, M. A., Ayil-Gutierrez, B. A., Delgado-Martínez, R., Osorio-Hernández, E., Rangel-Lúcio, J. A., Poot-Poot, W. A. Physiological potential of piquin pepper seeds in response to pregermination treatments. *Ciência & Agrotecnologia*. 2021; 45: e019521.

doi: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145019521>

Caruso, G., Stoleru, V. V., Munteanu, N. C., Sellitto, V. M., Teliban, G. C., Burducea, M., Tenu, I., Morano, G., Butnairu, M. Quality performances of sweet pepper under farming management. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2019; 47(2): 458-464.

doi: <https://doi.org/10.15835/nbha47111351>

Chakma, R., Biswas, A., Saekong, P., Ullah, H., Datta, A. Foliar application and seed priming of salicylic acid affect growth, fruit yield, and quality of grape tomato under drought stress. *Scientia Horticulturae*. 2021; 280(5): 1-11.

doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109904>

Dutta, S. K., Layek, J., Akoijam, R. S., Boopathi, T., Vanlalhmangaiha, S. S., Singh, S. B., Lungmuana, N. P. Seaweed extract as natural priming agent for augmenting seed quality traits and yield in *Capsicum frutescens* L. *Journal of Applied Phycology*. 2019; 31: 3803-3813.

doi: <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01871-0>

Galviz, Y. C., Bortolin, G. S., Guidorizi, K. A., Deuner, S., Reolon, F., Moraes, D. M. Effectiveness of seed priming and soil drench with salicylic acid on tomato growth, physiological and biochemical responses to severe water deficit. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2021. 21: 2364-2377.

doi: <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00528-7>

Ghassemi-Golezani, K., Jabbarpour, S., Zehtab-Salmasi, S., Mohammadi, A. Response of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars to salt priming of seeds. *African Journal of Agriculture Research*. 2010; 5(10): 1089-1094.

Ghoohestani, A., Gheisary, H., Zahedi, S., Dolatkahi, A. Effect of seed priming of tomato with salicylic acid, ascorbic acid and hydrogen peroxide on germination and plantlet growth in saline conditions. *International Journal of Agronomy and Plant Production*. 2012; 3: 700-704.

Hajihashemi, S., Skalicky, M., Brestic, M., Pavla, V. Cross-talk between nitric oxide, hydrogen peroxide and calcium in salt-stressed *Chenopodium quinoa* Willd. at seed germination stage. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2020; 154: 657-664.

doi: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.07.022>

Hussain, S., Khan, F., Hussain, H. A., Nie, L. Physiological and biochemical mechanisms of seed priming-induced chilling tolerance in Rice cultivars. *Frontiers in Plant Science*. 2016; 7: e116.

doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00116>

Islam, F., Yasmeen, T., Ali, S., Ali, B., Farooq, M. A., Gill, R. A. Priming-induced antioxidative responses in two wheat cultivars under saline stress. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2015. 37: e153.

doi: <https://doi.org/10.1007/s11738-015-1897-5>

Johnson, R., Puthur, J. T. Seed priming as a cost effective technique for developing plants with cross tolerance to salinity stress. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2021; 162: 247-257.

doi: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.02.034>

Koo, Y. M., Heo, A. Y., Choi, H. W. Salicylic acid as a safe plant protector and growth regulator. *Plant Pathology Journal*. 2020; 36(1): 1-10.

doi: <https://doi.org/10.5423/PPJ.RW.12.2019.0295>

Kulak, M., Jorrín-Novo, J. V., Romero-Rodríguez, M. C., Yildirim, E. D., Gul, F., Karaman, S. Seed priming with salicylic acid on plant growth and essential oil composition in basil (*Ocimum basilicum* L.) plants grown under water stress conditions. *Industrial Crops & Products*. 2021; 161: e113235.

doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113235>

- Li, X., Jiang, H., Liu, F., Cai, J., Dai, T., Cao, W., Jiang, G. Induction of chilling tolerance in wheat during germination by pre-soaking seed with nitric oxide and gibberellin. *Plant Growth Regulation*. 2013; 71: 31-40.
doi: <https://doi.org/10.1007/s10725-013-9805-8>
- Maguire, J. D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*. 1962; 2: 176-177.
- Marcos-Filho, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2. ed. Londrina: Abrates; 2015. 660 p.
- Mokthari, N. E. P., Kizilgeci, F. Influence of different priming materials on germination and alpha-amylase enzyme of Hybrids Sorghum seeds. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*. 2021; 5(2): 213-220.
doi: <https://doi.org/10.31015/jaefs.2021.2.11>
- Nakagawa, J. Testes de vigor baseados no crescimento de plântulas. In: Vieira, R. D., Carvalho, N. M. de. *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: Funep; 1999. 164 p.
- Nazari, R., Parsa, S., Afsrari, R. T., Mahmoodi, S., Seyyed, S. M. Salicylic acid priming before and after accelerated aging process increases seedling vigor in aged soybean seed. *Journal of Crop Improvement*. 2020; 34(2): 218-237.
doi: <https://doi.org/10.1080/15427528.2019.1710734>
- Panobianco, M., Marcos Filho, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão. *Revista Brasileira de Sementes*. 1998; 20(2): 306-310.
- Parmoon, G., Ebadie, A., Jahanbakhsh, S., Mossavi, A. S. Effect of salicylic acid on antioxidant enzymes of accelerated aging seeds of milk thistle (*Silybum marianum*). *Journal of Plant Process and Function*. 2017; 6(20): 57-63.
- Pasternak, T., Groot, E. P., Kazantsev, F. V., Teale, W., Omelyanchuk, N., Kovrizhnykh, V., Palme, K., Mironova, V. Salicylic acid affects root meristem patterning via auxin distribution in a concentration-dependent manner. *Plant Physiology*. 2019; 180(3): 1725-1739.
doi: <https://doi.org/10.1104/pp.19.00130>
- Pereira, R. B., Silva, P. P., Nascimento, W. M., Pinheiro, J. B. *Tratamento de sementes de hortaliças*. Embrapa: Brasília, DF; 2015. [Acesso em: 6 fev. 2022]. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/127656/1/CT-140X.pdf>.
- Rhaman, M. S., Imran, S., Rauf, F., Khatun, M., Baskin, C. C., Murata, Y., Hasanuzzaman, M. Seed priming with phytohormones: an effective approach for the mitigation of abiotic stress. *Plants*. 2021; 10(1): 37.
doi: <https://doi.org/10.3390/plants10010037>
- Saboor, A., Mustafa, G., Arshad, M., Ahmad, M., Hussain, S., Ahmed, N., Ahmad, S., Shahid, M., Ali, M. A. Seed priming and metal/metalloid stress tolerance in plants. In: Hasanuzzaman, M., Fotopoulos, V. *Priming and pretreatment of seeds and seedlings*. Springer Nature Singapore; 2019. E-book.
- Samarah, N. H., Wang, H., Welbaum, G. E. Pepper (*Capsicum annuum*) seed germination and vigour following nanochitin, chitosan or hydropriming treatments. *Seed Science & Technology*. 2016; 44(3): 1-15.
doi: <https://doi.org/10.15258/sst.2016.44.3.18>
- San Vicente, M. R., Placencia, J. Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany*. 2011; 62(10): 3321-3338.
doi: <https://doi.org/10.1093/jxb/err031>
- Shumaila, S., Ulla, S. Mitigation of salinity-induced damages in *Capsicum Annum* L. (Sweet Pepper) seedlings using priming techniques: a future perspective of climate change in the region. *Communications in soil science and plant analysis*. 2020; 51(12): 1602-1625.
doi: <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1791154>
- Singh, S. K., Singh, P. K. Effect of seed priming of tomato with salicylic acid on growth, flowering, yield and fruit quality under high temperature stress conditions. *International Journal of Advanced Research*. 2016; 4(2): 723-727.
- Suresh, A., Shah, N., Kotecha, M., Robin, O. Evaluation of biochemical and physiological changes in seeds of *Jatropha curcas* L. under natural aging, accelerated aging and saturated salt accelerated aging. *Scientia Horticulturae*. 2019; 255(20): 21-29.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.05.014>

Tombegavani, S. S., Zahedi, B., Fard, S. M., Ahmadpour, A. Response of germination and seedling growth of pepper cultivars to seed priming by plant growth regulators. *International Journal of Horticultural Science and Technology*. 2020; 7(1): 59-68.

doi: <https://doi.org/10.22059/ijhst.2020.274293.275>

Zulfiqar, F. Effect of seed priming on horticultural crops. *Scientia Horticulturae*. 2021; 286: e110197.

doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110197>