

Tratamento de sementes de pimentão com ácido salicílico - efeitos no potencial fisiológico de sementes e produção de mudas

Sweet pepper seed treatment with salicylic acid - effects on the physiological potential of seeds and seedling production

Vanessa Neumann Silva^{1*}, Flavia Bedin¹, Karolina Bressan Rheinheimer¹, Felipe Talian Janstch¹, Emely de Souza Mello¹ e Fernanda Macetti Mottin¹

¹ Universidade Federal da Fronteira Sul. Chapecó, Santa Catarina, Brasil.

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

Conflitos de Interesse:

Os autores declaram não ter conflito de interesse.

Contribuição do autor:

Todos os autores fizeram contribuições substanciais para a concepção e desenho deste estudo, para a análise e interpretação dos dados, revisão do manuscrito e aprovação da versão final. Todos os autores assumem responsabilidade pelo conteúdo do manuscrito.

Financiamento:

Universidade Federal da Fronteira Sul pelo projeto concedido número PES 2020 0085, contemplado no edital 270/2020.

Período de publicação:
Janeiro-Junho de 2023

Histórico:
Recebido: 29/07/2022;
Aceito: 29/05/2023

Editor responsável:
Enrique Benítez León y Nadia Sanabria Verón

Licença:
Artigo publicado em acesso aberto sob uma licença Creative Commons CC-BY 4.0

RESUMO

A qualidade da semente é um fator primordial no sucesso de cultivos. O tratamento de sementes pode contribuir para uniformizar parâmetros de qualidade de um lote de sementes, e por consequência da produção de mudas. Desta forma, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o efeito do tratamento de sementes de diferentes cultivares de pimentão, com doses de ácido salicílico, no potencial fisiológico de sementes e na produção de mudas. Os experimentos foram realizados em duas etapas: em laboratório para avaliação do potencial fisiológico, e em estufa agrícola, para avaliação do efeito dos tratamentos na produção de mudas. Foram utilizadas sementes de pimentão das cultivares All Big e Ikeda. O tratamento de sementes foi realizado com ácido salicílico nas doses de: 0, 0,1, 0,2, e 0,4 (mM). Após o tratamento as sementes foram submetidas a: teste de germinação, e crescimento de plântulas em condições normais e em meio salino (em laboratório). Na segunda etapa as sementes foram utilizadas na produção de mudas de pimentão em estufa agrícola, e avaliou-se: emergência de plantas, altura de plantas, número de folhas, comprimento de raízes, massa seca de plantas, durante 35 dias. Foi possível concluir-se que, nas condições em que foi realizada essa pesquisa não foram observados efeitos de incremento no potencial fisiológico de sementes de pimentão, cultivares All Big e Ikeda, em função do tratamento de sementes com doses entre 0 a 0,4mM de AS; assim como não se observou efeitos positivos de estímulo de crescimento de mudas. Ainda, observou-se redução em alguns parâmetros, tanto em laboratório, quanto em casa de vegetação, com o aumento das doses, especialmente para a cultivar Ikeda, que de maneira geral teve um efeito inibitório com o aumento das doses de AS.

Palavras-chave: *Capsicum annuum*, germinação, regulador de crescimento

ABSTRACT

Seed quality is a key factor for crops success. Seed treatment can contribute to standardizing seed quality parameters, and consequently seedling production. Thus, the objective of this research was to evaluate the effect of seed treatment of different sweet pepper cultivars, with doses of salicylic acid, on the physiological potential of seeds and seedling production. The experiments were carried out in two stages: in the laboratory to evaluate the physiological potential, and in an agricultural greenhouse, to evaluate the effect of treatments on seedling production. Bell pepper seeds of cultivars All Big and Ikeda were used. Seed treatment was performed with salicylic acid at doses of 0, 0.1, 0.2, and 0.4 (mM). After the treatment, the seeds were submitted to germination test, and seedling growth under normal conditions and in a saline medium (in the laboratory). In the second stage, the seeds were used in the production of sweet pepper seedlings in an agricultural greenhouse, and the following were evaluated: plant emergence, plant height, number of leaves, root length, and dry mass of plants during 35 days. It was possible to conclude that under the conditions in which this research was carried out, no effects were observed to increase the physiological potential of sweet pepper seeds, cultivars All Big and Ikeda, as a function of seed treatment with doses between 0 and 0.4 mM of SA; as well as no positive effects of stimulating the growth of seedlings were observed. Furthermore, a reduction was observed in some parameters, both in the laboratory and in the greenhouse, with increasing doses, especially for the Ikeda cultivar, which generally had an inhibitory effect with increasing AS doses.

Keywords: *Capsicum annuum*, germination, growth regulator

INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) pertence à família das Solanáceas, e é uma hortaliça de importância econômica e social no Brasil. No cultivo do pimentão a formação de mudas de qualidade é essencial para a obtenção de plantas vigorosas e produtivas (Castro e Melo et al., 2019). A produção de mudas de pimentão é realizada por meio de sementes, sendo a qualidade destas de fundamental importância, para a eficiência do sistema produtivo.

O tratamento de sementes pode contribuir para melhoria do potencial fisiológico da semente, e por consequência da produção de mudas. O tratamento de semente, usualmente, é realizado com concentração baixa de ingredientes ativos por hectare em comparação com as aplicações foliares, predominantemente devido à área de superfície reduzida e acelera a germinação e melhora o crescimento da planta em comparação com sementes não tratadas (Yaronskaya et al., 2006). Tratamentos que possibilitem acelerar a germinação e emergência de plantas são interessantes. Diversos trabalhos de pesquisa já foram realizados, estudando diferentes procedimentos para tratamentos visando especialmente o controle de patógenos; contudo, é importante avançar para outros aspectos, como a melhoria do aspecto fisiológico. O potencial fisiológico das sementes pode influenciar na emergência de plantas e na qualidade das mudas. A emergência rápida e uniforme e o consequente estabelecimento de estande vigoroso garantem o desempenho adequado das plantas que resultará em um alto rendimento final da cultura e em um produto de qualidade (Nascimento e Pereira, 2016). Neste contexto, o tratamento com reguladores de crescimento pode contribuir para melhorias de germinação e vigor, especialmente em situações de estresse, e para produção de mudas vigorosas. De acordo com Carrera-Castano et al. (2020) estudos recentes deixam claro que a regulação da germinação envolve respostas das sementes à percepção do ambiente ligando o transporte de nitrogênio aos hormônios; ao usar reguladores dependentes de nitrogênio específicos, as sementes também podem modificar as redes gênicas e o equilíbrio hormonal para modular a dormência e a germinação.

Alguns trabalhos de pesquisa recentes indicam que o tratamento de sementes de pimentão, para melhoria do potencial fisiológico, pode contribuir para melhor estabelecimento de plantas; nessa linha de estudo observa-se na literatura resultados promissores com tratamentos com quitosana (Samarah et al., 2020) bioestimulantes, de diversos tipos, como: extratos de algas, silício e substâncias húmicas (Gupta et al., 2022), Trichoderma (Kabilan et al., 2022), entre outros; contudo, ainda são escassos os trabalhos que avaliaram efeitos do tratamento de sementes de pimentão com ácido salicílico, especialmente considerando-se pesquisas realizadas com cultivares utilizadas e disponíveis no Brasil e que avaliam os efeitos na fase de produção de mudas.

O ácido salicílico (AS) desempenha papel durante a resposta da planta a estresses abióticos, como seca, estresse por baixas temperaturas, toxicidade de metais pesados, calor e estresse osmótico, e desempenha um papel crucial na

regulação dos processos fisiológicos e bioquímicos durante toda a vida útil da planta (Rivas-San Vicente e Plascencia, 2011).

Em sementes e plantas submetidas a condições de salinidade o AS pode atenuar ou mitigar o estresse por diferentes mecanismos. Honga et al. (2021) observaram que o AS modulou benéficamente a distribuição de moléculas sinalizadoras de hormônios endógenos, como ácido abscísico, giberelina, ácido indol-3-acético, e que o AS exógeno equilibrou os potenciais osmóticos e reduziu o dano osmótico à membrana plasmática, mediando os perfis de acúmulo de íons como Na^+ , K^+ e Ca^{2+} , bem como metabólitos compatíveis, como prolina e açúcar solúvel em sementes de *Leymus chinensis*. Em sementes de ervilha, Ahmad et al. (2022) observaram que o AS aliviou o efeito adverso da salinidade, mesmo em níveis de salinidade mais altos, induzindo sistemas antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos, açúcares solúveis e acúmulo de prolina e regulando a homeostase iônica juntamente com a regulação positiva de antiportadores Na^+/H^+ .

O AS é considerado uma classe de hormônio vegetal (Ding e Ding, 2020) tendo recebido essa classificação na década de 1990 (Raskin, 1992), e como tal, interage com os demais fitohormônios no metabolismo vegetal, sendo necessário um equilíbrio entre estes para determinada resposta (Pacifi et al., 2015). De acordo com Li, Sheerin, Von Roepenack-Lahaye, Stahl & Hiltbrunner (2022) O AS faz a mediação na regulação do crescimento afetando a divisão e expansão celular; genes conhecidos como NPRs (não expressor do gene 1 relacionado à patogênese) ou outros SABPs (Proteínas de ligação com AS) se ligam ao AS para modular a transcrição de genes-chave (como os associados com o ciclo celular e afrouxamento da parede celular) ou no *crossstalk* com outros hormônios (como auxina, giberelinas e etileno) em positividade ou maneira negativa e, em seguida, regulam a divisão ou expansão celular, finalmente modificando o crescimento da planta.

Avaliando o efeito de tratamento com AS em plantas de pimentão (Kumar et al. 2022) observaram que a dose de 1mM foi eficiente para mitigar o efeito do estresse por salinidade, em uma pesquisa realizada em Pulsa Dehli, na Índia. Por sua vez, Agoncillo (2018) observou efeito positivo do tratamento de sementes de pimentão, cultivar Exotica, com doses entre 0,5 e 0,1 mM na germinação.

Desta forma, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o efeito do tratamento de sementes de diferentes cultivares de pimentão, com diferentes doses de ácido salicílico, no potencial fisiológico de sementes e na produção de mudas.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em laboratório e em estufa agrícola, em duas etapas. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, para o experimento de laboratório, e em blocos casualizados, para o experimento realizado na estufa agrícola, em esquema fatorial 2 x 4 (cultivares x doses). As cultivares utilizadas foram All Big e Ikeda. O tratamento de sementes foi realizado com ácido salicílico nas doses de: 0, 0,1, 0,2, e

0,4 (mM); as doses foram escolhidas baseadas em testes preliminares realizados; as sementes foram umedecidas em placas de petri com volume de calda de 2,5 mL para cada tratamento e deixadas secar naturalmente sobre bancada por um período de 24 horas; durante esse tempo a solução se aderiu a camada externa da semente, formando uma espécie de película de proteção a semente. Após o tratamento, as sementes foram avaliadas quanto ao potencial fisiológico, em laboratório, e quanto aos efeitos na produção de mudas, conforme metodologia descrita a seguir.

Testes realizados em laboratório

Teste de germinação: realizado a partir da metodologia de Regras para Análise de Sementes (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009), a análise conteve quatro repetições com 50 sementes cada, sobre 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 e nos sete e 14 dias após semeadura (DAS) foi realizada a contagem de plântulas normais e anormais. **Índice de Velocidade de germinação:** foram realizadas contagens diárias de sementes germinadas, durante o teste de germinação, e o índice calculado de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962). **Teste de germinação em estresse salino:** metodologia também baseada no Regras para Análise de Sementes (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009). A diferença dos demais testes foi que o papel *germitest* foi umedecido com solução de NaCl (cloreto de sódio) segundo Ahmed et al. (2020), nas concentrações de 0, 20, 40 e 60 mM. Para este teste inicialmente foi conduzido com sementes sem tratamento com ácido salicílico para visualizar qual dose o efeito foi mais negativo. Depois da análise estatística foi então chegado a dose de efeito mais negativo em relação a salinidade e testado com as sementes de pimentão tratadas com ácido salicílico. **Crescimento de plântulas:** 20 plântulas foram retiradas aleatoriamente de cada repetição, de cada tratamento, e determinado o comprimento de raiz e de parte aérea com auxílio de régua graduada (cm) de acordo com metodologia descrita por Nakagawa (1999), aos 14 DAS.

Testes realizados em estufa agrícola

A emergência de plantas, a altura de mudas e o número de folhas foram avaliados aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAS, conforme metodologia descrita a seguir.

Emergência de plantas: quatro repetições de 100 sementes foram distribuídas em bandejas de 162 células (31 ml por célula), com substrato comercial para hortaliças (composição: Casca de pinus bio estabilizada; pH: 6,0; CE: 1,6 mS/cm; Densidade: 375 kg/m³ e Capacidade de Retenção de água de 60% m/m), dispostas sobre bancada, com irrigação por aspersão.

Altura de mudas: 20 plantas, aleatoriamente, de cada repetição foram utilizadas para a determinação da altura de plantas, medindo-se a distância entre o colo da planta e o seu ápice, com régua graduada em cm.

Número de folhas: foram contabilizadas o número de folhas por planta, em 20 plantas, aleatoriamente de cada repetição. **Comprimento de raízes:** aos 35 DAS foram avaliadas 20 plantas, por repetição, retiradas do substrato aleatoriamente, lavadas em água e secas com papel toalha, e posteriormente realizada a medição com régua graduada. **Massa seca de raízes e de parte aérea de plantas:** posteriormente as avaliações de comprimento, as mesmas mudas, avaliadas aos 35 DAS, foram seccionadas na região do colo, separando-se a parte aérea da parte radicular, colocadas separadamente em sacos de papel identificados por tratamento e repetição, e levadas ao laboratório, para secagem em estufa de ar forçado a 65°C por 72 horas, até que atingissem a massa constante; passado este momento, retirou-se as amostras, colocou-se em dessecador, e após esfriarem procedeu-se a pesagem em balança de precisão de 0,0001g, para a determinação massa seca da parte aérea e das raízes.

Os resultados obtidos em ambos experimentos foram submetidos à análise de variância, comparação de médias, para o fator cultivar e de regressão, para o fator doses ($p < 0,05$) no software SISVAR®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento realizado em laboratório

Para as variáveis de índice de velocidade de germinação e germinação de sementes de pimentão, tratadas com AS, observou-se diferenças entre as cultivares testadas, com desempenho superior da Ikeda em relação a All Big (Tabela 1); já em relação as doses de AS testadas, foram constatadas diferenças, em relação ao percentual de germinação, para ambas cultivares (Figuras 1A e 1B); para a cultivar All Big houve incremento de aproximadamente 20% na germinação de sementes de pimentão na menor dose testada (0,1 mM), já na cultivar Ikeda observou-se efeito de redução da germinação na dose de 0,2 mM. Pesquisas realizadas com outras espécies já indicaram que os efeitos dos tratamentos com AS podem ser diferentes em cada cultivar. Torun et al. (2020) constataram em sementes de cevada que os efeitos do tratamento exógeno com AS dependeram tanto do momento do tratamento quanto da cultivar à qual foi aplicado.

De acordo com Arif et al. (2020) o AS melhora vários processos fisiológicos, como a germinação. A aplicação exógena de AS causa diferentes efeitos no desenvolvimento da planta, incluindo a germinação de sementes; diferentes concentrações de AS em diferentes espécies de plantas têm efeitos estimulantes ou bloqueadores no desenvolvimento (Koo et al., 2020). Em sementes de *Limonium bicolor* o tratamento com ácido salicílico aumenta o teor de giberelinas e diminui o teor de ácido abscísico, com aumento da germinação das sementes (Liu et al., 2019). O balanço entre Giberelinas (GA) e Ácido Abscísico (ABA) é um dos principais fatores envolvidos na germinação de sementes. De acordo com Li, Sun & Liu (2022) a germinação de sementes é uma etapa crítica no ciclo de vida de plantas controladas pelos fitohormônios ácido abscísico e giberelinas, em direções opostas, com ABA inibindo e GA promovendo a germinação (Yang et

al., 2020). Em relação ao crescimento de plântulas foram observadas diferenças em relação as cultivares, com maior crescimento de parte aérea de plântula para All Big e de raízes para Ikeda (Tabela 1).

Tabela 1. Desdobramento do fator cultivar em cada nível do fator doses, para valores médios de índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raízes (CR) de plântulas, de diferentes cultivares de pimentão, em função do tratamento de sementes com diferentes doses de ácido salicílico.

Cultivares	Doses (mM)				CV (%)
	0	0,1	0,2	0,4	
IVG					
All Big	53,9 ±2,7 B*	57,2± 3,9 B	55,3±5,0 B	58,2±3,6 B	5,4
Ikeda	76,0±2,5 A	78,7±1,7 A	72,3±2,1 A	77,6±2,1 A	
CPA (cm)					
All Big	2,29±0,03 A	2,26±0,02 A	2,16±0,07 A	2,26±0,02 A	2,8
Ikeda	1,73±0,06 B	1,81±0,04 B	1,72±0,06 B	1,69±0,08 B	
CR (cm)					
All Big	2,76±0,24 B	2,49±0,09 B	2,90±0,17 B	2,74±0,04 B	7,1
Ikeda	3,84±0,18 A	3,58±0,32 A	3,36±0,36 A	3,51±0,24 A	

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

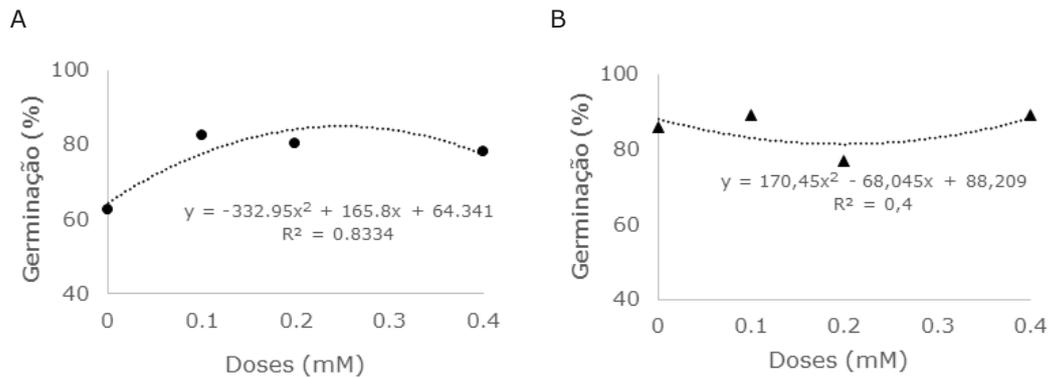


Figura 1. Valores de germinação de sementes de pimentão, cultivares All Big (A) e Ikeda (B), no desdobramento do fator doses dentro do nível cultivar, em função do tratamento de sementes com diferentes doses de ácido salicílico.

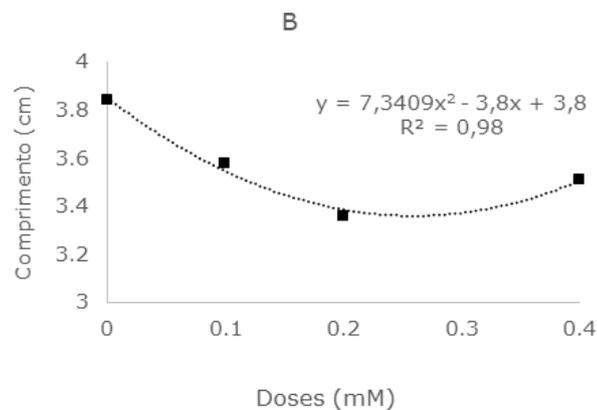


Figura 2. Valores de comprimento de raízes de plântulas (B) de pimentão, cultivar Ikeda, no desdobramento do fator doses dentro do nível cultivar, em função do tratamento de sementes com diferentes doses de ácido salicílico.

Para o fator doses de AS, apenas para a cultivar Ikeda foi observado efeitos, para comprimento de raízes, com redução de crescimento em função das doses testadas, conforme pode ser observado na Figura 2.

A resposta ao AS é dependente da dose utilizada. Avaliando o efeito de tratamentos com AS em sementes de cevada, Yanik et al. (2018) observaram que em baixa concentração de AS houve aumento da taxa de germinação, e alongamento das raízes; já concentrações mais altas de AS resultaram no acúmulo de H₂O₂ devido ao aumento superóxido dismutase e menor atividade de catalase, e concomitantemente ocorreu diminuição da taxa de germinação e do crescimento da raiz. Pequenas diferenças entre as doses utilizadas podem causar efeitos promotores ou inibidores de crescimento, conforme já relatado na literatura científica por diversos autores (Bagautdinova et al., 2022). Em sementes de lentilha concentrações de 0,1 a 0,5 mM estimulam o crescimento de raízes, contudo,

em concentração de 1mM ocorre efeito inibitório (Chen et al., 2021); em pepino, concentrações de AS de 10-50 µM causam maior crescimento das raízes, enquanto que em 0,1 a 0,5 µM causaram redução (Singh et al., 2010).

Em relação as respostas do tratamento de sementes de pimentão com AS no potencial fisiológico em condição de estresse por salinidade, observou-se diferenças apenas em relação as cultivares testadas, sem efeitos de doses (tabela 2); a cultivar Ikeda apresentou maiores médias de germinação (índice de velocidade e porcentagem) e comprimento de raízes de plântulas, porém, menores médias de comprimento de parte aérea de plântulas em relação a cultivar All Big (Tabela 2). Ainda foi possível observar que ambas cultivares tiveram valores de germinação semelhantes aos obtidos no teste em condições normais (tabela 1), sem demonstrar efeitos prejudiciais em função das condições de salinidade utilizadas.

Tabela 2. Valores médios de índice de velocidade de germinação (IVG Sal), germinação (G Sal), comprimento de parte aérea (CPA Sal), e comprimento de raízes (CR Sal) de plântulas, de diferentes cultivares de pimentão, em função do recobrimento de sementes com diferentes doses de ácido salicílico, submetidas a meio de germinação salino.

Cultivares	Doses (mM)				CV (%)
	0	0,1	0,2	0,4	
IVG Sal					
All Big	54±2,6 B*	57±2,6 B	55±2,8 B	58±3,2 B	5,4
Ikeda	76±1,3 A	79±1,9 A	72±3,6 A	78±2,2 A	
G Sal (%)					
All Big	81±5,7 B	79±3,5 A	81±7,0 A	80±5,8 B	5,7
Ikeda	86±1,0 A	86±3,7 A	86±2,5 A	85±6,6 A	
CPA Sal (cm)					
All Big	2,4±0,12 A	2,0±0,1 A	2,1±0,15 A	2,0±0,16 A	5,3
Ikeda	1,6±0,06 B	1,7±0,07 B	1,6±0,05 B	1,6±0,06 B	
CR Sal (cm)					
All Big	3,4±0,27 A	2,7±0,26 B	2,7±0,18 B	2,9±0,2 B	7,2
Ikeda	3,3±0,07 A	3,4±0,11 A	3,4±0,08 A	3,4±0,16 A	

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

Experimento realizado em estufa agrícola

Quanto a emergência de plantas observou-se diferenças entre as cultivares, aos sete e 14 DAS, com melhor desempenho da Ikeda (Tabela 3). Nota-se que a cultivar All Big teve uma emergência mais lenta, comparativamente a Ikeda, contudo, a partir de 21 DAS obteve médias semelhantes, com exceção no tratamento com AS na dose de 0,4mM, a qual teve menor porcentagem de emergência, comparativamente a Ikeda.

Os resultados obtidos em relação aos efeitos do tratamento de sementes de pimentão com AS, para emergência de plântula,

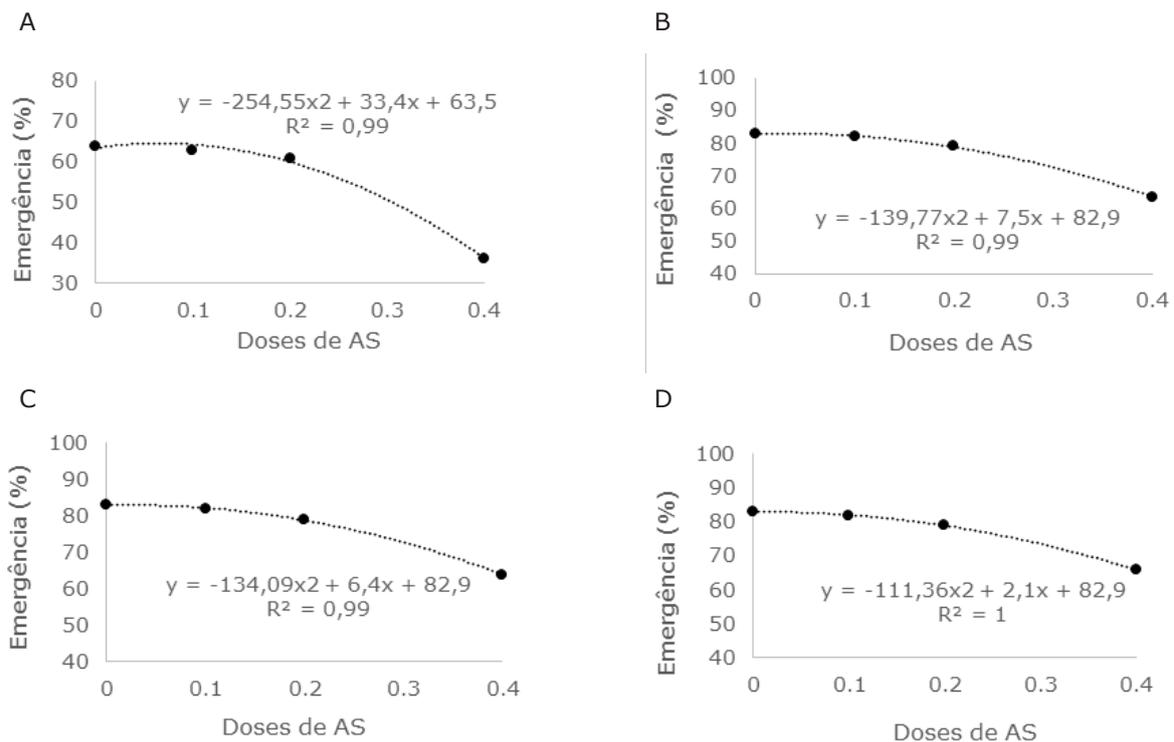
de forma geral, não indicam efeitos positivos para as doses testadas. Apenas para a cultivar All Big, ocorreu diferenças entre as doses, ocorrendo pequena redução na maior dose testada, para todos os períodos avaliados de 14, 21, 28 e 35 DAS (Figura 3).

Os pequenos efeitos observados na emergência de plantas podem estar associados ao mecanismo de ação do AS. A aplicação exógena de AS em sementes, como no tratamento utilizado nessa pesquisa, pode provocar respostas pelo aumento dos níveis endógenos de AS (El-Mergawi et al., 2020).

Tabela 3. Desdobramento do fator cultivar em cada nível de dose, para as variáveis emergência de plantas aos sete (E7), 14 (E14), 21 (E21), 28 (E28) e 35 (E35) dias após a semeadura, de mudas de pimentão, cultivares All Big e Ikeda, em função do tratamento de sementes com diferentes doses de ácido salicílico.

Cultivar	Dose (mM)			
	0	0,1	0,2	0,4
EP 7 (%)				
All Big	14,0±6,0 B*	17,5±8,8 B	12,5±7,1B	4,0±1,5B
Ikeda	63,0±14,4A	69,0±2,5 A	64,7±18,9 A	60,0±11,5 A
EP 14 (%)				
All Big	64,0±6,5 B	62,7±6,6 B	60,5±3,8 B	36,0±10,4 B
Ikeda	81,2±5,0 A	82,5±3,5 A	75,5±13,9 A	79,5±4,6 A
EP 21 (%)				
All Big	83,0±0,8 A	82,0±10,0 A	79,0±4,9 A	63,0±12,1 B
Ikeda	91,2±3,3 A	88,0±1,7 A	84,0±9,1 A	87,5±4,3A
EP 28(%)				
All Big	83,0±0,9 A	82,0±10,3A	79,0±4,8 A	64,0±11,9 B
Ikeda	92,0±3,5 A	89,0±2,2 A	85,0±9,5 A	87,5±4,2 A
EP 35(%)				
All Big	83,0±0,9 A	82,0±10,3 A	79,0±4,8 A	66,0±13,2 B
Ikeda	92,0±3,5 A	89,0±2,2 A	85,0±9,5 A	87,5±4,2 A

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

**Figura 3.** Desdobramento do fator doses, para a cultivar All Big, para a variável emergência de plantas aos 14 (A), 21 (B), 28 (C) e 35 (D) DAS, em função do tratamento de sementes com diferentes doses de AS.

Avaliando os efeitos da aplicação de AS em sementes de milho, El-Mergawi et al. (2020) constataram que aplicação 0,25 mM não produziu efeitos nos níveis endógenos de AS em plantas em casa de vegetação, comparativamente ao controle, embora essa alteração tenha ocorrido no teste de

germinação em ambiente de laboratório. Muitos trabalhos na literatura indicam efeitos do AS na emergência de plantas, porém, a maioria em situações de estresses abióticos, como salinidade, seca, baixas temperaturas.

Em relação a altura de mudas, observou-se pequenas diferenças entre as cultivares, com menores médias para a cv All Big, aos 14 DAS, porém, a partir de 21 DAS os valores ficaram muito próximos da cv Ikeda (Tabela 4); devido ao atraso ocorrido na emergência de plantas, para cv All Big, relatado anteriormente, é provável que esse fator

tenha contribuído para menor velocidade de crescimento da parte aérea das mudas. Não foram observados efeitos positivos do tratamento das sementes de pimentão com AS, ocorrendo apenas diferença entre as doses aos 21 DAS, para a cultivar Ikeda, conforme pode ser observado na figura 4.

Tabela 4. Desdobramento do fator cultivar em cada nível de dose, para as variáveis altura de mudas aos 14 (E14), 21 (E21), 28 (E28) e 35 (E35) dias após a semeadura, de mudas de pimentão, cultivares All Big e Ikeda, em função do tratamento de sementes com diferentes doses de ácido salicílico.

Cultivar	Dose (mM)			
	0	0,1	0,2	0,4
AM 14 (cm)				
All Big	2,1±0,07 B*	2,2±0,09 B	2,2±0,07 B	2,2±0,08 B
Ikeda	2,8±0,3 A	2,8±0,09 A	2,5±0,2 A	2,6±0,2 A
AM 21 (cm)				
All Big	3,8 ±0,17 A	3,76±0,2 A	3,92±0,1 A	3,62±0,19 A
Ikeda	3,95±0,3 A	3,65±0,4 A	3,3±0,1 B	3,2±0,1 B
AM 28 (cm)				
All Big	5,6±0,6 A	6,0±1,1 A	5,4±0,4 A	5,0±0,5 A
Ikeda	5,5±0,2 A	5,4±0,6 A	4,6±0,3 B	4,5±0,16 A
AM 35 (cm)				
All Big	6,6 ±0,7A	6,5±1,7 A	6,9±0,5 A	6,3±0,7 A
Ikeda	6,5±0,5 A	6,3±0,8 A	5,4±0,5 B	5,5±0,1 A

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

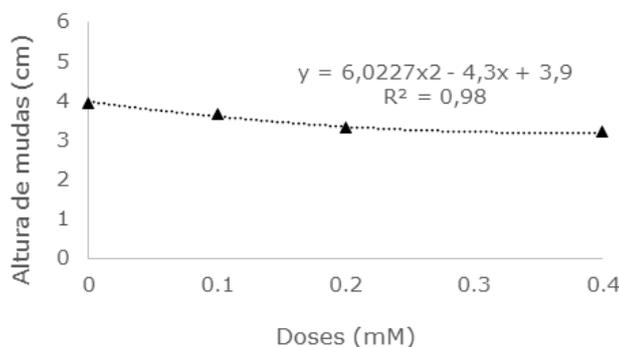


Figura 4. Altura de mudas de pimentão, aos 21 DAS, cultivar Ikeda, em função do tratamento de sementes com diferentes doses de AS.

Em relação ao número de folhas observou-se diferenças entre as cultivares, com menores médias para All Big aos 21 DAS (Tabela 5); contudo a partir de 28 DAS essa mesma cultivar aumentou a sua produção de folhas de forma superior a Ikeda; esta última teve desenvolvimento inicial mais rápido, porém, depois não desenvolveu muito nas semanas seguintes (Tabela 5). De forma geral, em ambas cultivares, aos 35 DAS, as médias ficaram em torno de 4 folhas, o que é um valor adequado, considerando-se o ideal para Nascimento e Pereira (2016) se fazer o transplante de mudas. Quanto ao efeito de doses, apenas para a cultivar

Ikeda, aos 21 DAS, e para cultivar All Big aos 28 DAS houve efeito benéfico, com incremento do número de folhas na dose de 0,1mM de AS (Figura 5 A e B).

Quanto ao desenvolvimento das raízes das mudas não foram observadas diferenças entre cultivares e doses de AS para comprimento (Tabela 6); para acúmulo de massa apenas observou-se diferenças entre as cultivares, com menor desempenho, de da cultivar Ikeda em todas as doses de AS testadas, para raízes, e nas doses de 0,2 e 0,4 mM de AS para parte aérea (tabela 6).

Para a cultivar All Big, foram observados efeitos de doses de AS, com redução discreta ($2\text{mg}\cdot\text{plantula}^{-1}$) no acúmulo de massa seca de parte aérea em função do aumento das doses (Figura 6). Cabe ressaltar, que além do tamanho da parte aérea e do número de folhas, o acúmulo de massa seca está associado a capacidade fotossintética da planta. Vários estudos sugerem que o AS pode ter um efeito positivo

na germinação ou no crescimento de várias espécies de plantas; no entanto, o AS também pode atuar como um fator de estresse, influenciando negativamente em vários processos fisiológicos. Seu modo de ação depende muito de vários fatores, como a espécie vegetal, as condições ambientais (luz, temperatura, etc.) (Janda et al., 2014).

Tabela 5. Desdobramento do fator cultivar em cada nível de dose, para as variáveis número de folhas aos 21 (E21), 28 (E28) e 35 (E35) dias após a semeadura, de mudas de pimentão, cultivares All Big e Ikeda, em função do tratamento de sementes com diferentes doses de ácido salicílico.

Cultivar	Dose			
	0	0,1	0,2	0,4
NF 21 (cm)				
All Big	2,1±0,12 B*	2,3±0,27 B	2,1±0,1 A	2,1±0,2 A
Ikeda	2,6±0,4 A	3,1±0,3 A	2,3±0,29 A	2,2±0,28 A
NF 28 (cm)				
All Big	4,1±0,39 A	4,5±0,43 A	4,3±0,25 A	3,8±0,3 A
Ikeda	2,9±0,2 B	3,4±0,6 B	2,9±0,36 B	2,9±0,31 B
NF 35 (cm)				
All Big	4,6±0,34 A	4,5±0,7 A	4,5±0,38 A	4,4±0,2 A
Ikeda	3,8±0,5 B	3,9±0,4 B	4,0±0,30 A	3,8±0,16 A

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

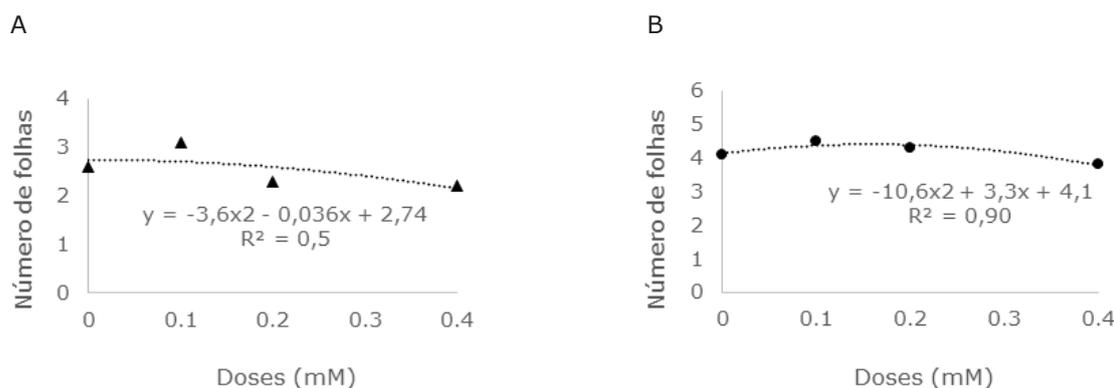


Figura 5. Valores médios de número de folhas, de mudas de pimentão, cultivar Ikeda, aos 21 DAS (A), e cultivar All Big, aos 28 DAS (B), em função do tratamento de sementes com diferentes doses de AS.

Tabela 6. Desdobramento do fator cultivar em cada nível de dose, para as variáveis comprimento de raízes (CR), massa seca de raízes (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) de mudas de pimentão, cultivares All Big e Ikeda, em função do tratamento de sementes com diferentes doses de ácido salicílico.

Cultivar	Dose			
	0,0	0,1	0,2	0,4
CR (cm)				
All Big	7,1±0,7 A*	6,2±0,35 A	6,3±0,46 A	6,6±0,8 A
Ikeda	6,1±0,35 A	6,6±1,8 A	5,7±0,4 A	5,6±0,6 A
MSR (mg/planta)				
All Big	6,5±0,02 A	6,6±0,14 A	6,2±0,008 A	6,7±0,03 A
Ikeda	5,5±0,01 A	4,0±0,01 B	4,5±0,01 B	3,5±0,01 B
MSPA (mg/planta)				
All Big	20,6±0,09 A	18,5±0,01 A	19,9±0,09 A	18,7±0,09 A
Ikeda	16,7±0,05 A	15,7±0,07 A	11,5±0,02 B	11,1±0,03 B

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

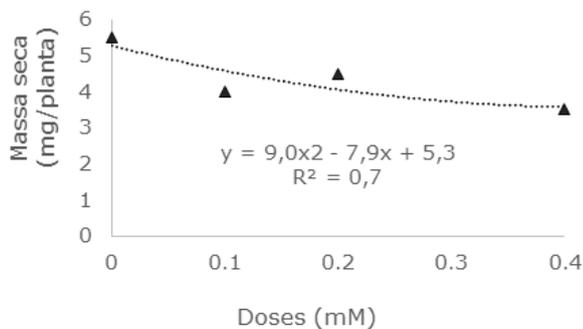


Figura 6. Valores médios de massa seca de raízes de plantas, de mudas de pimentão, cultivar All Big, aos 35 DAS, em função do tratamento de sementes com diferentes doses de AS.

CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizada essa pesquisa, de forma geral, não foram observados efeitos de incremento no potencial fisiológico de sementes de pimentão, cultivares All Big e Ikeda, em função do tratamento de sementes com doses entre 0 a 0,4mM de AS. Ainda, não se observou efeitos positivos de estímulo de crescimento de mudas, produzidas em estufa agrícola, em função do tratamento de sementes de pimentão, cultivares All Big e Ikeda, com doses entre 0 a 0,4mM de AS. Ainda, observou-se redução em alguns parâmetros, tanto em laboratório, quanto em casa de vegetação, com o aumento das doses, especialmente para a cultivar Ikeda, que de maneira geral teve um efeito inibitório com o aumento das doses de AS.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal da Fronteira Sul pelo auxílio financeiro para realização dessa pesquisa, concedido ao projeto número PES 2020 0085, contemplado no edital 270/2020.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahmad, F., Kamal, A., Singh, A., Ashfaque, F., Alamri, S. & Siddiqui, M. H. (2022). Salicylic Acid Modulates Antioxidant System, Defense Metabolites, and Expression of Salt Transporter Genes in *Pisum sativum* Under Salinity Stress. *J Plant Growth Regul*, 41(5), 1905–1918.

Ahmed, W., Imran, M., Yassen, M., Ul Haq, T., Jamshaid, M. U., Rukh, S., Ikram, R. M., Ali, M., Ali, A., Maqbool, M., Arif, M. & Khan, M. A. (2020). Role of salicylic acid in regulating ethylene and physiological characteristics for alleviating salinity stress on germination, growth and yield of sweet pepper. *PeerJ*, 8, e8475.

Arif, Y., Sami, F., Siddiqui, H., Bajguz, A. & Hayat, S. (2020). Salicylic acid in relation to other phytohormones in plant: a study towards physiology and signal transduction under challenging environment. *Environmental and Experimental Botany*, 175, e104040.

Agoncillo, E. M. (2018) Enhancement of Germination and Emergence of Hot Pepper Seeds by Priming with Acetyl Salicylic Acid. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 8(2), 9-13.

Bagautdinova, Z., Omelyanchuk, N., Tyapkin, A.,

Kovrizhnykh, V. V., Lavrekha, V. V. & Zemlyanskaya, E. V. (2022). Salicylic Acid in Root Growth and Development. *International Journal of Molecular Science*, 23(4), e2228.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009). *Regras para análise de sementes*. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária. 395 p.

Carrera-Castaño, G., Calleja-Cabrera, J., Pernas, M., Gómez, L. & Oñate-Sánchez, L. (2020). An Updated Overview on the Regulation of Seed Germination. *Plants (Basel)*, 9(6), 703

Castro e Melo, R. A., Amici Jorge, M. H., Butruille, N. M. S. é Oliveira, C. R. (2019). *Desempenho produtivo de pimentão cultivado em vasos com substrato utilizando mudas formadas com hidrogel nanocompósito incorporado com ureia*. Brasília, DF: Embrapa, 24p.

Chen, J., Zhang, J., Kong, M., Freeman, A., Chen, H. & Liu, F. (2021). More stories to tell: nonexpressor of pathogenesis-related genes1, a salicylic acid receptor. *Plant Cell Environ*. 44(6), 1716–1727.

Ding, P. & Ding, Y. (2020). Stories of Salicylic Acid: A Plant Defense Hormone. *Trends in Plant Science*, 25(6), 549-565.

El-Mergawi, R. A. & Abd EL-Wahed, M. S. A. (2020). Effect of exogenous salicylic acid or indole acetic acid on their endogenous levels, germination, and growth in maize. *Bulletin of The National Research Center*, 44, e167.

Gupta, S., Dolezal, K., Kulkarni, M. J., Balazs, E. & Van Staden, J. (2022). Role of non-microbial biostimulants in regulation of seed germination and seedling establishment. *Plant Growth Regulation*, 97(2), 271–313.

Honga, C., Leyuan, T., Junmei, S., Xiaori, H. & Xianguo, C. (2021). Exogenous salicylic acid signal reveals an osmotic regulatory role in priming the seed germination of *Leymus chinensis* under salt-alkali stress. *Environmental and Experimental Botany*, 188(2), e-104498.

Janda, T., Kinga, G. O., Yordanova, R., Szalai, G. & Pál, M. (2014). Salicylic acid and photosynthesis: signalling and effects. *Acta Physiol Plant*, 36(10), 2537–2546. doi: 10.1007/s11738-014-1620-y

Kabilan, M., Balakumbahan, R., Nageswari, R. & Santha, S. (2022). Effect of seed treatments on seed germination and seedling parameters in the F2 generation of mundu chilli. *Journal of Applied and Natural Science*, 14, 53 -57

Koo, Y. M., Heo, A. Y. & Choi, H. W. (2020). Salicylic Acid as a Safe Plant Protector and Growth Regulator. *Plant Pathology Journal*, 36(1), 1-10.

Kumar, S., Ahanger, M.A., Alshaya, H., Jan, B.L. & Yerramilli, V. (2022). Salicylic acid mitigates salt induced toxicity through the modifications of biochemical attributes and some key antioxidants in *Capsicum annuum*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(3), 1337-1347.

Li, A., Sun, X. & Liu, L. (2022). Action of Salicylic Acid on Plant Growth. *Frontiers in Plant Science*, 13, e878096.

Li, Z., Sheerin, D.J., Von Roepenack-Lahaye, E., Stahl, M. & Hiltbrunner, A. (2022). The phytochrome interacting proteins ERF55 and ERF58 repress light-induced seed germination in *Arabidopsis thaliana*. *Nature Communications*, 13, e1656.

Liu, J., Li, L., Yuan, F. & Chen, M. (2019). Exogenous salicylic acid improves the germination of *Limonium bicolor* seeds under salt stress. *Plant Signaling & Behavior*, 14(10), e1644595. doi:



10.1080/15592324.2019.1644595

- Maguire, J. D. (1962). Seed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2(2), 176-77.
- Nakagawa, J. (1999). Testes de vigor baseados no desempenho de plantulas. In: Krzyzanowski, F. C., Vieira R. D., Franca Neto, J. B. (ed). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. pp 1-24. Londrina: ABRATES.
- Nascimento, W. M. e Pereira, R. B. (2016). *Producao de mudas de hortalias*. Brasília: Embrapa.
- Pacifici, E., Polverari, L. & Sabatini, S. (2015). Plant hormone cross-talk: the pivot of root growth. *Journal of Experimental Botany*, 66(4), 1113-1121.
- Raskin, I. (2011). Salicylate- a new plant hormone. (1992). *Plant Physiology*, 99(3), 799-803.
- Rivas-San Vicente, M. & Plasencia, J. (2011). Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany*, 62(10), 3321-38.
- Samarah, N. H., Al-Quraan, N. A., Massada, R. S. & Welbaum, G. E. (2020). Treatment of bell pepper seeds with chitosan increases chitinase and glucanase activities and enhances emergence in a standard cold test. *Scientia Horticulturae*, 269, e109393. doi: 10.1016/j.scienta.2020.109393
- Singh, P. K., Chaturvedi, V. K. & Bose, B. (2010). Effects of salicylic acid on seedling growth and nitrogen metabolism in cucumber. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 6(3), 102-113.
- Torun, H., Novak, O., Mikulik, J., Pencik, A., Strnad, M. & Ayaz, F. A. (2020). Timing-dependent effects of salicylic acid treatment on phytohormonal changes, ROS regulation, and antioxidant defense in salinized barley (*Hordeum vulgare* L.). *Scientific Reports*, 10, e-13886. doi: 10.1038/s41598-020-70807-3
- Yang, L., Liu, S. & Lin, R. (2020). The role of light in regulating seed dormancy and germination. *Journal of Integrative Plant Biology*, 62(9), 1310-1326. doi: 10.1111/jipb.13001
- Yaronskaya, E., Vershilovskaya, I., Poers, Y., Alawady, A.E., Averina, N. & Grimm, B. (2006). Cytokinin effects on tetrapyrrole biosynthesis and photosynthetic activity in barley seedlings. *Planta*, 224(3), 700-709. doi: 10.1007/s00425-006-0249-5