

ÍNDICES FISIOLÓGICOS EM PLANTAS DE MINITOMATEIRO GRAPE (CV. SWEET HEAVEN) APÓS APLICAÇÃO DE PACLOBUTRAZOL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Autores: Guilherme Aquino da Conceição Lopes, Vinicius Rodrigues Ferreira, Felipe Valadares Ribeiro Avelar, Fabio Luiz de Oliveira.

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto
Universitário, S/N, Guararema - 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, autor1
guilherme.alopes03@gmail.com, autor2 rodrigues.ufes@gmail.com, autor3
felipevaladaresribeiroavelar@hotmail.com, autor4 fabio.oliveira.2@ufes.br

Resumo

Há evidências que o paclobutrazol (PBZ, inibidor da biosíntese de giberelinas), ao alterar o balanço hormonal, interfira na produção de pigmentos fotossintéticos. Este estudo avaliou os efeitos fisiológicos do PBZ aplicados em mudas da cultivar de minitomate 'Sweet Heaven'. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, sendo aplicados 0; 31,25; 62,5; 125 e 250 mg L⁻¹ de PBZ nas mudas aos 20 dias após a semeadura, onde foram transplantadas para sistema semi-hidropônico e avaliadas aos 63 dias após o transplante, por meio de índices fisiológicos (clorofila, flavonoides, antocianinas e balanço de nitrogênio). Os resultados demonstraram aumento significativo no teor relativo de clorofila a partir de 62,5 mg L⁻¹, enquanto as antocianinas reduziram progressivamente com o incremento das concentrações. O balanço de nitrogênio apresentou maiores valores no controle e em 125 mg L⁻¹. Pode-se concluir que o PBZ interferiu na fisiologia das plantas, sendo as concentrações intermediárias mais promissoras para reduzir o estiolamento e manter o equilíbrio metabólico.

Palavras-chave: Giberelina. Estiolamento. Minitomate. Reguladores vegetais.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias - Agronomia

Introdução

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) figura entre as hortaliças de maior relevância econômica e alimentar no cenário global, com produção estimada em 192,3 milhões de toneladas em 2023 (FAO, 2024). No Brasil, cuja produção alcançou 4,16 milhões de toneladas, a região Sudeste responde por aproximadamente 41% do volume nacional (IBGE, 2023). Entre as cultivares de maior valor agregado, o tipo grape, pertencente ao grupo dos minitomates, distingue-se pelo sabor adocicado, elevado teor de sólidos solúveis e maior valor comercial em comparação aos cultivares convencionais (Negrisoli *et al.*, 2015; Eisele *et al.*, 2022).

Apesar de seu elevado potencial produtivo e apelo mercadológico, o tomateiro grape apresenta suscetibilidade ao estiolamento durante a fase de viveiro, caracterizado por excessivo alongamento da parte aérea, entrenós distendidos e sistema radicular subdesenvolvido. O estiolamento está diretamente associado a níveis elevados de giberelinas, fitormônios que promovem a distensão celular e o crescimento longitudinal dos órgãos (Taiz *et al.*, 2017). As alterações morfofisiológicas ocasionadas por este desbalanço hormonal comprometem a aclimação pós-transplante, o vigor vegetativo, a eficiência fotossintética e, consequentemente, a produtividade e a qualidade dos frutos (Silva *et al.*, 2014; Dalastra *et al.*, 2020).

A manipulação do balanço hormonal por meio de reguladores de crescimento vegetal tem despertado como estratégia eficiente para atenuar este distúrbio. Nesse contexto, o paclobutrazol (PBZ), um inibidor competitivo da biosíntese de giberelinas, atua bloqueando a conversão de ent-caureno em ácido ent-caurenóico, reduzindo de forma significativa os níveis endógenos de GA ativas (Fletcher *et al.*, 2000). Essa ação promove alterações fisiológicas marcantes, incluindo a redução do alongamento celular, incremento na espessura foliar, maior acúmulo de fotoassimilados nas raízes e otimização da relação parte aérea/sistema radicular, resultando em plantas mais compactas, com arquitetura equilibrada e maior tolerância a estresses abióticos (Miguel-Zarate *et al.*, 2021; Conceição

et al., 2024; Wu *et al.*, 2024). Além disso, há relatos que a alteração hormonal provocada pelo PBZ, produza plantas com folhas mais esverdeadas e supostamente fotossinteticamente mais ativas (Miguel-Zarate *et al.*, 2021; Wu *et al.*, 2024).

Embora o efeito do PBZ tenha sido avaliado em cultivares de frutos de tamanho convencional (Miguel-Zarate *et al.*, 2021; Conceição *et al.*, 2024), a literatura sobre sua aplicação em minitomates é incipiente, sendo a resposta fisiológica fortemente dependente da concentração utilizada e das características genéticas da cultivar. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos fisiológicos da aplicação de diferentes doses de PBZ sobre o minitomateiro tipo grape.

Metodologia

O experimento foi conduzido de 18 de junho a 30 novembro 2024, na Área Experimental da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre (20°45'44" S, 41°27'42,83" O; 134 m), em casa de vegetação equipada com tela antiafídeo e cobertura de filme plástico agrícola. Utilizou-se a cultivar de minitomate tipo grape 'Sweet Haven'.

As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido com 162 células (volume individual de 11 mL), contendo substrato comercial Carolina Soil® 25h Classe LXXXVI, constituído por turfa, vermiculita, casca de arroz carbonizada, resíduo orgânico e adição de NPK. O substrato apresentava pH $5,5 \pm 0,5$, condutividade elétrica de $0,7 \pm 0,3$ dS m⁻¹ e densidade de 145 kg m⁻³. A irrigação foi realizada via aspersão tipo névoa, seis vezes ao dia, durante dois minutos por ciclo, fornecendo uma lâmina de 0,17 L min⁻¹.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos de PBZ: 0; 31,25; 62,5; 93,75; e 125,0 mg L⁻¹, definidos a partir de Seleguini *et al.* (2013), Miguel-Zarate *et al.* (2021) e Conceição *et al.* (2024). Os tratamentos foram aplicados aos 20 dias após a semeadura (DAS) por pulverização foliar manual, utilizando 5,6 mL por muda, garantindo molhamento uniforme sem escorrimento.

Aos 39 DAS, as mudas foram transplantadas para vasos com capacidade de 12 dm³, preenchidos com substrato Carolina Soil® (Wamser *et al.*, 2022) e cultivadas em sistema semi-hidropônico com irrigação por gotejamento (1 gotejador/planta, vazão nominal 2,11 L h⁻¹). O espaçamento adotado foi de 0,50 m entre plantas e 1,0 m entre fileiras. As plantas foram conduzidas verticalmente, tutoradas com fitilhos fixados a arames lisos sustentados por mourões espaçados a cada 2,5 m.

Os tratos culturais seguiram Silva *et al.* (2017), mantendo-se haste única e altura final de 2,3 m, com desbrota semanal e enrolamento da haste principal no tutor. O manejo fitossanitário foi realizado de forma preventiva ou curativa, respeitando-se os períodos de carência dos defensivos.

Aos 63 DAS foi realizada uma análises fisiológicas das folhas das plantas em campo com auxílio do medidor de Multi-Pigmentos (MPM-100 Multi-Pigment-Meter).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste F ($p < 0,01$), utilizando-se o software R (v. 4.4.2). Havendo diferenças estatísticas, os resultados foram submetidos ao teste de Tukey ($p < 0,01$).

Resultados

A aplicação do PBZ alterou significativamente os índices fisiológicos das plantas de minitomateiro tipo grape (Tabela 1). Houve aumento nos teores relativos de clorofila (ChlM) a partir da concentração de 62,5 mg L⁻¹, permanecendo estáveis até a maior concentração testada (250 mg L⁻¹). Por outro lado, as plantas que não receberam tratamento apresentaram os menores valores, que foram estatisticamente diferentes daqueles observados nas concentrações superiores.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Tabela 1. Teor foliar relativo de clorofila (ChlM), flavonoides (FlvM), antocianinas (AnthM) e balanço de nitrogênio (NFI) de plantas de tomateiro grape, aos 63 dias após o transplante, cujas mudas foram tratadas com paclobutrazol (PBZ). Alegre, Espírito Santo, Brasil, 2024.

Concentração PBZ mg L ⁻¹	ChlM	FlvM	AnthM	NFI
0	0,6071 b	0,3283 c	-0,1713 a	2,3479 a
31,25	0,6157 b	0,4873 ab	-0,1746 ab	1,4994 b
62,5	0,6952 a	0,5021 a	-0,1900 bc	1,4367 b
125	0,7296 a	0,4067 bc	-0,1974 c	2,0967 a
250	0,6963 a	0,5000 a	-0,1863 abc	1,4933 b
CV (%)	6,57	15,37	1,22	22,39
P > F	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de probabilidade mínima de 1% (P); CV: coeficiente de variação; Teste F (F) ao menos a 1%.

Fonte: Próprio autor.

O teor de flavonoides (FlvM) apresentou comportamento variável, com destaque para um aumento expressivo na concentração intermediária e na maior (62,5 e 250 mg L⁻¹). Já a menor concentração (31,25 mg L⁻¹) promoveu uma resposta intermediária entre o controle e as concentrações mais elevadas. Para as antocianinas (AnthM), verificou-se uma redução progressiva conforme aumentaram as concentrações de PBZ, sendo a menor concentração detectada em 125 mg L⁻¹.

Quanto ao balanço de nitrogênio (NFI), este demonstrou sensibilidade às diferentes concentrações de PBZ. O controle (0 mg L⁻¹) e a concentração de 125 mg L⁻¹ apresentaram os maiores valores, enquanto as concentrações de 31,25; 62,5 e 250 mg L⁻¹ resultaram em uma redução significativa desse índice.

Discussão

A aplicação do PBZ exerceu influência direta sobre a fisiologia do minitomateiro tipo grape. O aumento no teor relativo de clorofila com o incremento das concentrações. Esse efeito sugere uma melhor eficiência na captação da radiação luminosa, o que reflete na manutenção da atividade fotossintética mesmo em plantas com porte reduzido (Desta; Amare, 2021) Miguel-Zarate *et al.* (2021) e Wu *et al.* (2024), relacionaram o uso do inibidor de giberelinas ao aumento da espessura foliar e ao maior acúmulo de pigmentos fotossintéticos, similar ao comportamento observado no presente estudo.

A variação nos teores de flavonoides indica que a resposta metabólica depende da concentração aplicada. Enquanto as concentrações intermediárias favoreceram o acúmulo desses compostos, reconhecidos por sua função antioxidante (Dalastra *et al.*, 2020), as outras concentrações não demonstraram efeito consistente, sugerindo um possível redirecionamento do metabolismo secundário.

Quanto às antocianinas, a redução no seu teor relativo em função da aplicação do PBZ pode estar associada à menor atividade da via dos flavonoides, influenciada pela modulação hormonal provocada pelo regulador (Taiz *et al.*, 2017). Conceição *et al.* (2024) observaram diminuição na síntese desses pigmentos em cultivares de tomate convencional, efeito relacionado à redução da atividade de giberelinas e ao redirecionamento do metabolismo secundário, que limita a rota biossintética das antocianinas.

Em relação ao balanço de nitrogênio, foi observado que o tratamento controle e a concentração de 125 mg L⁻¹ apresentaram os maiores valores. Esse padrão possivelmente está relacionado à redistribuição dos fotoassimilados e à maior eficiência na assimilação de nitrogênio sob condições de moderada inibição do alongamento celular (Fletcher *et al.*, 2000; Taiz *et al.*, 2017). Por outro lado, concentrações muito baixas ou excessivamente altas de PBZ tenderam a reduzir esse índice, possivelmente devido à limitação no transporte e aproveitamento de nutrientes (Opio *et al.*, 2020).

Dessa forma, a aplicação de PBZ no minitomateiro tipo grape modulou de maneira significativa parâmetros relacionados tanto à fotossíntese quanto ao metabolismo secundário, indicando que a

concentração ideal deve equilibrar a redução do estiolamento com a manutenção da atividade metabólica essencial.

Conclusão

A aplicação de paclobutrazol alterou a fisiologia do minitomateiro tipo grape, aumentando o teor relativo de clorofila. A aplicação de 125 mg L⁻¹ e o controle resultaram em valores estatisticamente iguais para balanço de nitrogênio. A resposta dependente da concentração nos teores de flavonoides e antocianinas indicou que o regulador atua de maneira diferenciada em diferentes vias do metabolismo secundário.

Referências

- CONCEIÇÃO, Vivyan J. *et al.* Production of tomato seedlings submitted to treatments with foliar application of paclobutrazol. **Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology**, v. 12, n. 4, p. 521-526, 2024.
- DA SILVA, Pollianna Almeida *et al.* Sistemas de condução na produção comercial de tomate “cereja”. **Nativa**, v. 5, n. 5, p. 316-319, 2017.
- DALASTRA, Graciela Maiara *et al.* Trocas gasosas e produtividade de tomateiro com diferentes hastes por planta. **Iheringia, Série Botânica.**, v. 75, 2020.
- DESTA, Bizuayehu; AMARE, Getachew. Paclobutrazol as a plant growth regulator. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 8, n. 1, p. 1, 2021.
- EISELE, Tauana G. *et al.* Genotyping and phenotyping of grape tomato hybrids aiming at possible genitors for breeding program. **Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 352-359, 2022.
- FLETCHER, R. Austin *et al.* Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. 2000.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agropecuária: Tomate**. [2023]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/br>. Acesso em: 18 ago. 2025.
- MIGUEL-ZARATE, Norma *et al.* The use of plant growth retardants in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedlings. **Revista Chapingo. Serie horticultura**, v. 27, n. 3, p. 157-169, 2021.
- NEGRISOLI, R. M. *et al.* Viabilidade econômica no cultivo de minitomate sweet grape no município de Casa Branca-SP. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 1932-1942, 2015.
- OPIO, Peter *et al.* Paclobutrazol elevates auxin and abscisic acid, reduces gibberellins and zeatin and modulates their transporter genes in Marubakaido apple (*Malus prunifolia* Borkh. var. ringo Asami) rootstocks. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 155, p. 502-511, 2020.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA (FAO). **FAOSTAT: dados**. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 18 ago. 2025.
- SELEGUINI, Alexsander *et al.* Estratégias para produção de mudas de tomateiro utilizando paclobutrazol. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 539-548, 2013.
- SILVA, Benett Katiane Santiago *et al.* Utilização de paclobutrazol na produção de mudas de tomateiro. **Comunicata Scientiae**, v. 5, 2014. (SILVA).
- TAIZ, Lincoln *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO**

WAMSER, Anderson Fernando *et al.* MANEJO AUTÔNOMO DA FERTIRRIGAÇÃO DO TOMATE GRAPE CULTIVADO EM SUBSTRATO UTILIZANDO SENSORES IRRIGÁS®. **IRRIGA**, v. 27, n. 3, p. 452-464, 2022.

WU, Mengbo *et al.* Gibberellins involved in fruit ripening and softening by mediating multiple hormonal signals in tomato. **Horticulture Research**, v. 11, n. 2, p. uhad275, 2024.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo auxílio financeiro à pesquisa. Ao CNPq e FAPES pelas bolsas de iniciação científica, pós-graduação e produtividade em pesquisa concedida aos autores. À Universidade Federal do Espírito Santo pelo suporte estrutural.