

ESTRATÉGIAS DE BIOCONTROLE DA *Alternaria solani* EM TOMATEIRO: AÇÃO FUNGICIDA, ESTÍMULO À RESISTÊNCIA E CRESCIMENTO

Renan Curty da Silva, Davi Reali Colombo, Igor Tatagiba Quarto, Lucas Jordão Santana Tigre, Otávio Brandão Oliosí, Simone de Paiva Caetano Bucker Moraes, Willian Bucker Moraes.

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário s/n, Guararema, 29500-000 - Alegre - ES, Brasil, curty.renan@gmail.com, davicolombo@icloud.com, igortatagiba@gmail.com, lucasjst01@gmail.com, oliosib07@gmail.com, simonepaivabucker@gmail.com, willian.moraes@ufes.br.

Resumo

A mancha de alternaria, causada pelo fungo *Alternaria solani*, é uma das maiores ameaças à cultura do tomate, com potencial para gerar perdas significativas na produção. O controle químico, via uso de fungicidas, é a forma mais comum de combate, mas enfrenta desafios como a resistência do patógeno, danos ao meio ambiente e riscos à saúde humana. Diante disso, o controle biológico surge como uma alternativa promissora e sustentável. Este estudo objetivou revisar pesquisas sobre o uso de agentes biológicos, focando em seu efeito fungicida, na indução de resistência sistêmica e na promoção do crescimento das plantas. Os resultados indicam que rizobactérias promotoras de crescimento, fungos do gênero *Trichoderma* e micorrizas arbusculares podem reduzir consideravelmente a gravidade da doença, ao mesmo tempo em que ativam os mecanismos de defesa e melhoram o desenvolvimento do tomateiro. Essas evidências reforçam o potencial do biocontrole como ferramenta importante no manejo integrado da Alternaria.

Palavras-chave: Microrganismos antagonistas. Sustentabilidade agrícola. indução de resistência.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias/Agronomia.

Introdução

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das hortaliças mais cultivadas e consumidas no mundo, destacando-se por sua influência na economia e na nutrição. Conforme informações da FAO (2020), a produção mundial ultrapassa dos 180 milhões de toneladas, posicionando-o como a quarta cultura de maior volume. Além do seu valor comercial, o tomate apresenta elevado teor de vitaminas, minerais e compostos antioxidantes, como o licopeno, algo que intensifica sua importância para garantir segurança alimentar e nutricional (Chohan e Perveen, 2015). No entanto, o tomateiro é uma planta com alta vulnerabilidade a enfermidades; dentre elas, a mancha de alternaria, provocada por *Alternaria solani*, destaca-se como uma das mais severas, podendo ocasionar reduções na produtividade em até 80% (Datar e Mayee, 1981; Shete *et al.*, 2021). A doença compromete folhas, caules, e frutos, prejudicando a fotossíntese e acelerando a senescência das plantas (El-Batal *et al.*, 2020). Sua ocorrência é favorecida em diferentes fases fenológicas do hospedeiro, manifestando-se desde o estágio de mudas até a frutificação, o que amplia o seu poder de destruição (Shete *et al.*, 2021; Panjuriya *et al.*, 2021).

A epidemiologia desta doença está diretamente relacionada com temperaturas entre 25 a 30 °C e umidade relativa elevada, fatores que favorecem a germinação de conídios e o desenvolvimento do patógeno (Shete *et al.*, 2021). Tais condições justificam a distribuição da doença em diferentes locais, como Índia, Brasil, EUA e Nigéria, onde já foram observadas perdas de até 79% (Sherf Macnab, 1986; Gwary Nahunnaro, 1998). O patógeno é capaz de sobreviver no solo e em restos culturais e possui ampla gama de hospedeiros na família Solanaceae, tornando difícil o seu controle (Shete *et al.*, 2021).

O manejo convencional baseia-se no uso intensivo de fungicidas químicos, especialmente mancozebe e triazóis, que embora eficazes, apresentam riscos, como a contaminação ambiental, resíduos em alimentos e surgimento de populações resistentes do patógeno (Varma; Gandhi; Singh, 2008). Além disso, o uso indiscriminado de defensivos compromete organismos benéficos do solo e impacta negativamente a biodiversidade microbiana (El-Batal *et al.*, 2020). Nesse cenário, o controle biológico vem ganhando destaque, tanto pela ação direta contra *A. solani* quanto pela capacidade de

ativar respostas de defesa e promover o crescimento vegetal (Ragupathi; Sundareswaran; Kamalakannan, 2020; Danesh *et al.*, 2021). Neste sentido, o presente estudo objetivou realizar um levantamento bibliográfico sobre o uso de agentes biológicos na cultura do tomateiro, em ênfase no efeito fungicida contra *A. solani*, na indução de resistência sistêmica e na promoção do crescimento das plantas.

Metodologia

Esta revisão da literatura foi realizada com base na avaliação de seis artigos científicos publicados entre 2008 a 2021 em revistas acadêmicas nacionais e internacionais. A pesquisa bibliográfica foi conduzida em bases de dados científicas, como ScienceDirect, SpringerLink e ResearchGate, além de revistas indexadas nos campos da fitopatologia e ciências agrárias. Foram escolhidos estudos que trataram especificamente da utilização de agentes biológicos para o controle de *A. solani*, indução de resistência e promoção de crescimento em tomateiro.

Os critérios de inclusão abrangeram estudos experimentais conduzidos em ambientes de casa de vegetação, laboratório e campo, que forneceram resultados vinculados a pelo menos um dos três eixos centrais do biocontrole: (i) ação antifúngica direta contra *A. solani*; (ii) indução de resistência sistêmica em plantas de tomate; e (iii) promoção do crescimento e parâmetros fisiológicos associados à sanidade e produtividade da safra. Apenas o suporte contextual foi fornecido por estudos teóricos ou revisões sem dados experimentais.

Para a análise comparativa, foram coletadas informações sobre os agentes biológicos empregados, como rizobactérias promotoras de crescimento (RPCP), fungos antagonistas (*Trichoderma* spp.), micorrizas arbusculares (*Funneliformis mosseae*) e extratos vegetais, além de seus impactos na gravidade da doença, variáveis fisiológicas (clorofila, carotenoides, proteínas, enzimas antioxidantes) e parâmetros de crescimento da planta (altura, comprimento da raiz, peso seco, rendimento).

Além disso, levou-se em conta as informações epidemiológicas da doença e os aspectos da integração do biocontrole com as práticas de manejo integrado de doenças (MID) para possibilitar uma análise crítica e contextualizada dos resultados obtidos.

Resultados

Os estudos analisados evidenciam diferentes grupos de atividades biológicas promovidas por microrganismos (Tabela 1), como:

1. Ação fungicida direta.

Ragupathi *et al.* (2020) avaliaram a eficiência de *Bacillus subtilis*, demonstrando sua capacidade de inibir o crescimento micelial de *A. solani* e reduzir a severidade da doença. Varma *et al.* (2008) chegaram a resultados parecidos, mostrando que o *Trichoderma viride* promoveu redução significativa na incidência da mancha de alternaria em campo, com um desempenho que se compara ao de fungicidas químicos.

2. Estímulo à resistência sistêmica.

El-Batal *et al.* (2020) constataram que certas RPCP, como *B. subtilis*, *Lysinibacillus fusiformis* e *Achromobacter xylosoxidans*, diminuíram a severidade da doença em até 84,3%, além de elevar os níveis de fenóis, proteínas totais, prolina e a ação de enzimas como peroxidase e polifenoloxidase. Attia *et al.* (2017) confirmaram esses achados no campo, mostrando que o uso de RPCP e cianobactérias impulsionou a resistência sistêmica, resultando na redução do índice da doença.

3. Estímulo ao crescimento das plantas.

Os estudos também revelaram que o biocontrole ajuda no desenvolvimento da planta. El-Batal *et al.* (2020) notaram um aumento no tamanho das raízes e brotações, além de um incremento nos pigmentos fotossintéticos. Danesh *et al.* (2021) comprovaram que *Trichoderma viride*, *Bacillus velezensis* e o fungo micorrízico *Funneliformis mosseae* incentivaram o crescimento, a absorção de fósforo e a atividade antioxidante, ao mesmo tempo em que reduziam a severidade da doença.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Tabela 1 - Agentes biológicos utilizados no controle de *Alternaria solani* em tomateiro.

Agente biológico	Modo de ação predominante	Efeitos observados no tomateiro	Referência
<i>Bacillus subtilis</i>	Produção de antibióticos, indução de resistência sistêmica	Redução da severidade em até 84%; aumento de fenóis, proteínas totais e enzimas de defesa	El-Batal <i>et al.</i> (2020)
<i>Bacillus velezensis</i>	Colonização rizosférica, estímulo de crescimento	Maior absorção de fósforo, incremento de biomassa e redução da doença	Danesh <i>et al.</i> (2021)
<i>Lysinibacillus fusiformis</i>	Indução de resistência e atividade enzimática	Aumento de peroxidase e polifenoloxidase; menor progressão da mancha de alternaria	El-Batal <i>et al.</i> (2020)
<i>Trichoderma viride</i>	Competição, micoparasitismo e secreção de enzimas líticas	Redução da severidade comparável a fungicidas; estímulo de crescimento	Varma <i>et al.</i> (2007); Danesh <i>et al.</i> (2021)
<i>Funneliformis mosseae</i> (micorriza arbuscular)	Simbiose radicular, aumento da absorção de nutrientes	Melhora na nutrição (P), maior atividade antioxidante, plantas mais vigorosas	Danesh <i>et al.</i> (2021)
Cianobactérias (<i>Oscillatoria spp.</i> e <i>Nostoc spp.</i>)	Produção de compostos bioativos e indução de resistência	Redução significativa da incidência em campo; melhora fisiológica das plantas	Attia <i>et al.</i> (2017)

Fonte: elaborado pelo autor.

Discussão

Os dados indicam que o controle biológico de *A. solani* no tomateiro é eficaz não apenas pela ação direta sobre o patógeno, mas também por ativar respostas fisiológicas e bioquímicas nas plantas. Usar RPCP e fungos como *Trichoderma* favorece a resistência sistêmica adquirida (RSA) e a resistência sistêmica induzida (RSI), mecanismos que usam sinalizadores como ácido salicílico, ácido jasmônico e etileno (El-Batal *et al.*, 2020).

Em comparação com o uso exclusivo de fungicidas químicos, o biocontrole traz benefícios ambientais e econômicos, podendo cortar gastos a longo prazo e contribuir para sistemas agrícolas mais sustentáveis. No entanto, ainda há desafios, como a variação na eficácia dos agentes em diferentes condições ambientais e a necessidade de produtos comerciais estáveis. Outro ponto importante é unir o biocontrole às práticas de (MID), combinando a rotação de culturas, remoção de restos de plantio, uso de cultivares resistentes e aplicação consciente de fungicidas, garantindo um controle mais constante da doença.

Conclusão

Diante dos dados apresentados, o controle biológico de *Alternaria solani* no tomateiro, mostra-se como uma alternativa benéfica para cultura, visto que é capaz de reduzir a severidade da doença, promove alterações fisiológicas benéficas e ainda estimular o crescimento vegetal. Bactérias como *Bacillus subtilis*, *Trichoderma viride*, *Bacillus velezensis* e o fungo *Funneliformis mosseae* demonstram resultados benéficos quando aplicados ao manejo sustentável de *A. solani*, reduzindo a necessidade de aplicação de fungicidas químicos. Para consolidar o uso destes bioagentes, é necessário investir

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

em estudos no campo, criar novas formulações comerciais e inseri-las ao manejo integrado na cultura do tomateiro. Somado a isso, também é importante considerar fatores epidemiológicos, como condições ambientais favoráveis e capacidade de sobrevivência do patógeno em restos culturais, visando potencializar a eficiência destes agentes biológicos.

Referências

ATTIA, M. S.; SHARAF, A. M. M.; ZAYED, A. S. Protective action of some biopesticides against early blight disease in tomato caused by *Alternaria solani*. **International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology**. v. 4, n. 11, p. 67–73, 2017. Acesso em: 18 ago. 2025.

CHOHAN, S.; PERVEEN, R. Nutritional value of tomato and its importance. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**. v. 66, p. 1–6, 2015. Acesso em: 18 ago. 2025.

DANESH, Y. R.; BOYNO, G.; DEMIR, S. Effects of some biological agents on the growth and biochemical parameters of tomato plants infected with *Alternaria solani*. **European Journal of Plant Pathology**. v. 162, p. 19–29, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-021-02398-2>. Acesso em: 18 ago. 2025.

DATAR, V. V.; MAYEE, C. D. Assessment of losses in tomato yield due to early blight. **Indian Phytopathology**. v. 34, p. 191–195, 1981. Acesso em: 18 ago. 2025.

EL-BATAL, A. I.; EL-SAYYAD, G. S.; ABD ELKODOUS, M.; ATTIA, M. S. Effective antagonistic potential of PGPR against *Alternaria solani* in tomato. **Scientia Horticulturae**. v. 266, p. 109289, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109289>. Acesso em: 18 ago. 2025.

GWARY, D. M.; NAHUNNARO, H. Epiphytotics of early blight of tomato in northeastern Nigeria. **Crop Protection**. v. 17, p. 619–624, 1998. Acesso em: 18 ago. 2025.

PANJURIYA, D.; SHETE, P. P; FARAAZ, M.; DHOLU, D. Etiology, morphology, epidemiology and management of early blight (*Alternaria solani*) of tomato: A review. **The Pharma Innovation Journal**. v. 10, n. 5, p. 1 Acesso em: 18 ago. 2025.

VARMA, P. KISHORE; SINGH, Sher; GANDHI, S. K. Variability among *Alternaria solani* isolates causing early blight of tomato. **Indian Phytopathology**, v. 60, n. 2, p. 180, 2007. Acesso em: 18 ago. 2025.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Epidemiologia e Manejo de Doenças de Plantas Agrícolas e Florestais (LEMP) e ao Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário de Pragas e Doenças (NUDEMAFI), da Universidade Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, pela infraestrutura para realização deste estudo, e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.