

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto
completo desta dissertação será
disponibilizado somente a partir de
17/09/2026

At the author's request, the full text of this
dissertation will not be available online until
Sep. 17, 2026



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



ANA CLARA VIEIRA CANGANI

**SELEÇÃO DE BACTÉRIAS PARA O CONTROLE DE OÍDIO DO
PEPINO ADAPTADAS À MUDANÇA CLIMÁTICA**

Botucatu

2026

ANA CLARA VIEIRA CANGANI

**SELEÇÃO DE BACTÉRIAS PARA O CONTROLE DE OÍDIO DO
PEPINO ADAPTADAS À MUDANÇA CLIMÁTICA**

Dissertação apresentada à
Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp
Câmpus de Botucatu, para
obtenção do título de Mestre
em Agronomia (Proteção de
Plantas)

Orientador: Wagner Bettiol

Botucatu

2026

C222s

Cangani, Ana Clara Vieira

Seleção de bactérias para o controle de oídio do pepino adaptadas à mudança climática / Ana Clara Vieira Cangani. -- Botucatu, 2026
64 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientadora: Wagner Bettiol

1. Fitopatologia. 2. Controle Biológico. 3. Bactéria. 4. Pepino. 5.
Agronomia. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

SELEÇÃO DE BACTÉRIAS PARA O CONTROLE DE OÍDIO DO PEPINO ADAPTADAS À MUDANÇA CLIMÁTICA

AUTORA: ANA CLARA VIEIRA CANGANI

ORIENTADOR: WAGNER BETTIOL

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia (Proteção de Plantas), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. WAGNER BETTIOL (Participação Presencial)
Microbiologia Ambiental / Embrapa Meio Ambiente



Pesquisadora Dr.^a FRANCISLENE ANGELOTTI (Participação Virtual)
Fitopatologia / Embrapa Semiárido



Prof. Dr. MATHEUS APARECIDO PEREIRA CIPRIANO (Participação Virtual)
Proteção Vegetal / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA



Botucatu, 17 de março de 2026.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Dr. Wagner Bettiol e ao Dr. Gabriel Moura Mascarin, agradeço pela orientação, confiança e contribuições técnicas ao longo do desenvolvimento deste trabalho. A experiência, o rigor científico e a disponibilidade de ambos foram fundamentais para a construção e consolidação desta pesquisa.

À Embrapa Meio Ambiente, pela infraestrutura, apoio institucional e ambiente científico que possibilitaram a execução das etapas experimentais deste estudo.

À equipe das casas de vegetação da Embrapa Meio Ambiente, pelo suporte técnico, cuidado com as plantas e auxílio durante a condução dos ensaios, contribuindo diretamente para a qualidade dos experimentos.

À Embrapa Semiárido, pela parceria institucional e colaboração científica, que enriqueceram o desenvolvimento do trabalho e fortaleceram a integração entre as unidades de pesquisa.

À empresa Technes, pelo fornecimento do substrato utilizado nos experimentos, e à empresa Sakata, pelo fornecimento do inóculo de oídio, cujas contribuições foram essenciais para a realização dos ensaios em plântulas.

A todos os colegas, técnicos e colaboradores que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho, seja por meio de apoio técnico, troca de conhecimentos ou incentivo ao longo do percurso acadêmico. Em especial ao Dr. José Henrique Vallim por ceder parte de sua estrutura laboratorial para execução dos experimentos.

Por fim, agradeço a todos que fizeram parte desta trajetória, tornando possível a realização deste trabalho e contribuindo para meu crescimento científico e profissional. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001.

RESUMO

O oídio é uma das principais doenças que afetam as cucurbitáceas, causando perdas significativas, o que demanda estratégias de manejo eficientes e sustentáveis. Com isso, o controle biológico surge como alternativa promissora ao uso intensivo de fungicidas. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo isolar, selecionar e avaliar o potencial de isolados bacterianos para controle do oídio em cucurbitáceas. Para esta pesquisa, o isolamento de antagonistas foi realizado a partir de cinco amostras de solos e de materiais vegetais coletados no semiárido em Petrolina, PE. Três metodologias foram empregadas para o isolamento de bactérias das amostras, sendo elas: o plaqueamento direto das amostras, um grama da amostra suspensa em 9 mL de solução salina esterilizada ($\text{NaCl } 9 \text{ L}^{-1}$) com Tween 80 (0,1%) submetidas a banho de ultrassom e a mesma suspensão submetida a um tratamento térmico de 80 °C, resultando na obtenção de 44 isolados de bactérias. Posteriormente, os isolados foram avaliados quanto ao potencial de controle do oídio (*Podosphaera xanthii*) em plântulas de pepino, em casa de vegetação, considerando três momentos de aplicação: 24 horas antes, simultaneamente e 24 horas após a inoculação do patógeno. Foi avaliada a porcentagem de controle da doença com relação aos diferentes modos de aplicação. Os resultados apresentaram uma ampla variabilidade entre os isolados e entre os momentos de aplicação. Em geral, maiores níveis de controle foram observados nas aplicações realizadas simultaneamente ou no tratamento após 24 horas à inoculação do patógeno, embora alguns isolados tenham apresentado efeito relevante no tratamento preventivo. Após essa seleção, o isolado mais promissor foi formulado e utilizado para ensaios em campo e casa de vegetação em comparação com fungicidas convencionais, tendo como resultado um controle superior que os fungicidas testados. Através dos experimentos podemos observar que o isolado selecionado apresenta potencial para se tornar um promissor agente de biocontrole.

Palavras-chave: controle biológico; bactérias antagonistas; filoplano; *Podosphaera xanthii*.

ABSTRACT

Powdery mildew is one of the main diseases affecting cucurbits, causing significant losses and demanding efficient and sustainable management strategies. Consequently, biological control emerges as a promising alternative to the intensive use of fungicides. In this context, the present study aimed to isolate, select, and evaluate the potential of bacterial isolates to control powdery mildew in cucurbits. For this research, antagonists were isolated from five samples of soil and plant material collected in the semi-arid region of Petrolina, PE. Three methodologies were employed for bacterial isolation: direct plating; sample suspension in 9 mL of sterile saline solution ($9 \text{ g L}^{-1} \text{ NaCl}$) with Tween 80 (0,1%) subjected to an ultrasonic bath; and the same suspension subjected to a heat treatment at 80°C , resulting in 44 bacterial isolates. Subsequently, the isolates were evaluated for their potential to control powdery mildew (*Podosphaera xanthii*) in cucumber seedlings under greenhouse conditions, considering three application timings: 24 hours before, simultaneously with, and 24 hours after pathogen inoculation. The disease control percentage was evaluated relative to the different application modes. The results showed wide variability among isolates and application timings. In general, higher control levels were observed in applications performed simultaneously or 24 hours after pathogen inoculation, although some isolates exhibited relevant effects in the preventive treatment. Following this selection, the most promising isolate was formulated and used in field and greenhouse trials in comparison with conventional fungicides, resulting in superior control compared to the tested fungicides. Through these experiments, it was observed that the selected isolate has the potential to become a promising biocontrol agent.

Keywords: biological control; antagonistic bacteria; phylloplane; *Podosphaera xanthii*.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1	Conceitos Fundamentais do Controle Biológico.....	16
2.2	Mecanismos de Ação dos agentes de controle biológico.....	16
2.3	Prospecção de Agentes de Controle Biológico.....	18
2.4	Mudanças climáticas e doenças de plantas.....	20
2.5	Oídio em Cucurbitáceas.....	22
2.5.1	Estratégias de Manejo Integrado do oídio.....	24
3	MATERIA E MÉTODOS.....	27
3.1	Coleta.....	27
3.2	Isolamento.....	28
3.3	Cultivo <i>in vivo</i> de <i>Podosphaera xanthii</i>.....	30
3.4	Seleção de isolados bacterianos em plântulas de pepino.....	32
3.4.1	Preparo do inóculo bacteriano e do patógeno.....	33
3.4.2	Inoculação e condução de experimento.....	34
3.4.3	Análise dos dados e representação gráfica.....	34
3.5	Ensaio com plantas de melão.....	35
4	Resultados.....	39
4.1	Isolamento de potenciais antagonistas.....	39
4.2	Seleção de isolados bacterianos em plântulas de pepino.....	41
4.3	Ensaio de eficácia de potencial antagonista em casa de vegetação na cultura do melão.....	44
5	DISCUSSÃO.....	48
6	CONCLUSÃO.....	50
	REFERÊNCIAS.....	51
	APENDICÊ A - Dados referentes a seleção de isolados bacterianos em plântulas de pepino (isolados de Melancia Forrageira) utilizados para elaboração do gráfico de eficiência de controle.....	57
	APENDICÊ B - Dados referentes a seleção de isolados bacterianos em plântulas de pepino (isolados do Melão) utilizados para elaboração do gráfico de eficiência de controle.....	58
	APENDICÊ C - Dados referentes a seleção de isolados bacterianos em plântulas de pepino (isolados de Beldroega) utilizados para elaboração do gráfico de eficiência de controle.....	59

APENDICÊ D - Dados referentes a seleção de isolados bacterianos em plântulas de pepino (isolados de planta daninha não identificada) utilizados para elaboração do gráfico de eficiência de controle.....	60
APÊNDICE E - Dados referentes a seleção de isolados bacterianos em plântulas de pepino (isolados do Solo) utilizados para elaboração do gráfico de eficiência de controle.....	61
APENDICÊ F - Dados obtidos de ensaio com plantas de melão realidado em casa de vegetação demonstrando severidade da doença no experimento.....	62
APENDICÊ G - Dados referentes ao ensaio realizado com plantas de melão campo demonstrando as avaliações de área foliar doente e da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD).....	63
ANEXO A- Protocolo para seleção massal de ACBs – LCB Embrapa Semiárido	64

1 INTRODUÇÃO

As cucurbitáceas são um grupo de olerícolas de grande importância para a agricultura brasileira, sendo o melão, a melancia e o pepino destaques dentre essas hortaliças. De acordo com o senso agropecuário de 2017, a produção anual de pepino foi de 184.161 toneladas, sendo equivalente a 171.724 mil reais. O maior estado produtor de pepino do país é o estado de São Paulo (46.594 mil reais), seguido de Minas Gerais (17.926 mil reais) e Santa Catarina (15.351 mil reais) (IBGE, 2017).

Contudo, a produtividade dessas culturas é severamente afetada por doenças fúngicas. O oídio, por exemplo, causado pelo fungo *Podosphaera xanthii* é uma das doenças limitantes para as cucurbitáceas, tanto em cultivo protegido quanto em campo (Caligiore-Gei *et al.*, 2022; Nogueira *et al.*, 2011).

Esse patógeno é um parasita biotrófico, ou seja, depende de tecidos vivos do hospedeiro para sua sobrevivência e reprodução. O sinal característico da doença é a presença de uma massa branca pulverulenta (os micélios, conidióforos e conídios do fungo), que colonizam principalmente a superfície foliar, reduzindo a área fotossintética, causando a senescência precoce das folhas e consequentemente perdas expressivas de produtividade e qualidade comercial dos frutos (Mcgrath, 2024; Reis, 2007; Wang *et al.*, 2024).

O oídio apresenta um ciclo epidemiológico rápido em condições favoráveis, com sintomas aparentes entre 3 e 7 dias após a infecção. O desenvolvimento do patógeno é potencializado por temperaturas entre 20 e 27 °C (embora a infecção ocorra na faixa de 10 a 32 °C), além de crescimento adensado e baixa luminosidade.

Contudo, o desenvolvimento do fungo é interrompido quando as temperaturas excedem os 38 °C (Mcgrath, 2024; Reis, 2007; University of Connecticut, 2016). Sua disseminação ocorre principalmente através do vento, que carrega seus conídios para outras plantas suscetíveis. Uma alta taxa de reprodução do patógeno permite que epidemias alcancem níveis severos em poucos dias, caso não aconteçam medidas de controle (Kurozawa; Pavan, 1997).

Historicamente, o manejo desta doença foi baseado na aplicação de fungicidas sintéticos e na resistência genética de variedades. Entretanto, devido ao uso indiscriminado desses compostos existem diversos riscos, como a contaminação de mananciais e do solo. Além disso, o uso de pesticidas químicos causam danos ambientais

pela introdução de elementos nocivos, desenvolvimento de patógenos mais resistentes e riscos a saúde humana (Chen *et al.*, 2025; Kim *et al.*, 2024). Existe também o risco de uma pressão de seleção exercida pelo uso contínuo, levando ao surgimento de populações resistentes, tornando o controle químico cada vez menos eficiente e mais oneroso (Ghini; Hamada; Bettiol, 2008; Sarhan; Abd-Elsyed; Ebrahiem, 2020).

Aliado ao cenário dos riscos ambientais, a presença de resíduos químicos nos frutos, tem cada vez mais se tornado uma preocupação crescente para a segurança alimentar e para atendimento de padrões de exportação. Em um cenário de mudança climática, existe a real necessidade de desenvolver métodos de controle de doenças que atendam aos preceitos da agricultura sustentável. Nesse contexto, a integração de métodos culturais, variedades resistentes e controle biológico apresentam-se como alternativas mais viáveis para reduzir a carga química nos sistemas (Ghini; Hamada; Bettiol, 2008; Sarhan; Abd-Elsyed; Ebrahiem, 2020). Os agentes de controle biológico surgem então como uma alternativa, sendo os métodos baseados em microrganismos excelentes para controle de patógenos de plantas (Angelotti; Hamada; Bettiol, 2024).

O controle biológico envolve a aplicação de microrganismos benéficos, como bactérias, fungos e compostos bioativos derivados, que podem atuar por meio de competição, antibiose, parasitismo ou atuando na indução de resistência natural da planta (Pawełkiewicz *et al.*, 2025).

Dentro do espectro de Agentes de Controle Biológico (ACBs), as bactérias do gênero *Bacillus* estão em uma posição de destaque contra essa doença, devido as suas características morfofisiológicas únicas, como a produção de endósporos, que são estruturas que apresentam resistência ao calor, dessecação e radiação UV, conferindo uma vantagem competitiva crucial para a sobrevivência em campo e maior vida de prateleira em produtos comerciais (Filho; Ferro; Pinho, 2010).

Diante deste cenário, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficácia de diferentes isolados de bactérias obtidos das amostras coletadas na região do semiárido brasileiro para o controle do oídio em pepino, investigando os possíveis mecanismos envolvidos na supressão da doença nas cucurbitáceas. Além disso, isolar bactérias com potencial de controle do fungo, quantificar a redução da severidade e a incidência da doença sob tratamento biológico e discutir a viabilidade técnica desses isolados como alternativa aos fungicidas convencionais. A hipótese central é que os

isolados testados possam apresentar múltiplos mecanismos de ação, garantindo uma proteção robusta e sustentável às cucurbitáceas, além de serem adaptados ao clima futuro.

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto
completo desta dissertação será
disponibilizado somente a partir de
17/09/2026

At the author's request, the full text of this
dissertation will not be available online until
Sep. 17, 2026

6 CONCLUSÕES

A caracterização do potencial de biocontrole de isolados bacterianos para o controle de *Podosphaera xanthii* permitiu identificar agentes promissores para o manejo sustentável de cucurbitáceas.

O isolado 208 demonstrou alta plasticidade funcional, tendo resultados positivos quando foi aplicado de forma curativa, preventiva e simultaneamente ao patógeno. Esse desempenho sugere a presença de múltiplos mecanismos de ação, como a produção de metabólitos secundários e enzimas hidrolíticas. Nos ensaios de casa de vegetação e campo, o isolado superou a eficácia do fungicida químico padrão.

O desempenho insatisfatório do tratamento alternado (Biológico + Químico) sugere uma possível incompatibilidade entre o fungicida utilizado e o isolado bacteriano. Dessa maneira novos estudos de compatibilidade química são necessários para o manejo integrado.

O isolado 208 consolida-se como o principal ativo biotecnológico desta pesquisa, apresentando potencial para reduzir a dependência de fungicidas químicos, mitigar riscos de resistência do patógeno e promover uma produção de melão mais sustentável na região da Caatinga.

Este trabalho contribui para o avanço do conhecimento sobre o uso de bactérias antagonistas no manejo do Oídio em cucurbitáceas e para o desenvolvimento de estratégias de controle mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- ABO-ELYOUSR, K. A. M. *et al.* Evaluation of native bacterial isolates for control of cucumber powdery mildew under greenhouse conditions. **Horticulturae**, [S. l.], v. 8, n. 12, p. 1143, Nov. 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/12/1143>. Acesso em: 13 Abr. 2026.
- AMORIM, L.; PASCHOLATI, S. F. Ciclo de relações patógeno-hospedeiro. *In*: AMORIM, L, *et al.* **Manual de fitopatologia**: princípios e conceitos. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2016. v. 1, cap. 4, p. 46-68.
- ANGELOTTI, F.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. A comprehensive review of climate change and plant diseases in Brazil. **Plants**, [S. l.], v. 13, n. 17, p. 2447, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/13/17/2447>. Acesso em: 13 Abr. 2026.
- BETTIOL, W. Leite de vaca cru para o controle de oídio. Embrapa Meio Ambiente, 2004. 4 p. (**Comunicado Técnico, 14**). ISSN 1516-8638. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/18440>. Acesso em: 13 Abr. 2026.
- BETTIOL, W. *et al.* Supressividade a fitopatógenos habitantes do solo. *In*: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas**: uso e perspectivas. Embrapa Meio Ambiente, 2009. cap. 12, p. 195-212.
- BETTIOL, W. *et al.* Controle de qualidade e conformidade de produtos e fermentados à base de *Bacillus* spp.: proposta metodológica. Embrapa Meio Ambiente, 2022. 12 p. (**Comunicado Técnico, 59**). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1146275/1/Bettiol-Control-qualidade-2022-2.pdf>. Acesso em: 13 Abr. 2026.
- BONATERRA, A. *et al.* Bacteria as biological control agents of plant diseases. **Microorganisms**, [S. l.], v. 10, n. 9, p. 1759, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2607/10/9/1759>. Acesso em: 13 Abr. 2026.
- BUFFARA, C. R. S. *et al.* Elaboration and validation of a diagrammatic scale to assess downy mildew severity in grapevine. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 44, n. 8, p. 1384-1391, ago. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/tnfJkGTH9NPrv4T9pQnddj/?lang=en>. Acesso em: 13 Abr. 2026.
- CALIGIORE-GEI, P. F. *et al.* Cucurbit powdery mildew: first insights for the identification of the causal agent and screening for resistance of squash genotypes (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Lam. Duchesne ex Poir.) in Mendoza, Argentina. **The plant pathology journal**, [S. l.], v. 38, n. 4, p. 296-303, ago. 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/362414161>. Acesso em: 13 Abr. 2026.
- CHAKRABORTY, S.; NEWTON, A. C. Climate change, plant diseases and food security: an overview. **Plant pathology**, [S. l.], v. 60, n. 1, p. 2-14, fev 2011. Disponível em: <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-3059.2010.02411.x>. Acesso em: 13 Abr. 2026.

CHEN, D. *et al.* Isolation and characterization of new antagonistic bacteria P10-7 and evaluation of its biocontrol potential against tomato gray mold. **Frontiers in Microbiology**, [S. l.], v. 16, p. 1-15, Set. 2025. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12488616/>. Acesso em: 13 Abr. 2026.

DELCOUR, I.; SPANOGHE, P.; UYTENDAELE, M. Literature review: Impact of climate change on pesticide use. **Food research international**, [S. l.], v. 68, p. 7-15, Fev. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996914006309>. Acesso em: 13 Abr. 2026.

DI BENEDETTO, N. A. *et al.* Isolation, screening, and characterization of plant-growth-promoting bacteria from durum wheat rhizosphere to improve N and P nutrient use efficiency. **Microorganisms**, [S. l.], v. 7, n. 11, p. 541, nov. 2019. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6920805/>. Acesso em: 13 Abr. 2026.

EILENBERG, J.; HAJEK, A.; LOMER, C. Suggestions for unifying the terminology in biological control. **BioControl**, [S. l.], v. 46, n. 4, p. 387-400, dez. 2001. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1014193329979>. Acesso em: 13 Abr. 2026.

ELAGAMEY, E. *et al.* Evaluation of natural products and chemical compounds to improve the control strategy against cucumber powdery mildew. **European journal of plant pathology**, [S. l.], v. 165, p. 385–400, jan. 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10658-022-02612-9>. Acesso em: 13 Abr. 2026.

FAO. How climate change impacts plant health - and why it matters for one health. Rome: **FAO**, 2026a. Disponível em: <https://www.fao.org/one-health/highlights/how-climate-change-impacts-plant-health/en>. Acesso em: 13 Abr. 2026.

FAO. Why plant health is the root of one health. Rome: **FAO**, 2026b. Disponível em: <https://www.fao.org/one-health/areas-of-work/plant-health/en>. Acesso em: 13 Abr. 2026.

FESSIA, A. *et al.* Could *Bacillus* biofilms enhance the effectivity of biocontrol strategies in the phyllosphere? **Journal of applied microbiology**, [S. l.], v. 133, n. 4, p. 2148-2166, out. 2022. Disponível em: <https://enviromicro-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jam.15596>. Acesso em: 13 Abr. 2026.

GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. Climate change and plant diseases. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, p. 98-107, dez 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/QvW4Ly63BjJHSdPK99LG9ML/?lang=en>. Acesso em 13 Abr. 2026.

GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. Impacto das mudanças climáticas sobre as doenças de plantas. In: GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. **Impacto das**

mudanças climáticas sobre as doenças de plantas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. cap. 1, p. 15-39.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de pepino.** Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/pepino/br>. Acesso em: 20 abr. 2026.

KHAN, A. R. *et al.* *Bacillus* spp. as bioagents: uses and application for sustainable agriculture. **Biology**, [S. l.], v. 11, n. 12, p. 1763, dez 2022. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9775066/>. Acesso em 13 Abr. 2026.

KIM, M. *et al.* Control of cucumber powdery mildew using resistant cultivars and organic agricultural materials. **Journal of microbiology and biotechnology**, [S. l.], v. 35, p. 1-10, nov. 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11813349/>. Acesso em 13 Abr. 2026.

KÖHL, J.; KOLNAAR, R.; RAVENSBERG, W. J. Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: relevance beyond efficacy. **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 10, p. 845, jul 2019. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2019.00845/full>. Acesso em 13 Abr. 2026.

KÖHL, J. *et al.* Stepwise screening of microorganisms for commercial use in biological control of plant-pathogenic fungi and bacteria. **Biological Control**, [S. l.], v. 57, n. 1, p. 1-12, abr. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964410002641>. Acesso em 13 Abr. 2026.

KUROZAWA, C.; PAVAN, M. A. Doenças das cucurbitáceas. *In*: KIMATI, H. *et al.* **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v. 2, cap. 29, p. 307-318.

LAHLALI, R. *et al.* Effects of climate change on plant pathogens and host-pathogen interactions. **Crop and Environment**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 159-170, Set. 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2773126X24000212>. Acesso em 13 Abr. 2026.

FILHO, R. L.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Trópica: ciências agrárias e biológicas**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 12-20, 2010.

LEGEIN, M. *et al.* Modes of action of microbial biocontrol in the phyllosphere. **Frontiers in Microbiology**, [S. l.], v. 11, p. 1619, jul 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2020.01619/full>. Acesso em 13 Abr. 2026.

LEUNG, Kelley *et al.* Next-generation biological control: the need for integrating genetics and genomics. **Biological Reviews**, [S. l.], v. 95, n. 6, p. 1838-1854, ago

2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/brv.12641>. Acesso em 13 Abr. 2026.

MATZRAFI, Maor. Climate change exacerbates pest damage through reduced pesticide efficacy. **Pest management science**, [S. l.], v. 75, n. 1, p. 9-13, jan. 2019. Disponível em: <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.5121>. Acesso em 13 Abr. 2026.

MBOW, Cheikh *et al.* Food Security. In: SHUKLA, Priyadarshi R. *et al.* Climate change and land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. **IPCC**, Geneva:, 2019. Cap. 5. p. 437-550. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/chapter-5/>. Acesso em 13 Abr. 2026.

MCGRATH, Margaret Tuttle. Cucurbit powdery mildew. In: CORNELL University. Vegetables: resources for commercial growers. [S. l.]: **Cornell University**, abr. 2024. Disponível em: <https://www.vegetables.cornell.edu/pest-management/disease-factsheets/cucurbit-powdery-mildew/#3>. Acesso em 13 Abr. 2026.

MEDEIROS, F. H. V.; SILVA, J. C. P.; PASCHOLATI, S. F. Controle biológico de doenças de plantas. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; FILHO., A.B.. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2016. v. 1, cap. 17, p. 261-272.

MELLO, S. C. M. *et al.* Controle de doenças de plantas. In: FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 10, p. 291-326.

MENG, X. *et al.* Transcriptome sequence analysis of the defense responses of resistant and susceptible cucumber strains to *Podosphaera xanthii*. **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 13, p. 872218, mai 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2022.872218/full>. Acesso em 13 Abr. 2026.

MERGAWY, M. M. Biological control of powdery mildew on chamomile plants. **Journal of plant and food sciences**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 10-22, 2023.

MORADI, N. *et al.* Comparative study of selected cucumber cultivars resistant to powdery mildew caused by *Sphaerotheca fuliginea*. **Plant cell biotechnology and molecular biology**, [S. l.], v. 18, n. 1-2, p. 30-38, 2017.

MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. Controle biológico de doenças de plantas no Brasil. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. cap. 1, p. 7-32.

MOSTAFA, Y. S. *et al.* Effective management of cucumber powdery mildew with essential oils. **Agriculture**, [S. l.], v. 11, n. 11, p. 1177, nov 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/11/1177>. Acesso em 13 Abr. 2026.

NOGUEIRA, D. R. S. *et al.* Eficiência de *Bacillus subtilis* e *B. pumilus* no controle de *Podosphaera xanthii* em meloeiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 3, p. 125-130, jul./set. 2011. Disponível em: <http://revista.gvaa.com.br>. Acesso em 13 Abr. 2026.

PAWEŁKOWICZ, M. *et al.* Molecular insights into powdery mildew pathogenesis and resistance in cucurbitaceous crops. **Agriculture**, [S. l.], v. 15, n. 16, p. 1743, ago 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/15/16/1743>. Acesso em 13 Abr. 2026.

RABELO, H. O. *et al.* Cucurbits powdery mildew race identity and reaction of melon genotypes. **Pesquisa agropecuária tropical**, Goiânia, v. 47, n. 4, p. 440-447, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/N8m6R5pZ7L3zX6X9k9f9b6G/>. Acesso em 13 Abr. 2026.

REIS, A. Oídio das cucurbitáceas. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, dez 2007. 8 p. (**Comunicado Técnico, 42**). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/781610> Acesso em 13 Abr. 2026.

SARHAN, E. A. D.; ABD-ELSYED, M. H. F.; EBRAHIEM, A. M. Y. Biological control of cucumber powdery mildew (*Podosphaera xanthii*) (Castagne) under greenhouse conditions. **Egyptian journal of biological pest control**, [S. l.], v. 30, n. 65, p. 1-12, mai 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s41938-020-00267-4>. Acesso em 13 Abr. 2026.

STADNIK, M. J. História e taxonomia de oídios. *In*: STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. **Oídios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. cap. 1, p. 19-52.
STADNIK, M. J.; KOBORI, R. F.; BETTIOL, W. Oídio de cucurbitáceas. *In*: STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. **Oídios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. cap. 9, p. 217-254.

STENBERG, J.A. *et al* When is it biological control? A framework of definitions, mechanisms, and classifications. **Journal of. Pest. Science**. [S. l.], v. 94, p. 665–676, mar 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10340-021-01354-7>. Acesso em 13 mai 2026.

TAVARES, S. C. C. H.; COSTA, N. D.; NEVES, R. A. F.; SILVA, P. C. G. C.; LIMA, M. L. C.; MENEZES, C. A. F. Práticas de controle químico e biológico do oídio no meloeiro em subsídio à produção integrada. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, jul. 2004.

UNIVERSITY OF CONNECTICUT. Home and garden education center. powdery mildew of cucurbits. storrs: **UConn**, 2016. Disponível em: <https://homegarden.cahn.uctn.edu/factsheets/powdery-mildew-of-cucurbits/>. Acesso em 13 Abr. 2026.

RUIZ, V.V. *et al.* A new era in the discovery of biological control bacteria: omics-driven bioprospecting. **Soil Systems**, [S. l.], v. 9, n. 4, p. 108, out 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2571-8789/9/4/108>. Acesso em 13 Abr. 2026.

LENTEREN, J.C. V., BUENO, V. H. P., BETTIOL, W. Latin America has the largest area under augmentative biological control worldwide, mainly with applications in open field crops. **Biological Control**, [S. l.], v. 207, jan 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964425001379> Acesso em: 13 mai 2025

VIECELLI, C. A.; CARVALHO, J. C.; DE MARCHI, F. H. Controle biológico de oídio da soja com a utilização da levedura *Saccharomyces cerevisiae* e leite *in natura*. **Thêma et Scientia**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 110-121, 2014.

WANG, J. *et al.* Research progress on the genetic and molecular mechanisms of cucumber (*Cucumis sativus* L.) powdery mildew resistance. **Horticulturae**, [S. l.], v. 10, n. 11, p. 1166, out 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-7524/10/11/1166>. Acesso em 13 Abr. 2026.

WILLIAMS, M. E. P.; KNOX, O. G. G.; FORSYTH, L. M. Biological control agents: the importance for specific and targeted screening techniques to enable their effective and successful implementation. **European journal of plant pathology**, [S. l.], v. 131, p. 1-18, mar. 2025. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/391112508>. Acesso em 13 Abr. 2026.

YASMIN, S. *et al.* Biocontrol of bacterial leaf blight of rice and profiling of secondary metabolites produced by rhizospheric *Pseudomonas aeruginosa* BRp3. **Frontiers in Microbiology**, [S. l.], v. 8, p. 1895, out. 2017. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2017.01895/full> Acesso em 13 Abr. 2026.