

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 21/01/2024

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until January 21, 2024



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



LAIS MAYARA MELO DURE

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE FERMENTAÇÃO E FORMULAÇÃO DE *Bacillus velezensis* PARA USO COMO BIOPROTETOR NA AGRICULTURA

Botucatu

2022

LAIS MAYARA MELO DURE

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE FERMENTAÇÃO E FORMULAÇÃO DE *Bacillus velezensis* PARA USO COMO BIOPROTETOR NA AGRICULTURA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutora em Proteção de Plantas (Programa de Pós-Graduação em Agronomia).

Orientador: Wagner Bettiol

BOTUCATU

2022

D955a	<p>Dure, Laís Mayara Melo</p> <p>Avaliação de métodos de fermentação e formulação de <i>Bacillus velezensis</i> para uso como bioprotetor na agricultura / Laís Mayara Melo Dure. -- Botucatu, 2022 70 p. : il., tabs.</p> <p>Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu Orientador: Wagner Bettiol</p> <p>1. <i>Bacillus</i> spp.. 2. Controle Biológico. 3. Formulação de bioprodutos. 4. Processos fermentativos. I. Título.</p>
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE FERMENTAÇÃO E DE FORMULAÇÃO DE *Bacillus velezensis* PARA USO COMO BIOPROTETOR NA AGRICULTURA

AUTORA: LAÍS MAYARA MELO DURÉ

ORIENTADOR: WAGNER BETTIOL

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (PROTEÇÃO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:

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



Prof. Dr. EDSON LUIZ FURTADO (Participação Virtual)
Proteção de Plantas / Universidade Estadual Paulista - câmpus Botucatu



Pesquisadora Dr.ª LAURA BONONI (Participação Virtual)
Proteção de Plantas / NOOA Ciência e Tecnologia Agrícola



Prof.ª Dr.ª BIANCA OBÉS CORREA (Participação Virtual)
Fitopatologia / Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal



Pesquisadora Dr.ª ZAYAME VEGETTE PINTO (Participação Virtual)
Ballagro Agro Tecnologia Ltda.



Botucatu, 21 de julho de 2022

A todas as pessoas que me incentivaram e apoiaram nesta jornada. Em especial, minha avó

Edla de Faro Valença (*in memoriam*).

Dedico

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Adriana Lara Valença Melo, minha irmã Camila Adriane Melo Duré, por estarem sempre ao meu lado, me apoiando e incentivando.

Ao Prof. Wagner Bettiol, pela orientação, confiança, paciência e, principalmente, pela dedicação e ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

À equipe do Laboratório de Microbiologia Ambiental “Raquel Ghini” da Embrapa Meio Ambiente, em especial à Neusa, Rosely e Carol.

À Embrapa Meio Ambiente, pela oportunidade de desenvolver esta tese e oportunidade para meu aperfeiçoamento profissional.

Aos amigos que fiz nesta jornada e que se mantiveram firmes e fortes ao meu lado nas intermináveis fermentações, sem perder o bom humor.

Aos professores da pós-graduação que muito contribuíram para a minha formação.

À Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrônômicas, pela oportunidade da realização do doutorado no Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas.

Aos membros da banca, pela disponibilidade em colaborar com este trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código do Financiamento 001

A todos que contribuíram com o desenvolvimento e finalização desta pesquisa.

RESUMO

Bacillus é um dos gêneros de bactérias com diversidade biotecnológica reconhecidos por secretarem vários metabólitos que promovem o crescimento das plantas e previnem a infecção por patógenos. O presente trabalho teve como objetivo otimizar a produção de endósporos do isolado de *Bacillus velezensis* AP-3 via fermentação líquida e fermentação semi-sólida; produzir uma formulação de fungicida biológico à base de endósporo, bem como avaliar o potencial como agente de controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* e como promotor de crescimento em plantas de feijão. Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Microbiologia Ambiental “Raquel Ghini” e em Casa de Vegetação da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. Nos ensaios conduzidos em laboratório foram otimizadas combinações entre variáveis que interferem no processo fermentativo, tanto em meio semi-sólido, como líquido. A partir de suspensões destes meios foi estudado o potencial antagonista do isolado por meio da produção de antibióticos e metabólitos contra *S. sclerotiorum* e *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi*. Também foram obtidas formulações em pó utilizando talco e fécula de batata. O ensaio de promoção de crescimento de plantas consistiu em avaliar os formulados em diferentes formas de aplicação (tratamento de semente, aplicação no sulco de semeadura e tratamento de sementes em associação com aplicação em sulco de semeadura). As modificações de variáveis no meio de cultura alteraram a quantidade de endósporos produzidos por *B. velezensis* AP-3. A produção via fermentação em estado sólido com farinha de arroz e fécula de batata foi viável quando fermentadas por 7 dias em meio com 60% de umidade, sendo as maiores medias de concentrações de $2,06 \times 10^8$ e $1,82 \times 10^8$ UFC g⁻¹. Por outro lado, o meio de Melaço + Farelo de Algodão produziu $1,69 \times 10^9$ UFC mL⁻¹ de endósporos de *B. velezensis* via fermentação submersa. As formulações obtidas a partir dos endósporos produzidos via fermentação submersa em mistura com talco e fécula de batata apresentaram viabilidade estável em formulações por até 226 dias (última avaliação). O isolado inibiu o crescimento micelial dos dois patógenos testados, além disso, apresentou potencial para promoção de crescimento de plantas de feijão influenciando positivamente o desenvolvimento do sistema radicular.

Palavras-chave: *Bacillus* spp.; controle biológico; formulação de bioprodutos; processos fermentativos.

ABSTRACT

Bacillus is one of the bacteria genera with biotechnological diversity recognized for secreting several metabolites that promote plant growth and prevent infection by pathogens. The objectives of this study were to optimize endospore production of *Bacillus velezensis* strain AP-3 via liquid fermentation and semi-solid fermentation; to produce an endospore-based biofungicide formulation, as well as to evaluate its potential as a control of *Sclerotinia sclerotiorum* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, and as a growth promoter in bean plants. The assays were carried out at the Laboratory of Environmental Microbiology “Raquel Ghini” and at the greenhouse of Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. In the assays carried out in the laboratory combinations between variables that interfere in the fermentation process were optimized, both in solid and liquid media. From suspensions of these media, the antagonistic potential of the isolate was studied through the production of metabolites against *S. sclerotiorum* and *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Powder formulations were obtained in talc and potato starch. The plant growth promotion assays consisted of evaluating the formulas in several delivery application (seed treatment, application in the sowing furrow and seed treatment associated with application in the sowing furrow). The variables evaluated in the culture medium changed the concentration of endospores produced by *B. velezensis* AP-3. Solid-state fermentation in medium containing rice flour and potato starch was viable when fermented for 7 days in a medium with 60% humidity, with the highest mean concentrations of 2.06×10^8 and 1.82×10^8 UFC g⁻¹. On the other hand, the Molasses + Cotton Bran medium produced 1.69×10^9 CFU mL⁻¹ of *B. velezensis* via submerged fermentation. The formulations obtained from the endospores produced via submerged fermentation in a mixture with talc and potato starch showed stable viability in formulations for up to 226 days (last evaluation). The isolate inhibited the mycelial growth of the two pathogens evaluated, in addition, it showed potential for promoting the growth of bean plants, positively influencing the development of the root system.

Keywords: *Bacillus* spp.; biological control; formulation of bioproducts; fermentation processes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Esquema das principais fases do ciclo de vida de *Bacillus* spp.....28
- Figura 2 - Diagrama de Pareto ($\alpha < 0,05$) com os efeitos padronizados dos fatores na produção de endósporos de *Bacillus* AP-3 em diferentes substratos (UFC g⁻¹) 45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis e seus valores codificados e níveis utilizados no planejamento experimental de Plackett-Burman para otimização da produção de unidades formadoras de colônia do isolado de <i>Bacillus velezensis</i> AP-3 em meio sólido	37
Tabela 2 - Composição dos meios líquidos utilizados para otimização da produção de unidades formadoras de colônia e número de endósporos do isolado de <i>Bacillus</i> AP-3	38
Tabela 3 - Rendimento da produção de endósporos de <i>Bacillus velezensis</i> AP-3 obtidos através de fermentação sólida – Desenho experimental do tipo Plackett-Burman 12 com 3 pontos centrais	40
Tabela 4 - Valores estimados dos efeitos e valores de <i>P</i> para umidade (%), teor de nitrogênio (%), tempo de fermentação (dias) e substrato (farinha de arroz e fécula de batata) na produção de unidades formadoras de colônia do isolado de <i>Bacillus velezensis</i> AP-3 em meio sólido.....	44
Tabela 5 - Produção das unidades formadoras de colônias (UFC mL ⁻¹) de <i>Bacillus velezensis</i> AP-3 em diferentes meios de culturas sob fermentação líquida.	45
Tabela 6 - Antibiose pela produção de antibióticos metabólitos por diferentes meios de cultura contra <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> e <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. lycopersici	46
Tabela 7 - Formulação de <i>Bacillus velezensis</i> AP-3 em fécula de batata e talco utilizando meios líquidos	47
Tabela 8 - Viabilidade de esporos de <i>Bacillus velezensis</i> AP-3 formulados em fécula de batata e talco após 30, 55, 124 e 226 dias (DAF) de armazenamento da formulação.....	48
Tabela 9 – Efeito dos produtos formulados à base de <i>Bacillus velezensis</i> AP-3 aplicados via tratamento de sementes e no sulco de semeadura no desenvolvimento de feijoeiro.	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	22
2.1	Controle Biológico.....	22
2.2	Gênero <i>Bacillus</i>.....	24
2.2.1	Habitat e Fisiologia.....	25
2.2.2	Esporulação.....	26
2.2.3	Produção de Antibióticos e Metabólitos.....	28
2.2.4	Promoção de Crescimento em Plantas.....	30
2.3	Processos Fermentativos para a Produção de Microrganismos.....	31
2.4	Formulação de Agentes de Controle a Base de <i>Bacillus</i>.....	34
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
3.1	Isolados e Manutenção da Cultura.....	36
3.2	Otimização da Fermentação Sólida em Diferentes Substratos.....	36
3.3	Otimização da Fermentação Líquida.....	39
3.4	Antibiose Avaliada pela Produção de Antibióticos e Metabólitos.....	40
3.5	Formulação de <i>Bacillus</i> em Talco e Fécula de Batata.....	41
3.6	Promoção de Crescimento de Feijoeiro.....	41
4	RESULTADOS.....	43
5	DISCUSSÃO.....	50
6	CONCLUSÕES.....	55
	REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

As doenças das plantas causadas por bactérias e fungos podem levar a uma redução do potencial de produção na ausência de medidas adequadas de controle. Além disso, o uso excessivo e descontrolado de pesticidas químicos pode levar à diminuição da produção das culturas devido ao desenvolvimento da resistência dos patógenos aos princípios ativos (DIMKIC et al., 2022).

Devido à preocupação da sociedade diante do uso demasiado de agrotóxicos na agricultura e seus potenciais problemas, tanto à saúde pública quanto ao equilíbrio dos sistemas biológicos, tem-se buscado um sistema de produção apoiado em princípios ecológicos (SINDHU et al., 2016; SHARMA et al., 2019). Essas intervenções para o manejo de pragas e doenças reduzem o contato humano com pesticidas químicos e diversas abordagens têm sido utilizadas para minimizar ou reduzir a aplicação de agrotóxicos (SEHRAWAT et al., 2022). Vários microrganismos estão sendo explorados como agentes de biocontrole no sistema de manejo integrado de pragas (MIP) (CUCU et al., 2019; LEYBOURNE et al., 2020).

O controle biológico de doenças surge como uma possibilidade para o manejo de diferentes fitopatógenos, devido ao emprego de diferentes espécies de microrganismos (MORANDI; BETTIOL, 2009; KONG et al., 2016). Além disso, é uma técnica eficaz e segura, reduzindo os impactos negativos dos agroquímicos no ambiente, nos alimentos e na resistência dos patógenos (THAKKAR; SARAFI, 2015). Os agentes microbianos de controle biológico protegem as culturas contra danos por doenças via diferentes mecanismos de ação, tais como: antibiose, parasitismo, competição, predação ou indução de resistência (PIETERSE et al., 2014; CONRATH et al., 2015; FIRA et al., 2018).

Dentre as bactérias com efeito antagonista contra fitopatógenos destacam-se as do gênero *Bacillus* (KOREJO et al., 2017; SENDI et al., 2020). Na busca de agentes de controle biológico para a agricultura sustentável, a descoberta de *Bacillus* spp. é muito significativa, pois estudos indicam que essas bactérias são promissores agentes de biocontrole de fitopatógenos e promoção do crescimento de plantas. *Bacillus* produzem um amplo espectro de moléculas bioativas com atividades antagonicas, e ainda produzem metabólitos secundários, incluindo lipopolipeptídeos e bacteriocinas

entre outros (CAWOY et al., 2011; DEVI et al., 2019; ANDRÍ; MEYER; ONGENA, 2020).

Espécies de *Bacillus* são conhecidas por melhorar o desenvolvimento e o crescimento das plantas. O principal meio e a abordagem para o estímulo do crescimento incluem a produção de fitohormônios estimulantes do crescimento, solubilização e mobilização de fosfato insolúvel presente no solo, produção de componentes proteicos, como sideróforos, e produção de antibióticos (WU et al., 2014; GUPTA et al., 2015; RIBEIRO et al., 2018). Além destas propriedades benéficas, este gênero bacteriano está envolvido na inibição da produção de etileno e estimulação da resistência sistêmica da planta contra fitopatógenos (SANTNER; ESTELLE, 2009).

A produção e comercialização dos produtos biológicos passa pela otimização de sua produção em massa, sendo os processos de produção a partir de fermentações considerado de grande relevância. Neste processo podem ser utilizados resíduos da agroindústria e materiais que tornem a produção eficiente e de baixo custo. Atualmente, diversos produtos são obtidos nos processos fermentativos gerados pelos metabolismos primário e secundário do microrganismo cultivado concomitante à produção de biomassa, enzimas e proteínas (WARD, 1991). Os processos microbianos ocorrem na fermentação submersa (FSM ou fermentação líquida) e na em estado semi-sólido ou sólido (FES). No entanto, para escala industrial a fermentação submersa é a mais utilizada (CASTRO; FERREIRA, 2010). Na fermentação semi-sólida a utilização de água é limitada, a necessidade de energia é pequena, a porção de água perdida é insignificante e a alimentação de oxigênio é por difusão. Na fermentação submersa a utilização de água é ilimitada, a alimentação de oxigênio é por aeração, o volume da mistura de fermentação é amplo, a energia necessária é alta e os investimentos são altos (PANDEY, SOCCOL, LEON, 2001).

Os meios de cultura utilizados para a produção em massa de agentes de biocontrole devem ser projetados de modo a se obter o máximo de produção de biomassa e manter a eficácia das cepas microbianas. Além disso, é necessário maximizar a produtividade e reduzir os custos dos processos. Esses meios tem como base as fontes de carbono, nitrogênio e outros nutrientes, o pH e as condições ambientes como temperatura, agitação e taxa de oxigênio dissolvido (LEWIS, 1991). O uso de produtos e subprodutos como fontes de carbono e nitrogênio é uma maneira promissora de reduzir o custo para fornecer um meio de cultura econômico. Mas, a

presença de alguns materiais indesejáveis nesses produtos ou subprodutos e também a heterogeneidade do material pode limitar seu uso em um processo industrial (ZABRISKIE et al., 1980; YÁNEZ-MENDIZÁBAL et al., 2011). Portanto, a seleção e a otimização dos componentes mais significativos do meio de cultura são fundamentais para alcançar uma melhor fermentação (YÁNEZ-MENDIZÁBAL et al., 2011).

Visando ao desenvolvimento de meio de cultura econômico e a otimização das variáveis que interferem no processo de multiplicação, esse trabalho teve como objetivos otimizar a produção de endósporos de *Bacillus velezensis* AP-3 via fermentação líquida e fermentação semi-sólida; produzir uma formulação de biofungicida, em pó, contendo endósporos de *B. velezensis*; e avaliar o seu potencial no controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* e na promoção de crescimento de plantas de feijão.

6 CONCLUSÕES

As modificações de parâmetros no meio de cultura alteram a quantidade de endósporos produzidos por *Bacillus velezensis* AP-3.

A produção via fermentação em estado sólido com farinha de arroz e fécula de batata é viável quando fermentadas durante 7 dias a 60% de umidade.

O meio líquido contendo Melaço + Farelo de Algodão proporcionou concentrações expressivas de endósporos de *B. velezensis* AP-3 via fermentação submersa e sua viabilidade foi mantida em formulações em talco e fécula de batata.

Bacillus velezensis AP-3 inibiu o crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* e de *S. sclerotium*.

REFERÊNCIAS

- ADENIJI, A. A. et al. O. Seleccionando a produção de lipopeptide, *Bacillus* spp.: sondagem metabólica e genômica de *Bacillus velezensis* NWUMFkBS10.5. *Microbiologias Abertas*, v. 8, p. 07-42, 2019.
- ADREES, H. et al. Inducing systemic resistance in cotton plants against charcoal root rot pathogen using indigenous rhizospheric bacterial strains and chemical elicitors. *Crop Protection*, v. 115, p. 75-83, 2019.
- AHEMAD, M. Implications of bacterial resistance against heavy metals in bioremediation: A Review. *Journal of Institute of Integrative Omics and Applied Biotechnology*, v. 3, p. 39-46, 2012.
- AIZAWA, T. et al. *Bacillus trypoxylicola* sp. nov., xylanase-producing alkaliphilic bacteria isolated from the guts of Japanese horned beetle larvae (*Trypoxylus dichotomus septentrionalis*). *International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology*, v. 60, p.61-66. 2010.
- ALCARAZ, L.D. et al. Understanding the evolutionary relationships and major traits of *Bacillus* through comparative genomics. *BMC Genomics*, v.11, n.1, p.1-17, 2010.
- ALONSO, F.O.M. Efeito da agitação e aeração na produção de lípases por *Yarrowia lipolytica*. 2001. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001.
- ASH, C. et al. Phylogenetic heterogeneity of the genus *Bacillus* revealed by comparative analysis of small-subunit-ribosomal RNA sequences. *Letters in Applied Microbiology*, v.13, p.202-206, 1991.
- ATHANASOPOULOS, A. et al. 2019. Fungal plasma membrane domains. *FEMS microbiology reviews*, v. 43, n. 6, p. 642-673, 2019.
- AYED, H.B. et al. Isolation and biochemical characterisation of a bacteriocin-like substance produced by *Bacillus amyloliquefaciens* An6. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, v.3, p.255-261. 2015.
- BAHADIR, P. S.; LIAQAT, F.; ELTEM, R. Plant growth promoting properties of phosphate solubilizing *Bacillus* species isolated from the Aegean Region of Turkey. *Turkish Journal of Botany*, v. 42, n. 2, p. 183-196, 2018.
- BERINI, F. et al. Microbial and viral chitinases: attractive biopesticides for integrated pest management. *Biotechnology Advances*, v.36, p.818-838, 2018.
- BETTIOL, W. G.; MORANDI, M. A. B. (Eds). *Biocontrole de doenças de plantas: usos e perspectivas*. Embrapa: Jaguariúna, p.7-14, 2009.
- BIBI, F. et al. Diversity and characterization of endophytic bacteria associated with tidal flat plants and their antagonistic effects on oomycetous plant pathogens. *Plant Pathology Journal*, v.28, p.20-31, 2012.

BONALDO, S. M.; PASCHOLATI, S. F.; ROMEIRO, R. S. Indução de resistência: noções básicas e perspectivas. In: CAVALCANTI, L. et al. (Eds.). Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos. Piracicaba: FEALQ, 2005. 263 p.

BUKHAT, S. et al. Communication of plants with microbial world: exploring the regulatory networks for PGPR-mediated defense signaling. *Microbiological Research*, v. 238, 2020.

CASTRO, A. M. D.; FERREIRA JR, N. U. Produção, propriedades e aplicação de celulases na hidrólise de resíduos agroindustriais. *Química Nova*, v.33, p.181-188, 2010.

CAWOY, H. et al. *Bacillus*-based biological control of plant diseases. In: STOYTCHIEVA, M. Pesticides in the modern world – pesticides use and management, cap.13, p.273-302, 2011.

CAWOY, H. et al. Lipopeptides as main ingredients for inhibition of fungal phytopathogens by *Bacillus subtilis/amyloliquefaciens*. *Microbial Biotechnology*, v.8, p.281–295, 2015.

CHALIVENDRA, S.; HAM, J. H. *Bacilli* in the biocontrol of mycotoxins. In: Islan, M. D. T.; et al. *Bacilli* and Agrobiotechnology: Phytostimulation and Biocontrol, v. 2, cap. 3, p. 49-62, 2019.

CHEBA, B. A. et al. Effect of nitrogen sources and fermentation conditions on *Bacillus* sp. R2 chitinase production, *Procedia Manufacturing*, v.22, p. 208-287, 2018.

CHEN, L. et al. Antimicrobial, plant growth-promoting and genomic properties of the peanut endophyte *Bacillus velezensis* LDO2. *Microbiology Research*, v. 218, p. 41-44, 2019.

CLAUS, D.; BERKELEY, R. C. W. Genus *Bacillus* Cohn 1872. In: SNEATH P. H. A. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, The Williams & Wilkins Co, v.2, p.1105–1141, 1986.

CLEMENTE, J. M. et al. Use of *Bacillus* spp. as growth promoter in carrot crop. *African Journal of Agricultural Research*, v.11, n.35, p.3355-3359, 2016.

COCHRANE, S. A.; VEDERAS, J. C. Lipopeptides from *Bacillus* and *Paenibacillus* spp.: a gold mine of antibiotic candidates. *Medicinal Research Reviews*, v.36, n.1, p.4–31, 2016.

CONRATH, U. et al. Priming for enhanced defense. *Annual Reviews Phytopathology*, v.53, p. 97–119, 2015.

COOK, R.; BAKER, K. The nature and practice of biological control of plant pathogens. St Paul, MN, USA: American Phytopathological Society. 1983.

COUTO, S. R.; SANROMÁN, M. A. Application of solid-state fermentation to food industry – a review. *Journal of Food Engineering*, v. 76, p. 291-302, 2006.

- CUCU, M. A. et al. An assessment of the modulation of the population dynamics of pathogenic *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in the tomato rhizosphere by means of the application of *Bacillus subtilis* QST 713, *Trichoderma* sp. TW2 and two composts. *Biological Control*, v. 142, p. 104158, 2020.
- CUCU, M. A. et al. Influence of different biological control agents and compost on total and nitrification-driven microbial communities at rhizosphere and soil level in a lettuce - *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* pathosystem. *J Appl Microbiol*, v. 126 p. 905-918, 2019.
- DAS, A. et al. Fungal siderophores: structure, functions and regulation. In: Varma, A.; Chincholkar, S. B. *Microbial Siderophores*, Berlin: Springer-Verlag, v. 12, p. 1-40, 2007.
- DEMAIN, A. L. From natural products discovery to commercialization: a success story. *Journal Ind. Microbiol Biotechnology*, v. 33, p. 486–495, 2006.
- DEVI, S. Depiction of secondary metabolites and antifungal activity of *Bacillus velezensis* DTU001, *Synth. Syst. Biotechnol.*, v. 4, p. 142–149, 2019.
- DIMKIC, I. et al. Plant-associated *Bacillus* and *Pseudomonas* antimicrobial activities in plant disease suppression via biological control mechanisms - A review. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, v. 117, 101754, 2022.
- DUNLAP, C. A. *Bacillus paralicheniformis* sp. nov., isolated from fermented soybean paste. *International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology*, v.65, p.3487-3492, 2015.
- DUNLAP, C. A. et al. *Bacillus swezeyi* sp. nov. and *Bacillus haynesii* sp. nov., isolated from desert soil. *International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology*, v.67, p.2720-2725, 2017.
- DUNLAP, C. A. et al. *Bacillus velezensis* is not a later heterotypic synonym of *Bacillus amyloliquefaciens*; *Bacillus methylotrophicus*, *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* and *Bacillus oryzicola* are later heterotypic synonyms of *Bacillus velezensis* based on phylogenomics. *International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology*, v.66, n.3, p.1212–1217. 2016b.
- DUNLAP, C. A. et al. Genome analysis shows *Bacillus axarquiensis* is not a later heterotypic synonym of *Bacillus mojavensis*; reclassification of *Bacillus malacitensis* and *Brevibacterium halotolerans* as heterotypic synonyms of *Bacillus axarquiensis*. *International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology*, v.66, p.2438-2443, 2016c.
- DUNLAP, C. A. Phylogeny and taxonomy of agriculturally important *Bacillus* species. ISLAN, M. D. T.; RAHMAN, M. M.; PANDEY, P. *Bacilli* and agrobiotechnology: phytostimulation and biocontrol. *Bacilli* in Climate Resilient Agriculture and Bioprospecting, p.143-150, 2019.
- DUNLAP, C. A.; et al. *Bacillus nakamura* sp. nov., a black pigment producing strain. *International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology*, v.66, p.2987-2991. 2016a.

EARL, A.M.; LOSICK, R.; KOLTER, R. Ecology and genomics of *Bacillus subtilis*. Trends Microbiology, v.16, n.6, p.269-275, 2008.

ELNAHAL, A.S. et al. The use of microbial inoculants for biological control, plant growth promotion, and sustainable agriculture: a review. Eur. J. Plant Pathol., v. 162, p. 759-792, 2022.

ERRINGTON, J. Regulation of endospore formation in *Bacillus subtilis*. Nature Reviews Microbiology, v. 1, p. 117-126, 2005.

FAHEINA JUNIOR, G. S.; Produção de celulases por fermentação submersa utilizando micro-organismos prospectados em coleções de culturas nacionais. 2012. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

FAN, L. et al. Genome sequence of *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* gtP20b, isolated from the Indian ocean. Journal of Bacteriology, v.193, n.5, p.1276-1277, 2011.

FANNING, P.; GRIESHOP, M.; ISAACS, R. Efficacy of biopesticides on spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* Matsumura in fall red raspberries. Journal of Applied Entomology, v. 142, p. 26-32, 2018.

FARZAND, A. et al. 2020. Transcriptional profiling of diffusible lipopeptides and fungal virulence genes during *Bacillus amyloliquefaciens* EZ1509-mediated suppression of *Sclerotinia sclerotiorum*. Phytopathology, v. 110, n. 2, p. 317-326, 2020.

FATEMEH, S; REIHANI, S; KHOSRAVI-DARANI, K. Influencing factors on single-cell protein production by submerged fermentation: A review. Eletronic Journal of Biotechnology, v. 37, p. 34-40, 2019.

FAZLE RABBEE M.; BAEK K. H. Atividades antimicrobianas de lipopeptides e poliketides de *Bacillus velezensis* para aplicações agrícolas. Moléculas. v.25, p.49-73, 2020.

FIRA, D. et al. Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species, J. Biotechnol., v. 285, p. 44–55, 2018.

FISHER, S.H.; *in*: SONENSHEIN, A.L.; HOCH, J.A.; LOSICK, R.; eds. *Bacillus subtilis* and other gram-positive bacteria: biochemistry, physiology, and molecular genetics. American Society for Microbiology, Washington, p. 221-228. 1993.

FOX, G. E.; WISOTZKEY, J. D.; JURTSCHUK JR, P. How close is close: 16S rRNA sequence identity may not be sufficient to guarantee species identity. International Journal of Systematic Bacteriology, v. 42, p. 166-170, 1992.

FRIKHA-GARGOURI, O. et al. Lipopeptides from a novel *Bacillus methylotrophicus* 39b strain suppress *Agrobacterium* crown gall tumours on tomato plants. Pest Manag Sci., v. 73, n. 3, p. 568-574, 2017.

- GAGNÉ-BOURQUE, F. et al. Accelerated growth rate and increased drought stress resilience of the model grass *Brachypodium distachyon* colonized by *Bacillus subtilis* B26. *Plos One*, v.10, n.6, p.1-23, 2015.
- GAO, S. F. et al. Swarming motility plays the major role in migration during tomato root colonization by *Bacillus subtilis* SWR01. *Biological Control*, v. 98, p.11-17, 2016.
- GARBEVA, P.; WEISSKOPF, L. Airborne medicine: bacterial volatiles and their influence on plant health. *New Phytologist*, v. 226, p. 32-43, 2020.
- GIBBS, P. A.; SEVIOUR, R. J; SCHIMID, F. Growth of filamentous fungi in submerged culture: problems and possible solutions. *Critical Reviews in Biotechnology*, v.20, n.1, p.17-48, 2000.
- GIBSON. T. A study of *Bacillus subtilis* and related organisms. *Journal of Dairy Research*, v.13, n.3, p.248-260, 1944.
- GOTOR-VILA, A. et al. Formulation of the biocontrol agent *Bacillus amyloliquefaciens* CPA-8 using different approaches: liquid, freeze-drying and fluid-bed spray-drying. *BioControl*, v. 62, p. 545–555, 2017.
- GRADY, E. N. et al. Characterization and complete genome analysis of the surfactin-producing, plant-protecting bacterium *Bacillus velezensis* 9D-6. *BMC Microbiology*, v.19, n.1, article 5, 2019.
- GU, Q.; et al. Bacillomycin D produced by *Bacillus amyloliquefaciens* is involved in the antagonistic interaction with the plant-pathogenic fungus *Fusarium graminearum*. *Applied Environmental Microbiology*, v.83, n.19, p.17.2017.
- GUPTA, G. et al. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. *Journal of Microbial and Biochemical Technology*, v. 7, n. 2, p. 96-102, 2015.
- HAAS, H.; EISENDLE, M.; TURGEON, B. G. Siderophores in fungal physiology and virulence. *Annual Reviews of Phytopathology*, v. 46, p.87-149, 2008.
- HAMDACHE, A. et al. Non-peptide metabolites from the genus *Bacillus*. *Journal of Natural Products*, v.74, p.893-899, 2011.
- HAYAT, R. et al. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Annual Microbiology*, v.60, p.579-598, 2010.
- HIGGINS, D.; DWORKIN, J.; Recent progress in *Bacillus subtilis* sporulation. *Microbiology Reviews*, v.36, p.131-148, 2011.
- HOFFMAN, T. et al. The anaerobic life of *Bacillus subtilis*: cloning of the genes encoding the respiratory nitrate reductase system. *FEMS Microbiology Letters*, v.131, p.219-225, 1995.
- HU, X.; et al. Formulations of the endophytic bacterium *Bacillus subtilis* Tu-100 suppress *Sclerotinia sclerotiorum* on oilseed rape and improve plant vigor in field

trials conducted at separate locations. *Canadian Journal of Microbiology*, v.57, p.539-546, 2011.

ISLAM, M. R. et al. Isolation and identification of antifungal compounds from *Bacillus subtilis* C9 inhibiting the growth of plant pathogenic fungi. *Mycobiology*, v. 40, p. 59–66, 2012.

ISLAN, M. D. T.; RAHMAN, M. M.; PANDEY, P. *Bacilli* and agrobiotechnology: phytostimulation and biocontrol. *Bacilli in Climate Resilient Agriculture and Bioprospecting*, p.143-150, 2019.

JABER, L. R.; OWNLEY, B. H. Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? *Biological Control*, v. 116, p. 36-45, 2018.

JENSEN, D. F. et al. Biological control using microorganisms as an alternative to disease resistance. In: Collinge, D. B. (Ed.) *Plant pathogen resistance biotechnology*. Wiley Blackwell: New York and London, p. 341–363, 2016

Jl, S. H. et al. Biocontrol activity of *Bacillus amyloliquefaciens* CNU114001 against fungal plant diseases. *Mycobiology*, v. 41, n. 4, p. 234-242, 2013.

JIN, Y.-X.; et al. Metabolomics- based component profiling of *Halomonas* sp. KM-1 during different growth phases in poly(3-hydroxybutyrate) production. *Bioresource Technology*, v.140, p.73-79, 2017.

KAI, M. et al. Bacterial volatiles and their action potential. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v.81, p.1001-1012, 2009.

KAMPFER, P. et al. *Bacillus gossypii* sp. nov., isolated from the stem of *Gossypium hirsutum*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, v. 65, p. 4163-4168, 2015.

KESWANI; et al. Formulation technology of biocontrol agents: present status and future (eds.) In: ARORA N.K. et al. *Bioformulations: for Sustainable Agriculture*, cap. 2, p.35-52, 2016.

KHARDZIANI, T. et al. Elucidation of *Bacillus subtilis* KATMIRA 1933 potential for spore production in submerged fermentation of plant raw materials. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, v. 9, n. 4, p. 435-443, 2017.

KIRK, O.; BORCHERT, T. V.; FUGLSANG, C. C. Industrial enzyme applications. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 13, p. 345–351, 2002.

KÖHL, J.; ROGIER, K.; RAVENSBERG, W. J. Mode of Action of Microbial Biological Control Agents Against Plant Diseases: Relevance Beyond Efficacy. *Front. Plant Sci.*, v.10, p. 8-45, 2019.

KOKCHA, S. et al. Noncontiguous-finished genome sequence and description of *Bacillus timonensis* sp. nov. *Stand Genomic Science*, v.6, n.3, p.346-355, 2012.

- KONG, Q. et al. Overexpression of the bivalent antibacterial peptide genes in *Pichia pastoris* delays sour rot in citrus fruit and induces *Geotrichum citri-aurantii* cell apoptosis. *Food Biotechnology*, v. 30, n. 2, p. 79-97, 2016.
- KOREJO, F. et al. Evaluation of antibacterial and antifungal potential of endophytic fluorescent *Pseudomonas* associated with *Salvadora persica* L. and *Salvadora oleoides* Decne. *Pak J Bot*, v. 49, p. 1995-2004, 2017.
- KULIMUSHI, P. Z. et al. Stimulation of fengycin-type antifungal lipopeptides in *Bacillus amyloliquefaciens* in the presence of the maize fungal pathogen *Rhizomucor variabilis*. *Frontiers in microbiology*, v. 8, n. 850, 2017.
- KUMAR, A. et al. Isolation, screening and characterization of bacteria from Rhizospheric soils for different plant growth promotion (PGP) activities: an *in vitro* study. *Recent Research in Science and Technology*, v.4, p.1-5, 2012.
- LANNA FILHO, R.; FERRO, H. M; PINHO, R. S. C. de. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. *Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas*, Chapadinha, v. 4, n.2, p.12,2010.
- LASTOCHKINA, O. *Bacillus subtilis*-Mediated Abiotic Stress Tolerance in Plants. *In: Islan, M. D. T.; et al. Bacilli and Agrobiotechnology: Phytostimulation and Biocontrol*. v. 2, cap. 6, p. 97-125, 2019.
- LEELASUPHAKUL, W.; HEMMANEE, P.; CHUENCHITT, S. Growth inhibitory properties of *Bacillus subtilis* strains and their metabolites against the green mold pathogen (*Penicillium digitatum* Sacc.) of citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v. 48, p. 113-121, 2018.
- LEYBOURNE, D. J. et al. The price of protection: A defensive endosymbiont impairs nymph growth in the bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi*. *Insect Sci*, v. 27, p. 69-85, 2020.
- LIMA, O. D. D. R. et al. Ação antifúngica *in vitro* de isolados de *Bacillus* sp. sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Revista Caatinga*, v. 27, p. 57-64, 2014.
- LIMA, V. M. G. et al. Effect of the nitrogen and carbon sources on lipase production by *Penicillium aurantiogriseum*. *Food Technology and Biotechnology*, v.41, p.105-110, 2003.
- LIU, B. et al. Biological control of take-all in wheat by endophytic *Bacillus subtilis* E1R-j and potential mode of action. *Biological Control*, v.49, n.3, p.277-285, 2009.
- LIU, Y. et al. *Bacillus zhangzhouensis* sp. nov. and *Bacillus australimaris* sp. nov. *International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology*, v.6, p.1193-1199, 2016.
- LIU, Y. et al. Reclassification of *Bacillus invictae* as a later heterotypic synonym of *Bacillus altitudinis*. *International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology*, v.65, p.2769-2773, 2015.

- LOGAN, N. A. et al. Aerobic endospore-forming bacteria from geothermal environments in northern Victoria Land, Antarctica, and Candlemas Island, South Sandwich archipelago, with the proposal of *Bacillus fumarioli* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, London, v. 50, n. 5, p. 1741-1753, 2000.
- LUGTENBERG, B.; KAMILOVA, F. Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology*, v. 63, p. 541-556, 2009.
- LUNA-BULBARELA, A. et al. Efeitos de bacilomicina D homologues produzidos por *Bacillus amylooliquefaciens* sobre crescimento e viabilidade de *Colletotrichum gloeosporioides* em diferentes estágios fisiológicos. *Biological Control*, v. 127, p. 145-154, 2018.
- MADIGAN, M. et al. *Microbiologia de Brock*, 14^o ed. Porto Alegre: Artmed, 2016, 960 p.
- MAIER, R.M. Bacterial growth. In: *Environmental Microbiology* ed. Maier, R.M., Pepper, I.L. and Gerba, C.P. Burlington, MA: Elsevier/Academic Press. p.37–54, 2009.
- MANOUSSOPOULOS, Y. Effects of three strawberry entomopathogenic fungi on the prefeeding behavior of the aphid *Myzus persicae*. *Journal of Insect Behavior*, v. 32, p. 99-108, 2019.
- MASCARIM, G. M. *et al.* Liquid culture fermentation for rapid production of desiccation tolerant blastospores of *Beauveria bassiana* and *Isaria fumosorosea* strains. *Journal of Invertebrate Pathology*, v.127, p.11-20, 2015.
- MEDEIROS, C. A. A.; BETTIOL, W. Multifaceted intervention of *Bacillus* spp. Against salinity stress and Fusarium wilt in tomato. *Journal of Applied Microbiology*, v. 131, p. 2387-2401, 2021. doi:10.1111/jam.15095
- MELO, I. S. DE. Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogênicos. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Eds.). *Controle Biológico*. Jaguariúna: Embrapa, p. 17-66, 1998.
- MENDES, G. et al. Optimization of *Aspergillus niger* phosphate solubilization in solid state fermentation and use of the resulting product as a P fertilizer. *Microbiology and Biotechnology*, v. 8, p. 930-939, 2015.
- MENG, Q. M.; JIANG, H.; HAO, J. Effects of *Bacillus velezensis* strain BAC03 in promoting plant growth. *Biological Control*, v. 98, p. 18-26, 2016.
- MERRILL, L. et al. Composition of *Bacillus* species in aerosol from 11 U.S. *Journal of Forensic Science*, v.51, p.559-565, 2006.
- MIHALACHE, G. et al. Lipopeptides produced by *Bacillus subtilis* as new biocontrol products against fusariosis in ornamental plants. *Environmental Science and Pollution Research International*, v.25, p.29784-29793, 2017.

- MIRANDA, C. A.; MARTINS, O. B.; CLEMENTINO, M. M. Species-level identification of *Bacillus* strains isolates from marine sediments by conventional biochemical, 16S rRNA gene sequencing and inter-tRNA gene sequence lengths analysis. *Antonie van Leeuwenhoek*, Dordrecht, v. 93, n. 3, p. 297-304, 2008.
- MONDOL, M.A.M.; SHIN, H.J.; ISLAM, M.T. Diversity of secondary metabolites from marine *Bacillus* species: chemistry, biosynthesis and biological activity. *Marine Drugs*, v.11, p.2846-2872, 2013.
- MONGKOLTHANARUK, W. Classification of *Bacillus* beneficial substances related to plants, humans and animals. *Journal of Microbiology Biotechnology*, v.22, p.1597-1604, 2012.
- MONTEIRO, S. M. S. et al. Enhanced spore production of *Bacillus subtilis* grown in a chemically defined medium. *Advances in Microbiology*, v. 4, p. 444-454, 2014.
- MONTGOMEY, D.C., Design and analysis of experiments, 6th ed. John Wiley and Sons, Inc., New York, 2005.
- MORANDI, M.A.B.; BETTIOL, W. Controle Biológico de doenças de plantas no Brasil. IN: BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B. Controle de doenças de plantas: uso e perspectivas. Embrapa: Jaguariúna, 2009, 341 p.
- ODUM, E. P. Fundamentals of ecology. Philadelphia: WB Saunders; 1953.
- PACIFICO, M. G.; ECKSTEIN, B.; BETTIOL, W. Screening of *Bacillus* for the development of bioprotectants for the control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* and *Meloidogyne incognita*. *Biological Control*, v. 164, 104764, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104764>
- PALAZZINI, J. M. et al. *Bacillus velezensis* RC 218 as a biocontrol agent to reduce *Fusarium* head blight and deoxynivalenol accumulation: genome sequencing and secondary metabolite cluster profiles. *Microbiology Research*, v. 192, p. 30-36, 2016.
- PALMA, M. B. Produção de xilanases por *Thermoascus aurantiacus* em cultivo em estado sólido 169 p. Tese Doutorado em Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2003.
- PANDEY, A. Solid state fermentation. *Biochemical Engineering Journal*, v.13, p.81-84, 2003.
- PANDEY, A.; SOCCOL, C. R.; LEON, J. A. R. Solid-State fermentation in biotechnology: fundamentals and applications. 1.ed. New Delhi: Asiatech Publishers, INC, 2001. 231p.
- PAULITZ, T. C. Biochemical and ecological aspects of competition in biological control. In: BAKER, R. R. (Ed.). *New directions in biological control: alternatives for suppressing agricultural pests and diseases*. New York: Liss, p.713-724, 1990.
- PEREIRA, M. J. Z.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Inheritance of resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* Brazilian race 2 in common bean. *Scientia Agricola*, v.66, p.788-792, 2009.

- PIETERSE, C. M. J. et al. Induced systemic resistance by beneficial microbes. *Annual Reviews Phytopathology*, v. 52, p. 347–375, 2014.
- PRASHAR, P.; KAPOOR, N.; SACHDEVA, S. Isolation and characterization of *Bacillus* sp. with *in vitro* antagonistic activity against *Fusarium oxysporum* from rhizosphere of tomato. *J. Agric. Sci. Technol.*, v. 15, p. 1501–1512, 2013.
- PRIEST, F.G. et al. *Bacillus subtilis* and other gram-positive bacteria: biochemistry, physiology, and molecular genetics. American Society for Microbiology, Washington, D.C., p.1–16, 1993.
- PRIEST, F.G. *In*: HARWOOD, C.R. Isolation and identification of aerobic endospore-forming bacteria. *In*: HARWOOD, C. R. ed., *Biotechnology Handbook 2: Bacillus*, Plenum Press, New York, p. 27-59, 1989.
- PRIHATNA, C. et al. A novel tomato *Fusarium* wilt tolerance gene. *Frontiers in Microbiology*, v. 9, p. 1226, 2018.
- RADHAKRISHNAN, R. et al. *Bacillus*: a biological tool for crop improvement through bio-molecular changes in adverse environments. *Frontiers in Physiology*, v. 8, p. 6-67, 2017.
- RAHMAN, M. M.; MOCCALDI, L. A. Application method and efficacy of *Bacillus* spp. in mitigating abiotic and biotic stresses and enhancing plant performance. *In*: ISLAN, M.D.T. et al. *Bacilli and Agrobiotechnology: Phytostimulation and Biocontrol*, v.2, cap.14, p.267-285, 2019.
- RAIMBAULT, M. General and microbiological aspects of solid substrate fermentation. *Electronic Journal of Biotechnology*, v.1, n.3, 1998.
- RAJKUMAR, M. et al. Potential of siderophore-producing bacteria for improving heavy metal phytoextraction. *Trends Biotechnology*, v. 28, p. 142-149, 2010.
- RAMYABHARATHI, S.; MEENA, B.; RAGUCHANDER, T. Induction of chitinase and β -1,3-glucanase PR proteins in tomato through liquid formulated *Bacillus subtilis* EPCO 16 against *Fusarium* wilt. *Journal Today Biologic Science Res Reviews* v.1, n.1, p.50-60, 2012.
- RAO, A. P. et al. Biological control mechanisms against plant-based pathogens. *Journal of Biopesticides and Environment*, v. 3, p. 1–11, 2016.
- RASHAD, Y. M. et al. Synergy between endophytic *Bacillus amyloliquefaciens* GGA and arbuscular mycorrhizal fungi induces plant defense responses against white rot of garlic and improves host plant growth. *Phytopathologia Mediterranea*, v. 59, n; 1, p. 169-186, 2020.
- RAVENSBERG, W. J. Commercialization of microbes: present situation and future prospects. *In*: *Principles of Plant-Microbe Interactions. Microbes for Sustainable Agriculture*, ed. LUGTENBERG, B. Springer. p. 309–317. 2015.
- REAL, G.; HENRIQUES, A. O. Controlo da iniciação da esporulação em *Bacillus subtilis*. *Boletim de Biotecnologia*, Lisboa, v.68, p.2-12, 2001.

- RIBEIRO, V. P. et al. Endophytic *Bacillus* strains enhance pearl millet growth and nutrient uptake under low-P. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 49, p. 40-46, 2018.
- RIJAVEC, T. et al. Isolation of bacterial endophytes from germinated maize kernels. *Canadian Journal of Microbiology*, v. 53, n. 6, p. 802-808, 2007.
- ROBERTS, M. R.; TAYLOR, J. E. Exploiting plant induced resistance as a route to sustainable crop production. *In: COLLINGE, D. B. (Ed.) Biotechnology for plant disease control. Wiley Blackwell: New York and London, p. 319-339, 2016.*
- ROCHA, D. J. A.; MOURA, A. B. Controle biológico da murcha do tomateiro causada por *Ralstonia solanacearum* e *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* por rizobactérias. *Tropical Plant Pathology*, v. 38, p. 423-430, 2013.
- ROCHA, F. Y. O. et al. Taxonomical and functional characterization of *Bacillus* strains isolated from tomato plants and their biocontrol activity against races 1, 2 and 3 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Applied Soil Ecology*, v. 120, p. 8-19, 2017.
- RODRIGUES, A. M.; SANTANA, E. S. Efeito do cloreto de sódio na produção de proteínas (*Saccharomyces cerevisiae*) em fermentação semi-sólida. *Revista Ciências Tecnologia Alimentar*, v.21, n.1, p. 57-62, 2001.
- ROMERO, D. et al. The iturin and fengycin families of lipopeptides are key factors in antagonism of *Bacillus subtilis* toward *Podosphaera fusca*. *Molecular Plant-Microbe Interaction*, v.20, p.430-440, 2007.
- RUSSELL, B.L.; JELLY, S.A.; YOUSSTEN, A.A. Carbohydrate metabolism in the mosquito pathogen *Bacillus sphaericus*. *Applied Environmental Microbiology*, v.55, p. 294-297, 1989.
- SALAZAR, B. et al. *Bacillus* spp. as bio-factories for antifungal secondary metabolites: innovation beyond whole organism formulations. *Microbiology Ecology*, 2022.
- SANTNER, A.; ESTELLE, M. Recent Advances and Emerging Trends in Plant Hormone Signalling. *Nature*, v. 459, n. 7250, p. 1071-1078, jun. 2009.
- SANTOS, S. F. de M.; Estudo da produção de pectinases por fermentação em estado sólido utilizando pedúnculo de caju como substrato. 2007. Tese de Doutorado – Engenharia Química Da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2007.
- SCHMIDT, F. R. Optimization and scale up of industrial fermentation processes. *Applied Microbiology Biotechnology*, v. 68, p. 425-435, 2005.
- SEHRAWAT, A. et al. Hydrogen cyanide production by soil bacteria: biological control of pests and promotion of plant growth in sustainable agriculture. *Pedosphere*, v. 32, nº 1, p. 15-38, 2022.

SELLA, S. R. B. R. et al. Lab-scale production of *Bacillus atropheus* spores by solid state fermentation in different types of bioreactors. Brazilian Archive of Biology and Technology, v.52, p. 159-170, 2009.

SELO, G. et al. A Comprehensive review on valorization of agro-food industrial residues by solid-state fermentation. Foods, v. 10, n. 5, p. 9-27, 2021.

SENDI, Y. et al. Potential of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) root microbiome in the biocontrol of root rot disease and traits of performance. J Plant Dis Protec, v. 127, p. 453-462, 2020.

SHAFI, J.; TIAN, H.; JI, M. *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review. Biotechnology & Biotechnological Equipment, v. 31, n. 3, p. 446-459, 2017.

SHAHID, I. et al. Profiling of metabolites of *Bacillus* spp. and their application in sustainable plant growth promotion and biocontrol. Frontiers in Sustainability Food System, v. 5, p. 605195, 2021.

SHARMA, R.; DAHIYA, A.; SINDHU, S S. Harnessing proficient rhizobacteria to minimize the use of agrochemicals. International Journal of Current Microbiology and Applied Science, v. 7, p. 3186-3197, 2019.

SHEN, Y. et al. Quantitative metabolic network profiling of *Escherichia coli*: an overview of analytical methods for measurement of intracellular metabolites. Trends Analytical Chemistry, v.75, p.141-150, 2016.

SHIN, J. H. et al. Antagonistic and plant growth-promoting effects of *Bacillus velezensis* BS1 isolated from rhizosphere soil in a pepper field. Plant Pathology Journal, v. 37, n. 3, p. 307-314, 2021.

SHUAIB, M. et al. Variation and succession of microbial communities under the conditions of persistent heavy metal and their survival mechanism. Microbial Pathogenesis, v.150, 104713, 2021.

SIEFERT, J. L. et al. Phylogeny of marine *Bacillus* isolates from the Gulf of Mexico. Current Microbiology, New York 41, n. 2, p.84-88, 2000.

SILVA, G. K. C. et al. Utilização de resíduo agroindustrial como materia prima para a produção de ácido cítrico por *Kluyveromyces marxianus* URM 4404. Scientia Plena, v. 8, n. 5, p.1-6, 2012.

SINDHU, S S. et al. Biopesticides: use of rhizosphere bacteria for biological control of plant pathogens. Defence Life Science Journal, v. 1, p. 135-148, 2016.

SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J. Auxin and plant-microbe interactions. Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, v.3, n.4, 2011.

SRINIVAS, C. et al. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causal agent of vascular wilt disease of tomato: Biology to diversity-A review. Saudi Journal of Biological Sciences, v. 7, p. 1315-1324, 2019.

- STACKEBRANDT, E.; *et al.* Comparative 16S rRNA oligonucleotide analyses and murein types of round-spore-forming bacilli and non-spore-forming relatives. *Journal of General Microbiology*, v.133, p.2523–2529, 1987.
- STANBURY, P.; WHITAKAR, A.; HALL, S. J. *Principles of Fermentation Technology*. Aditya Books, New Delhi, 1997.
- STEIN, T. *Bacillus subtilis* antibiotics: structures, syntheses and specific functions. *Mol. Microbiol.*, v. 56, n. 4, p. 845-857, 2005.
- STRAGIER, P.; LOSICK, R. Molecular genetics of sporulation in *Bacillus subtilis*. *Annual Reviews of Genetics*, v.30, p.297-341, 1996.
- SYRANIDOU, E. *et al.* Exploitation of endophytic bacteria to enhance the phytoremediation potential of the wetland helophyte *Juncus acutus*. *Frontiers in Microbiology*, v. 07 (1408), 2016.
- TEIXIDÓ, N. *et al.* Biological control of postharvest diseases in fruit and vegetables. *In: LACROIX, C.*, (Ed.), *Protective cultures, antimicrobial metabolites and bacteriophages for food and beverage*. Woodhead Publishing Limited. Cambridge, p. 364-402, 2011.
- THAKKAR, A. SARAF, M. Development of microbial consortia as a biocontrol agents for effective management of fungal disease in *Glycine max* L. *Archives of Phytopathology and Protection*, v. 48, p. 459-474, 20150.
- TORRES, M. *et al.* Growth promotion on horticultural crops and antifungal activity of *Bacillus velezensis* XT1. *Applied Soil Ecology*, v. 150, p. 103-453, 2020.
- TRONSMO, A. M. *et al.* Biological control of plant diseases. *In: TRONSMO, A.M. et al.* (Eds.). *Plant pathology and plant diseases*. Wallingford: CABI, p. 289-306, 2020.
- VASSILEV, N.; MENDES, G. Solid-state fermentation and plant-beneficial microorganisms. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Current Advances in Solid-State Fermentation*, Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, p. 402–416, 2018.
- VEJAN, P. *et al.* Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability - a review. *Molecules*, v. 21, 573p., 2016.
- WANG, C. *et al.* Effects of *Bacillus velezensis* FKM10 for promoting the growth of *Malus hupehensis* Rehd. and inhibit fusarium verticillioides. *Frontiers in Microbiology*, v. 10, p.28-89, 2019.
- WARD, O. P. *Biología de la fermentación*. Zaragoza, España: Acribia, 1991. 274 p.
- WELLER, D. M. Biological control of soilborne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. *Annual Review of Phytopathology*, v.26, p.379-407, 1988.

WU, J. Y. et al. Kinetic analysis on precursors for iturin, a production from *Bacillus amyloliquefaciens* BPD1. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, v. 126, n. 5, p. 630-635, 2018.

WU, Y. et al. Biocontrol traits and antagonistic potential of *Bacillus amyloliquefaciens* Strain NJZJSB3 against *Sclerotinia sclerotiorum*, a causal agent of canola stem rot. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 24, p. 1327-1336, 2014.

YÁNEZ-MENDIZÁBAL, V. et al. Production of the postharvest biocontrol agent *Bacillus subtilis* CPA-8 using low cost commercial products and by-products. *Biol Control.*, v. 60, p. 280–289, 2011.

ZHANG, L.; SUN, C.; Fengycins, cyclic lipopeptides from marine *Bacillus subtilis* strains, kill the plant-pathogenic fungus *Magnaporthe grisea* by inducing reactive oxygen species production and chromatin condensation. *Applied Environmental Microbiology*, v.84, n.18, p.418-445, 2018.