

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 24/01/2025

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until Jan. 24, 2025

GUILHERME PEIXOTO DE FREITAS

**PROBIÓTICOS NO CONTROLE DE DOENÇAS E NA PROMOÇÃO DE
CRESCIMENTO DO CAFEIEIRO**

Botucatu

2024

GUILHERME PEIXOTO DE FREITAS

**PROBIÓTICOS NO CONTROLE DE DOENÇAS E NA PROMOÇÃO DE
CRESCIMENTO DO CAFEIEIRO**

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

Orientador: Wagner Bettiol

Botucatu

2024

F866p Freitas, Guilherme Peixoto de
Probióticos no controle de doenças e na promoção de
crescimento do cafeeiro / Guilherme Peixoto de Freitas. --
Botucatu, 2024
85 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Wagner Bettiol

1. Probióticos. 2. Controle biológico. 3. Doenças do cafeeiro.
4. Promoção de Crescimento. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PROBIÓTICOS NO CONTROLE DE DOENÇAS E NA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DO CAFEIEIRO

AUTOR: GUILHERME PEIXOTO DE FREITAS

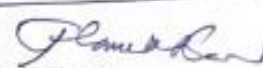
ORIENTADOR: WAGNER BETTIOL

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

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



Prof.ª Dr.ª FLÁVIA RODRIGUES ALVES PATRÍCIO (Participação Presencial)
Centro Avançado de Pesquisa em Proteção de Plantas e Saúde Animal / Instituto Biológico



Prof. Dr. EDSON LUIZ FURTADO (Participação Virtual)
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu UNESP



Botucatu, 24 de janeiro de 2024

*Pos meus amados pais,
Rozeli e Edivaldo,
dedico*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e à Nossa Senhora Aparecida, pelo dom da vida e por sempre abençoar os caminhos que até aqui trilhei.

Aos meus pais Rozeli e Edivaldo, pelo apoio, amor, carinho e dedicação. Vocês são minha maior fonte de inspiração e a razão pela qual posso seguir em busca dos meus sonhos. Por tudo que fizeram e fazem por seus filhos, meu muito obrigado, amo muito vocês.

Ao meu irmão Gustavo, por todo apoio, carinho e amizade, amo você meu irmão.

Aos meus avós Claudete, Osmar (*in memoriam*) e Maria (*in memoriam*), que sempre foram os meus maiores exemplos de vida. Vocês foram e continuam sendo as minhas maiores fontes de inspiração sobre como a vida deve ser vivida e sobre o poder de ter uma família para compartilhar momentos.

À minha noiva Jessica, por todo o afeto, carinho, apoio e amor partilhado durante todos estes anos, contigo a vida é mais leve e harmônica, te amo muito.

À toda minha família que são minha fortaleza e sempre estiveram me apoiando e vibrando a cada conquista, agradeço a Deus por terem vocês comigo.

Ao Dr. Wagner Bettiol, meu orientador, pelo apoio, ensinamentos e compartilhamento de conhecimento, sinto-me honrado por ter sido orientado por um dos maiores nomes do controle biológico no país. Muito obrigado!

À Dra. Flávia Patrício, pela receptividade, carinho, atenção, ensinamentos e conversas diárias no Instituto Biológico. Sempre serei extremamente grato por tudo que fez por mim; devo muito a você. Muito obrigado!

Ao Matheus Cipriano, pela parceria e partilhamento de conhecimento e aos colegas do Instituto Biológico e da Embrapa, Rafaela, Osmane, Karina, Peterson, Luana, Tamires, Mateus, João, Neusa e todos os demais por toda ajuda e apoio no desenvolvimento do trabalho e conversas diárias. Muito obrigado!

A todos os professores e funcionários da FCA pelos ensinamentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pela bolsa de estudos concedida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001.

RESUMO

A demanda por uma produção agrícola mais sustentável, tem impulsionado a busca por alternativas ao uso de pesticidas químicos e fertilizantes minerais, incluindo o uso de produtos biológicos. Este estudo avaliou o potencial de probióticos, de uso animal e humano, sobre o controle de doenças que impactam a produtividade e sobre o crescimento do cafeeiro. Os probióticos possuem microrganismos vivos que beneficiam a saúde humana e animal, ao competir com patógenos, produzir compostos antimicrobianos, estimular a proliferação da microbiota intestinal e a modulação do sistema imunológico, e têm a vantagem de ter a tecnologia para seu preparo desenvolvida. Neste estudo foram testados os probióticos de uso animal, Colostrum[®] BIO 21 em formulação líquida e em pó (renomeados como: BIO 21 L e BIO 21 PÓ) e Colostrum[®] BS também em formulação líquida e pó (renomeados como: BS L e BS PÓ) e o probiótico de uso humano, Enterogermina[®]. Avaliou-se o efeito dos probióticos sobre a inibição da germinação de urediniósporos de *Hemileia vastatrix* e do crescimento micelial de *Cercospora coffeicola* e de *Boeremia exigua* pv. *coffea*, agentes causais da ferrugem, cercosporiose e mancha de Phoma, respectivamente. O controle dessas doenças, além da mancha aureolada, causada por *Pseudomonas syringae* pv. *garcae*, em mudas de cafeeiro também foi avaliado. Experimentos com mudas de cafeeiro, tanto em bandejas quanto em rizotrons, foram realizados para avaliar o potencial na promoção de crescimento. Todos os experimentos foram repetidos. Os probióticos tiveram pouco efeito sobre a germinação de urediniósporos de *H. vastatrix*. Apenas o produto BIO 21 L inibiu 100% a germinação dos urediniósporos na concentração de 1×10^7 UFC/mL. Os probióticos BS e BIO 21 PÓ, juntamente com BS L, reduziram em 63, 49 e 46% o crescimento micelial de *C. coffeicola*. Os probióticos BS e BIO 21 PÓ inibiram 37 e 18% o crescimento micelial de *B. exigua*, respectivamente. Os probióticos BS e BIO 21 PÓ reduziram em 97 e 96% a severidade da ferrugem; 59 e 79% a da mancha de Phoma e 57 e 38% a da mancha aureolada em mudas de cafeeiro. Entretanto, os probióticos não tiveram efeito no controle da cercosporiose. Os probióticos BS e BIO 21 PÓ promoveram o aumento da massa fresca e seca da parte aérea, do volume radicular, da área foliar e do conteúdo de clorofila tanto das mudas de cafeeiro cultivadas em bandejas quanto das cultivadas em rizotrons. Os incrementos de massa seca de raiz foram de 35% e 70% para o BS e BIO 21 PÓ, respectivamente, nas mudas em bandejas e de 51 e 37% para as mudas cultivadas em rizotrons. Para a massa seca da parte aérea, os incrementos foram de 97% e 67%, para as mudas mantidas em bandejas e de 76% e 58% nas mudas em rizotrons, para o BS e BIO 21 PÓ, respectivamente. O probiótico Enterogermina[®] não apresentou efeito sobre as variáveis estudadas. Os probióticos BS e BIO 21 PÓ se destacaram para o controle de doenças e para a promoção do crescimento de mudas de cafeeiro.

Palavras-chave: probióticos; controle biológico; doenças do cafeeiro; promoção de crescimento.

ABSTRACT

The demand for more sustainable agricultural production has driven the search for alternatives to the use of chemical pesticides and mineral fertilizers, including the use of biological products. This study evaluated the potential of probiotics, used in both animal and human applications, in controlling diseases that impact productivity and coffee plant growth. Probiotics contain live microorganisms that benefit human and animal health by competing with pathogens, producing antimicrobial compounds, stimulating the proliferation of intestinal microbiota, modulating the immune system, and having the advantage of developed technology for their preparation. In this study, probiotics for animal use, Colostrum® BIO 21 in liquid and powder formulations (renamed as BIO 21 L and BIO 21 PÓ), and Colostrum® BS also in liquid and powder formulations (renamed as BS L and BS PÓ), along with the human-use probiotic Enterogermina®, were tested. The effect of probiotics on inhibiting the germination of *Hemileia vastatrix* urediniospores and the mycelial growth of *Cercospora coffeicola* and *Boeremia exigua* pv. *coffea*, are the causal agents of coffee diseases, rust leaf coffee, brown eye spot, and Phoma leaf spot, respectively, was evaluated. The control of these diseases, as well as bacterial-halo-blight caused by *Pseudomonas syringae* pv. *garcae*, in coffee seedlings, was also assessed. Experiments with coffee seedlings in trays and rhizotrons were conducted to evaluate their potential for growth promotion. All experiments were repeated. Probiotics had little effect on the germination of *H. vastatrix* urediniospores. Only the product BIO 21 L inhibited 100% of urediniospore germination at a concentration of 1×10^7 CFU/mL. Probiotics BS and BIO 21 PÓ, along with BS L, reduced the mycelial growth of *C. coffeicola* by 63, 49, and 46%, respectively. BS and BIO 21 PÓ inhibited the mycelial growth of *B. exigua* by 37 and 18%, respectively. BS and BIO 21 PÓ reduced rust leaf severity by 97 and 96%, Phoma leaf spot by 59 and 79%, and bacterial-halo-blight by 57 and 38% in coffee seedlings. However, probiotics had no effect on brown eye spot control. Probiotics BS and BIO 21 PÓ promoted increased fresh and dry mass of the root and shoot, root volume, leaf area, and chlorophyll content in both tray and rhizotron-grown coffee seedlings. Dry mass increases for root were 35% and 70% for BS and BIO 21 PÓ, respectively, in tray-grown seedlings and 51% and 37% in rhizotron-grown seedlings. For shoot dry mass, increases were 97% and 67% in tray-grown seedlings and 76% and 58% in rhizotron-grown seedlings for BS and BIO 21 PÓ, respectively. Enterogermina® showed no effect on the studied variables. Probiotics BS and BIO 21 PÓ stood out for disease control and the promotion of coffee seedling growth.

Keywords: probiotics; biological control; coffee diseases; plant growth-promotion.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1	Controle biológico de doenças.....	18
2.2	Bactérias promotoras do crescimento de plantas.....	20
2.3	Probióticos.....	21
2.4	Doenças do cafeeiro.....	23
2.4.1	Ferrugem (<i>Hemileia vastatrix</i>).....	23
2.4.2	Cercosporiose ou mancha de olho pardo (<i>Cercospora coffeicola</i>)....	25
2.4.3	Mancha de Phoma (<i>Boeremia exigua</i> pv. <i>coffea</i>).....	27
2.4.4	Mancha Aureolada (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>garcae</i>).....	28
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1	Probióticos utilizados nos experimentos.....	30
3.2	Experimentos in vitro.....	31
3.2.1	Inibição da germinação dos urediniósporos de <i>Hemilia vastratrix</i>	31
3.2.2	Inibição do crescimento micelial de <i>Cercospora coffeicola</i>	33
3.2.3	Inibição do crescimento micelial de <i>Boeremia exigua</i> pv. <i>coffea</i>	34
3.3	Experimentos in vivo.....	35
3.3.1	Probióticos para o controle da ferrugem do cafeeiro (<i>Hemileia vastatrix</i>).....	35
3.3.2	Probióticos para o controle da cercosporiose do cafeeiro (<i>Cercospora coffeicola</i>).....	36
3.3.3	Probióticos para o controle de mancha de Phoma (<i>Boeremia exigua</i> pv. <i>coffea</i>).....	37
3.3.4	Probióticos para o controle da mancha aureolada (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>garcae</i>).....	38
3.4	Promoção de crescimento.....	40
3.4.1	Probióticos para a promoção de crescimento de mudas de cafeeiro em bandejas.....	40
3.4.2	Probióticos para a promoção de crescimento de mudas de cafeeiro em rizotrons.....	41
4	RESULTADOS.....	45
4.1	Experimentos in vitro.....	45
4.1.1	Inibição da germinação dos urediniósporos de <i>Hemileia vastatrix</i>	45
4.1.2	Inibição do crescimento micelial de <i>Cercospora coffeicola</i>	46
4.1.3	Inibição do crescimento micelial de <i>Boeremia exigua</i> pv. <i>coffea</i>	48
4.2	Experimentos <i>in vivo</i>	50

4.2.1	Probióticos para o controle da ferrugem do cafeeiro (<i>Hemileia vastatrix</i>).....	50
4.2.2	Probióticos para o controle da cercosporiose do cafeeiro (<i>Cercospora coffeicola</i>).....	53
4.2.3	Probióticos para o controle de mancha de Phoma (<i>Boeremia exigua</i> pv. <i>coffea</i>).....	54
4.2.4	Probióticos para o controle da mancha aureolada (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>garcae</i>).....	56
4.3	Promoção de crescimento.....	58
4.3.1	Probióticos para a promoção de crescimento de mudas de cafeeiro em bandejas.....	58
4.3.2	Probióticos para a promoção de crescimento de mudas de cafeeiro em rizotrons.....	62
5	DISCUSSÃO.....	66
6	CONCLUSÃO.....	74
	REFERÊNCIAS.....	75

1 INTRODUÇÃO

A população global está em constante crescimento. De acordo com a FAO, a produção de alimentos terá que aumentar entre 70% e 100% para atender à demanda projetada de 9,3 bilhões de pessoas até 2050 (Undp, 2021; Wang, 2022). Este aumento na produção de alimentos é uma necessidade devido aos desafios a serem enfrentados, como o esgotamento dos recursos naturais, as mudanças climáticas e o aumento de pragas e doenças que causam grandes perdas na produção (Jaffar *et al.*, 2022).

Além disso, é fundamental que qualquer aumento na produção de alimentos seja alcançado seguindo as premissas de sustentabilidade, conforme proposto na Agenda 2030 da ONU, que abrange 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (Fonseca *et al.*, 2020). Dentre esses objetivos, destacam-se a erradicação da fome, a promoção de uma agricultura sustentável, a adoção de padrões de produção e consumo sustentáveis, bem como a proteção, promoção e recuperação do uso sustentável dos ecossistemas e a reversão da perda de terra e biodiversidade (Un Desa, 2023). Assim, o aumento da produção de alimentos precisa ser acompanhado pelo compromisso de produzi-los com qualidade e em quantidade, garantindo a segurança alimentar global com o mínimo impacto ambiental (Clark *et al.*, 2022).

Nesse contexto, no âmbito do manejo fitossanitário de doenças, é imperativo buscar soluções que visem à racionalização do uso de agrotóxicos. Esses produtos estão frequentemente associados ao aumento da população de patógenos resistentes, aos impactos negativo na microbiota do solo e à diminuição da biodiversidade, além das restrições de uso em diversos segmentos devido aos efeitos no ecossistema (Sindhu *et al.*, 2016; Parra-Arroyo *et al.*, 2022).

O cafeeiro, uma das culturas de maior importância nacional, na qual o Brasil lidera a produção e exportação do grão, é suscetível ao ataque de doenças que afetam diretamente sua produtividade. Isso demanda dos cafeicultores o uso de agrotóxicos para o controle das doenças e, assim, manter a produtividade (Cui *et al.*, 2020; Zambolim, 2016). No cenário desafiador em relação ao controle de patógenos a necessidade de manejar doenças é evidente.

A ferrugem do cafeeiro, causada por *Hemileia vastatrix*, é a principal doença da cultura. Altos índices de severidade da ferrugem podem resultar em perdas de

produção que variam de 35% a 50% (Meira *et al.*, 2009; Zambolim, 2016). Lavouras com manejo inadequado estão sujeitas aos danos causados pela cercosporiose (*Cercospora coffeicola*), levando a perdas significativas (Nelson, 2008). Além disso, cafezais cultivados em regiões de alta altitude podem sofrer perdas significativas de produtividade devido à mancha de Phoma (*Boeremia exigua* pv. *coffea*) e à mancha aureolada (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*) (Badel; Zambolim, 2019; Patricio *et al.*, 2021; Rodrigues, 2019).

Nesse contexto desafiador, em que o controle de patógenos é fundamental, agentes de controle biológico emergem como uma solução promissora para o manejo fitossanitário e racionalização do uso de produtos químicos. Esses microrganismos, por meio de diversos mecanismos, desempenham um papel importante na mitigação do estabelecimento, desenvolvimento e proliferação de doenças no campo (Backer, 1968; O'Brien, 2017; Ram *et al.*, 2018).

No cenário atual, a aplicação de agentes de controle biológico é amplamente adotada no manejo de doenças, desempenhando um papel essencial na busca por reduzir a utilização de defensivos químicos, preservar a biodiversidade e promover uma agricultura com baixa emissão de carbono (Baker *et al.*, 2020; Cabi, 2022). Como exemplo, microrganismos como *Bacillus* e *Trichoderma* possuem registro junto ao Ministério da Agricultura (MAPA) e são aprovados para o controle de doenças radiculares e foliares em diversas culturas (Agrofit, 2023).

Além dos microrganismos convencionais utilizados, outras alternativas devem ser consideradas no controle biológico de doenças. Os microrganismos presentes em probióticos surgem como candidatos promissores para o desenvolvimento de bioprotetores, pois são consideradas seguros pela US Food and Drug Administration e European Food Safety Authority, além de produzirem compostos com atividade antimicrobiana contra patógenos (Daranas *et al.*, 2019).

Definidos de maneira semelhante pela FAO/OMS, pelo Instituto Internacional de Ciências da Vida (ILSI) e pela Associação Europeia de Alimentos e Culturas para Alimentação Animal (EFFCA), os probióticos são microrganismos vivos que, quando consumidos em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde dos consumidores (Vandenplas *et al.*, 2015). Tais definições proporcionam benefícios à saúde do hospedeiro (Williams, 2010). Considerando os microrganismos utilizados nos probióticos, como as espécies de *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Saccharomyces*, *Streptococcus* e *Bacillus* (Khaneghah *et al.*, 2020; Plaza-Dias *et al.*, 2019), as quais

possuem a capacidade de competir com patógenos, produzir compostos antimicrobianos e modular o sistema imunológico do hospedeiro (Anne *et al.*, 2021), este estudo teve como objetivo avaliar o potencial dos probióticos no controle de doenças específicas do cafeeiro, como a ferrugem, a cercosporiose, a mancha de Phoma e a mancha aureolada, ao mesmo tempo em que investigou sua capacidade de promover o crescimento de mudas de cafeeiro.

6 CONCLUSÃO

- Os probióticos tiveram pouco efeito sobre a germinação de urediniósporos de *H. vastatrix*. Apenas o produto BIO 21 L inibiu 100% da germinação dos urediniósporos na maior concentração testada (1×10^7 UFC/mL) nos dois experimentos.
- Em mudas de cafeeiro, os probióticos BS e BIO 21 PÓ reduziram 98,4 e 95% a severidade da ferrugem no primeiro experimento e 77,2 e 78,8% no segundo.
- Os probióticos BS e BIO 21 PÓ reduziram em 66,3 e 48,8% e 64,0 e 49,0% o crescimento micelial de *C. coffeicola* no primeiro e segundo experimento, respectivamente.
- O probiótico BS PÓ reduziu em 36,7% e 21,1% o crescimento micelial de *B. exigua* nos dois experimentos realizados, respectivamente.
- A severidade da mancha de Phoma foi reduzida pelos probióticos BIO 21 PÓ e BS PÓ em 79,5 e 58,6% no primeiro experimento e no segundo 88,6 e 73,3%, respectivamente.
- A severidade da mancha aureolada foi reduzida somente no primeiro experimento em 56,6 e 38,5% pelo BS e BIO 21 PÓ.
- Os probióticos BS e BIO 21 PÓ promoveram o aumento da massa fresca e seca da parte aérea, do volume radicular, da área foliar e do conteúdo de clorofila das mudas de cafeeiro cultivadas em bandejas e em rizotrons.
- Os probióticos BS L, BIO 21 L e Enterogermina tiveram pouco efeito no controle das doenças e na promoção do crescimento das mudas de cafeeiro.
- Os probióticos BS PÓ e BIO 21 PÓ se destacaram como eficazes para o controle de doenças e a promoção do crescimento de mudas de cafeeiro.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. 2021. Acesso em: 01 fev. 2023.
- AHMAD, V.; KHAN, M. S.; JAMAL, Q. M. S.; ALZOHAIY, M. A.; AL KARAAWI, M. A.; SIDDIQUI, M. U. Antimicrobial potential of bacteriocins: in therapy, agriculture and food preservation. **International Journal of Antimicrobial Agents** v. 49, p. 1–11, 2017.
- ALEGRE, I.; VIÑAS, I.; USALL, J.; ANGUERA, M.; ABADIAS, M. Microbiological and physicochemical quality of fresh-cut apple enriched with the probiotic strain *Lactobacillus rhamnosus* GG. **Food Microbiology**, v. 28, n. 1, p. 59-66, 2011.
- ANDRADE, C. C.; DE RESENDE, M. L. V.; MOREIRA, S. I.; MATHIONI, S. M.; BOTELHO, D. M.; COSTA, J. R.; ANDRADE, A. C. M.; ALVES, E. Infection process and defense response of two distinct symptoms of *Cercospora* leaf spot in coffee leaves. **Phytoparasitica**, v. 49, p. 727-737, 2021.
- ANEE, I. J.; ALAM, S.; BEGUM, R. A.; SHAHJAHAN, R. M.; KHANDAKER, A. M. The role of probiotics on animal health and nutrition. **The Journal of Basic and Applied Zoology**, v. 82, n. 1, p. 1-16, 2021.
- ASYIAH, I. N.; MUDAKIR, I.; HOESAIN, M.; PRADANA, A. P.; DJUNAIDY, A.; SARI, R. F. Consortium of endophytic bacteria and rhizobacteria effectively suppresses the population of *Pratylenchus coffeae* and promotes the growth of *Robusta coffee*. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, v. 21, n. 10, 2020.
- AVESKAMP, M. M.; DE GRUYTER, J.; WOUDEBERG, J.H.C.; VERKLEY, G.J.M.; CROUS, P.W. Highlights of the Didymellaceae: a polyphasic approach to characterise *Phoma* and related pleosporalean genera. **Studies in Mycology**, v.65, n.1, p.1-60, 2010.
- BADEL, J. L.; ZAMBOLIM, L. Coffee bacterial diseases: a plethora of scientific opportunities. **Plant Pathology**, v. 68, n. 3, p. 411-425, 2019.
- BAI, S. P.; WU, A. M.; DING, X. M.; LEI, Y.; BAI, J.; ZHANG, K. Y.; CHIO, J. S. Effects of probiotic-supplemented diets on growth performance and intestinal immune characteristics of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 92, n. 3, p. 663-670, 2013.
- BAKER, R. Mechanisms of biological control of soil-borne pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, v. 6, n. 1, p. 263-294, 1968.
- BAKER, B. P.; GREEN, T. A. LOKER, A. J. Biological control and integrated pest management in organic and conventional systems. **Biological Control**, v. 140, p. 104095, 2020.
- BEN KHEDHER, S.; BOUKEDI, H.; LAARIF, A.; TOUNSI, S. Biosurfactant produced by *Bacillus subtilis* V26: a potential biological control approach for sustainable agriculture development. **Organic Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 117-124, 2020.
- BETTIOL, W; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009.

- BETTIOL, W. Componentes do Controle Biológico de Doenças de Plantas. *IN*: BETTIOL, W. **Controle Biológico de Doenças de Plantas**. Jaguariúna: EMBRAPA/CNPDA, 1991. cap.1, p. 1-3.
- BHOGOJU, S.; NAHASHON, S. Recent advances in probiotic application in animal health and nutrition: A review. **Agriculture**, v. 12, n. 2, p. 304, 2022.
- BLAKE, C.; CHRISTENSEN, M. N.; KOVÁCS, Á. T. Molecular aspects of plant growth promotion and protection by *Bacillus subtilis*. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 34, n. 1, p. 15-25, 2021.
- BORRISS, R.; *Bacillus*, a plant-beneficial bacterium. *IN*: LUGTENBERG, B. **Principles of plant-microbe interactions: microbes for sustainable agriculture**. Leiden: Springer, 2015. cap. 40, p. 379-389.
- BOTELHO, D. M. S.; POZZA, E. A.; ALVES, E.; BOTELHO, C. E.; POZZA, A. A. A.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; DE SOUZA, P. E. Efeito do silício na intensidade da cercosporiose e nutrição mineral de mudas de cafeeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 78, p. 23-29, 2011.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. Introduction to plant disease epidemiology. New York. **John Wiley & Sons**, 1990. 655 p.
- CANTO, A.; HERRERA, C. M. Micro-organisms behind the pollination scenes: microbial imprint on floral nectar sugar variation in a tropical plant community. **Annals of Botany**, v.110, n.6, p-1173-1183, 2012.
- CABI. **Climate Change and Biodiversity**. Helping farmers adapt to climate change. Disponível em: <https://www.cabi.org/about-cabi/climate-change/>. Acesso em: 23 ago. de 2022.
- CACEFO, V.; ARAÚJO, F. F. D.; PACHECO, A. C. Biological control of *Hemileia vastatrix* Berk. & Broome with *Bacillus subtilis* Cohn and biochemical changes in the coffee. **Coffee Science**, v.11, n. 4, p.567-574, 2016.
- CANARINI, A.; KAISER, C.; MERCHANT, A.; RICHTER, A.; WANEK, W. Root exudation of primary metabolites: mechanisms and their roles in plant responses to environmental stimuli. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 157, 2019.
- CAO, H.; HE, S.; WEI, R.; DIONG, M.; LU, L. *Bacillus amyloliquefaciens* G1: a potential antagonistic bacterium against eel-pathogenic *Aeromonas hydrophila*. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, p. 1-6, 2011.
- CHAGAS JUNIOR, A. F.; JUNIOR, G. M. B. J. B.; LIMA, C. A. L.; MARTINS, A. L. L. M.; SOUZA, M. C. S.; CHAGAS, L. F. B. C. *Bacillus subtilis* como inoculante promotor de crescimento vegetal em soja. **Diversitas Journal**, n. 1, v. 7, p. 1-16, 2022.
- CHANDRASHEKARA, K. N.; MANIVANNAN, S.; CHANDRASHEKARA, C.; CHAKRAVARTHI, M. Biological control of plant disease. *IN*: SINGH, V. K.; SINGH, A. **Ecofriendly Innovative Approaches in Plant Disease Management**, International Book Distributors, 2012. cap. 10, p. 148-162.

- CHAURASIA, B.; PANDEY, A.; PALNI, L. M. S.; TRIVEDI, P.; KUMAR, B.; COLVIN, N. Diffusible and volatile compounds produced by an antagonistic *Bacillus subtilis* strain cause structural deformations in pathogenic fungi in vitro. **Microbiological Research**, v. 160, n. 1, p. 75-81, 2005.
- CISNEROS, C. A.; FRANCO, J.; REALPE-FERNÁNDEZ, M. A. R. C. E. L. A.; FUENMAYOR, J. C. Influencia de microorganismos en la disponibilidad de fósforo en plántulas de café (*Coffea arabica*). **Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial**, n. 1, v. 15, p. 19-26, 2017.
- CLARK, M.; SPRINGMANN, M.; RAYNER, M.; SCARBOROUGH, P.; HILL, J.; TILMAN, D.; HARRINGTON, R. A. Estimating the environmental impacts of 57,000 food products. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 119, n. 33, 2022.
- COLOMBO, C.; PALUMBO, G.; HE, J. Z.; PINTON, R.; CESCO, S. Review on iron availability in soil: interaction of Fe minerals, plants, and microbes. **Journal of Soils and Sediments**, n. 14, p. 538-548, 2014.
- CUI, L.; HANIKA, K.; VISSER, R. G.; BAI, Y. Improving pathogen resistance by exploiting plant susceptibility genes in coffee (*Coffea* spp.). **Agronomy**, v. 10, n. 12, p.1928, 2020.
- DAIVASIKAMANI, S. Biological control of coffee leaf rust pathogen, *Hemileia vastatrix* Berkeley and Broome using *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens*. **Journal of Biopesticides**, v.2, n. 1, p. 94-98, 2009.
- DARANAS, N.; ROSELLÓ, G.; CABREFIGA, J.; DONATI, I.; FRANCÉS, J., BADOSA, E.; BONATERRA, A. Biological control of bacterial plant diseases with *Lactobacillus plantarum* strains selected for their broad-spectrum activity. **Annals of Applied Biology**, v. 174, n. 1, p. 92-105, 2019.
- DE LACERDA, J. R. M.; DA SILVA, T. F.; VOLLÚ, R. E.; MARQUES, J. M.; AND SELDIN, L. Generally recognized as safe (GRAS) *Lactococcus lactis* strains associated with lippia sidoides cham. are able to solubilize/mineralize phosphate. **Springerplus**, v. 5, p. 1–7, 2016.
- DI CAGNO, R.; CODA, R.; DE ANGELIS, M.; AND GOBBETTI, M. Exploitation of vegetables and fruits through lactic acid fermentation. **Food Microbiology**, 33, p.1–10, 2013.
- DI CANITO, A.; MATEO-VARGAS, M. A.; MAZZIERI, M.; CANTORAL, J.; FOSCHINO, R.; CORDERO-BUESO, G.; VIGENTINI, I. The role of yeasts as biocontrol agents for pathogenic fungi on postharvest grapes: A review. **Foods**, v. 10, n. 7, p. 1650, 2021.
- DONG, C. J.; WANG, L. L.; LI, Q.; SHANG, Q. M. Bacterial communities in the rhizosphere, phyllosphere and endosphere of tomato plants. **PloS One**, v. 14, n. 11, 2019.
- DUNLAP, C. A.; BOWMAN, M. J.; ROONEY, A. P. Iturinic lipopeptide diversity in the *Bacillus subtilis* species group—important antifungals for plant disease biocontrol applications. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, p. 1794, 2019.

EL-SAADONY, M. T.; ALAGAWANY, M.; PATRA, A. K.; KAR, I.; TIWARI, R.; DAWOOD, M. A.; ABDEL-LATIF, H. M. The functionality of probiotics in aquaculture: an overview. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 117, p. 36-52, 2021.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, F.; FERREIRA, R. T.; SANTINATO, R. Reduction of mineral fertilization of arabic coffee using coffee straw. **Coffee Science**, v.8, n.3, p. 324-336, 2013.

FERRÃO, R. G.; DE MUNER, L. H.; DA FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G. Café Conilon. **INCAPER**, 2017.

FHOULA, I.; NAJJARI, A.; TURKI, Y.; JABALLAH, S.; BOUDABOUS, A.; OUZARI, H. Diversity and antimicrobial properties of lactic acid bacteria isolated from rhizosphere of olive trees and desert truffles of Tunisia. **BioMed Research International**, n. 14, p. 1–14, 2013.

FONSECA, L. M.; DOMINGUES, J. P.; DIMA, A. M. Mapping the sustainable development goals relationships. **Sustainability**, v. 12, n. 8, p. 3359, 2020.

FREIMOSER, F. M.; RUEDA-MEJIA, M. P.; TILOCCA, B.; MIGHELI, Q. Biocontrol yeasts: mechanisms and applications. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 35, n. 10, p. 1-19, 2019.

FULBRIGHT, D. W.; PAUL, C. P.; GARROD, S. W. Hypovirulence: a natural control of chestnut blight. *IN*: MUKERJI, K.G.; GARG, K. L. **Biocontrol of Plant Diseases**, p. 121-139, 1988.

GANGULY, N. K.; BHATTACHARYA, S. K.; SESIKERAN, B.; NAIR, G. B.; RAMAKRISHNA, B. S.; SACHDEV, H. P. S.; HEMALATHA, R. ICMR-DBT guidelines for evaluation of probiotics in food. **The Indian Journal of Medical Research**, v. 134, n. 1, p. 22, 2011.

GHASEMIAN, A.; ESLAMI, M.; SHAFIEI, M.; NAJAFIPOUR, S.; RAJABI, A. Probiotics and their increasing importance in human health and infection control. **Reviews in Medical Microbiology**, v. 29, n. 4, p. 153-158, 2018.

GIASSI, V.; KIRITANI, C.; KUPPER, K. C. Bacteria as growth-promoting agents for citrus rootstocks. **Microbiological Research**, n. 190, p. 46–54, 2016.

GLICK, B. R. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. **Scientifica**, v. 2012, 15 p., 2012.

GONG, M.; WANG, J. D.; ZHANG, J.; YANG, H.; LU, X. F.; PEI, Y.; CHENG, J. Q. Study of the antifungal ability of *Bacillus subtilis* strain PY-1 in vitro and identification of its antifungal substance (iturin A). **Acta Biochimica et Biophysica Sinica**, v. 4, n. 38, p. 233-240, 2006.

HADDAD, F.; SARAIVA, R. M.; MIZUBUTI, E. S. G.; ROMEIRO, R. S.; MAFFIA, L. A. Isolation and selection of *Hemileia vastatrix* antagonists. **European journal of plant pathology**, v.139, p. 763-772, 2014.

HASHEM, A.; TABASSUM, B.; ABD_ALLAH, E. F. *Bacillus subtilis*: A plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n.6, p. 1291-1297, 2019.

HASSANI, M.; DURÁN, P.; HACQUARD, S. Microbial interactions within the plant holobiont. **Microbiome**, n. 1, v. 6, p. 1-17, 2018.

HAYAT, R.; ALI, S.; AMARA, U.; KHALID, R.; AHMED, I. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. **Annals of Microbiology**, n. 60, p. 579-598, 2010.

HIROZAWA, M. T.; ONO, M. A.; SUGUIURA, I. M. D. S.; BORDINI, J. G.; ONO, E. Y. S. Lactic acid bacteria and *Bacillus spp.* as fungal biological control agents. **Journal of Applied Microbiology**, v.134, n. 2, 2023.

IBRAHIM, S. A.; GYAWALI, R.; AWAISHEH, S. S.; AYIVI, R. D.; SILVA, R. C.; SUBEDI, K.; KRASTANOV, A. Fermented foods and probiotics: An approach to lactose intolerance. **Journal of Dairy Research**, v. 88, n. 3, p. 357-365, 2021.

JAFFAR, N. S.; JAWAN, R.; CHONG, K. P. The potential of lactic acid bacteria in mediating the control of plant diseases and plant growth stimulation in crop production-A mini review. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022.

JAINI, M. F. M.; ROSLAN, N. F.; YUSOF, M. T.; SAIDI, N. B.; RAMLI, N.; ZAINUDIN, N. A. I. M. Investigating the potential of endophytic lactic acid bacteria isolated from papaya seeds as plant growth promoter and antifungal agent. **Journal of Tropical Agricultural Science**, v. 45, p. 207–233, 2022.

JÚNIO, F.; VIEIRA, B. S.; SIQUIEROLI, A. C. S. Biological control of *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* in coffee crop with *Bacillus spp.* isolates. **Científica**, v.47, n. 4, p. 364-370, 2019.

KANG, S. M.; RADHAKRISHNAN, R.; YOU, Y. H.; KHAN, A. L.; PARK, J. M.; LEE, S. M.; LEE, I. J. Cucumber performance is improved by inoculation with plant growth-promoting microorganisms. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science**, v. 65, n.1, p. 36-44, 2015.

KHANEGHAH, A. M.; ABHARI, K.; EŞ, I.; SOARES, M. B.; OLIVEIRA, R. B.; HOSSEINI, H.; SANT'ANA, A. S. Interactions between probiotics and pathogenic microorganisms in hosts and foods: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 95, p. 205-218, 2020.

KHOCHAMIT, N.; SIRIPORNADULSIL, S.; SUKON, P.; SIRIPORNADULSIL, W. Antibacterial activity and genotypic–phenotypic characteristics of bacteriocin-producing *Bacillus subtilis* KKU213: potential as a probiotic strain. **Microbiological Research**, v. 170, p. 36-50, 2015.

KÖHL, J.; KOLNAAR, R.; RAVENSBERG, W. Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: relevance beyond efficacy. **Frontiers in Plant Science**, p. 845, 2019.

KUMAR, A.; SINGH, S.; GAURAV, A. K.; SRIVASTAVA, S.; VERMA, J. P. Plant growth-promoting bacteria: biological tools for the mitigation of salinity stress in plants. **Frontiers in Microbiology**, v.11, p.1216, 2020.

LAMONT, J. R.; WILKINS, O.; BYWATER-EKEGÄRD, M.; SMITH, D. L. From yogurt to yield: Potential applications of lactic acid bacteria in plant production. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 111, p. 1–9, 2017.

LI, H.; ZHAO, J.; FENG, H.; HUANG, L.; KANG, Z. Biological control of wheat stripe rust by an endophytic *Bacillus subtilis* strain E1R-j in greenhouse and field trials.

Crop Protection, v. 43, p. 201-206, 2013.

LIAO, S. F.; NYACHOTI, M. Using probiotics to improve swine gut health and nutrient utilization. **Animal Nutrition**, v. 3, n. 4, p. 331-343, 2017.

LIMA, L. M. D.; POZZA, E. A.; TORRES, H. N.; POZZA, A. A.; SALGADO, M.; PFENNING, L. H. Relationship between nitrogen/potassium with Phoma spot and nutrition of coffee seedlings cultivated in nutrient solution. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, p. 223-228, 2010.

LIMANSKA, N.; IVANYTSIA, T.; BASIUL, O.; KRYLOVA, K.; BISCOLA, V.; CHOBERT, J. M.; HAERTLÉ, T. Effect of *Lactobacillus plantarum* on germination and growth of tomato seedlings. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 35, p. 1587-1595, 2013.

LIU, W.; PANG, H.; ZHANG, H.; CAI, Y. Biodiversity of lactic acid bacteria. *IN*: ZHANG, H.; CAI, Y. Lactic acid bacteria: Fundamentals and Practice, **Springer**, p. 103-203, 2014.

LIU, H.; BRETTELL, L. E.; QIU, Z.; SINGH, B. K. Microbiome-mediated stress resistance in plants. **Trends in Plant Science**, v. 25, n. 8, p. 733-743, 2020.

LOUCA, S.; POLZ, M. F.; MAZEL, F.; ALBRIGHT, M. B. N.; HUBER, J. A.; O'CONNOR, M. I.; ACKERMANN, M.; HAHN, A. S.; SRIVASTAVA, D. S.; CROWE, S. A. Function and functional redundancy in microbial systems. **Nature Ecology & Evolution**, v. 2, n. 6, p. 936-943, 2018.

LU, L.; TIBPROMMA, S.; KARUNARATHNA, S. C.; JAYAWARDENA, R. S.; LUMYONG, S.; XU, J.; HYDE, K. D. Comprehensive review of fungi on coffee. **Pathogens**, v. 11, n. 4, p. 411, 2022.

JIANG, C.; LI, Z.; SHI, Y.; GUO, D.; PANG, B.; CHEN, X.; SHI, J. *Bacillus subtilis* inhibits *Aspergillus carbonarius* by producing iturin A, which disturbs the transport, energy metabolism, and osmotic pressure of fungal cells as revealed by transcriptomics analysis. **International Journal of Food Microbiology**, v. 330, p. 108783, 2020.

MANJARRES MELO, J. J.; ÁLVAREZ, A.; RAMIREZ, C.; BOLIVAR, G. Antagonistic activity of lactic acid bacteria against phytopathogenic fungi isolated from cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*). **Current Microbiology**, v. 78, n. 4, p. 1399-1408, 2021.

MARIUCCI JUNIOR, V.; FEDATO JUNIOR, M. A. C.; PEREIRA, N. A. N.; SILVA, A. G. D.; COSTA, C. O.; SOUZA, L. S. N. D.; SERA, G. H. Resistência simultânea à ferrugem alaranjada e mancha aureolada em linhagens de café arábica. *IN*: X SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2019, Vitória. **Anais X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, Brasília, DF: Embrapa Café, 2019. p.4.

MEIRA, C. A. A.; RODRIGUES, L. H. A.; MORAES, S. A. D. Modelos de alerta para o controle da ferrugem-do-cafeeiro em lavouras com alta carga pendente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 233-242, 2009.

MONTE, E.; BETTIOL, W.; HERMOSA, R. Trichoderma e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. *In*: MEYER, M.C.; MAZARO, S. M.; DA SILVA, J. C. **Trichoderma: Uso na Agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, p. 181-199, 2019.

MORELLI, L; CAPURSO, L. FAO/WHO guidelines on probiotics: 10 years later. **Journal of Clinical Gastroenterology**, v. 46, p. S1-S2, 2012.

NAGÓRSKA, K.; BIKOWSKI, M.; OBUCHOWSKI, M. Multicellular behaviour and production of a wide variety of toxic substances support usage of *Bacillus subtilis* as a powerful biocontrol agent. **Acta Biochimica Polonica**, v. 54, n. 3 p. 495-508, 2007.

NAZARETH, T. D. M.; LUZ, C.; TORRIJOS, R.; QUILES, J. M.; LUCIANO, F. B.; MAÑES, J.; MECA, G. Potential application of lactic acid bacteria to reduce aflatoxin B1 and fumonisin B1 occurrence on corn kernels and corn ears. **Toxins**, v. 12, p. 21., 2019.

NELSON, S. C. Cercospora leaf spot and berry blotch of coffee. University of Hawai'i at Manoa. **College of Tropical Agriculture and Human Resources**, Cooperative Extension Service, 2008.

NUNES, P. S.O; DE MEDEIROS, F. H.V; DE OLIVEIRA, T. S.; DE ALMEIDA ZAGO, J. R.; BETTIOL, W. *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* promote tomato growth. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 54, n. 1, p. 397-406, 2023.

NYSANTH, N. S.; SIVAPRIYA, S. L.; NATARAJAN, C.; ANITH, K. N. Novel in vitro methods for simultaneous screening of two antagonistic bacteria against multiple fungal phytopathogens in a single agar plate. **3 Biotech**, v. 12, n. 6, p. 140, 2022.

O'BRIEN, P. A. Biological control of plant diseases. **Australasian Plant Pathology**, v. 46, n. 4, p. 293-304, 2017.

OLANREWAJU, O. S.; GLICK, B. R.; BABALOLA, O. O. Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, n. 33, p. 1-16, 2017.

OLIVOTO, T. Lights, camera, pliman! An R package for plant image analysis. **Methods in Ecology and Evolution**, v.13, n.4, p.789-798, 2022.

PARRA-ARROYO, L.; GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, R. B.; CASTILLO-ZACARÍAS, C.; MARTÍNEZ, E. M. M.; SOSA-HERNÁNDEZ, J. E.; BILAL, M.; PARRA-SALDÍVAR, R. Highly hazardous pesticides and related pollutants: Toxicological, regulatory, and analytical aspects. **Science of The Total Environment**, v. 807, p. 151879, 2022.

PATHANIA, P.; RAJTA, A.; SINGH, P. C.; BHATIA, R. Role of plant growth-promoting bacteria in sustainable agriculture. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, n. 30, p. 101842, 2020.

PATRICIO, F. R. A.; BRAGHINI, M. T. Efeito de fungicidas triazóis sobre o controle da cercosporiose em mudas de cafeeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 78, p. 241–249, 2011.

PATRICIO, F. R. A.; OLIVEIRA, E. G. Desafios do manejo no controle de doenças do café. **Visão Agrícola**, v. 12, p. 51-54, 2013.

PATRICIO, F. R. A.; BERIAM, L. O. S.; DOS SANTOS, J. M. F.; DE MORAES, A.; ROSSI, A.; REIS, J. C. S.; DE ALMEIDA, I. M. G. Management of bacterial halo blight and other coffee crop diseases. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 27, p. 154-173, 2021.

PERARO, M.; PERARO, M.; POZZA, E.; KORIAMA, R.; KAJIHARA, L.; MEGDA, F.; CALIARI, G.; SALOMÃO, A. Mancozeb em mistura com Tebuconazol e Azoxistrobina no controle da mancha de Phoma (*Phoma tarda*) do cafeeiro (*Coffea arabica*) visando manejo de resistência e uniformidade na florada. *IN*: 44º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2018, Franca. **Anais 44º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, Brasília, DF: Embrapa Café, 2018. 2 p.

PLAZA-DIAZ, J.; RUIZ-OJEDA, F. J.; GIL-CAMPOS, M.; GIL, A. Mechanisms of action of probiotics. **Advances in Nutrition**, v. 10, n. 1, p. S49-S66, 2019.

PLIEGO, C.; RAMOS, C.; DE VICENTE, A.; CAZORLA, F. M. Screening for candidate bacterial biocontrol agents against soilborne fungal plant pathogens. **Plant and Soil**, v. 340, p. 505-520, 2011.

PIRARAT, N.; KOBAYASHI, T.; KATAGIRI, T.; MAITA, M.; ENDO, M. Protective effects and mechanisms of a probiotic bacterium *Lactobacillus rhamnosus* against experimental *Edwardsiella tarda* infection in tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 113, n. 3-4, p. 339-347, 2006.

POZZA, A. A. A.; PRIETO MARTINEZ, H. E.; CAIXETA, S. L.; CARDOSO, A. A.; ZAMBOLIM, L.; POZZA, E. A. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha-de-olho-pardo em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 53-60, 2001.

RAAIJMAKERS, J. M.; VLAMI, M.; DE SOUZA, J. T. Antibiotic production by bacterial biocontrol agents. **Antonie Van Leeuwenhoek**, v. 81, n. 1, p. 537-547, 2002.

RAMAN, J.; KIM, J. S.; CHOI, K. R.; EUN, H.; YANG, D.; KO, Y. J.; KIM, S. J. Application of lactic acid bacteria (LAB) in sustainable agriculture: Advantages and limitations. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23 n. 14, p. 7784, 2022.

RAM, R. M.; KESWANI, C.; BISEN, K.; TRIPATHI, R.; SINGH, S. P.; SINGH, H. B. Biocontrol technology: eco-friendly approaches for sustainable agriculture. *In*: TANVEER T.; SHAHEEN K., PARVEEN S.; MISBAH Z.T.; BABAR M.M.; GUL A. **Omics Technologies and Bio-Engineering**. Academic Press, p. 177-190, 2018.

REDWEIK, G. A.; STROMBERG, Z. R.; VAN GOOR, A.; MELLATA, M. Protection against avian pathogenic *Escherichia coli* and *Salmonella Kentucky* exhibited in chickens given both probiotics and live *Salmonella* vaccine. **Poultry Science**, v. 99, n. 2, p. 752-762, 2020.

RODRIGUES, L. M. R.; DESTÉFANO, S. A. L.; ALMEIDA, I. M. G. D.; BERIAM, L. O. S.; BRAGHINI, M. T.; GUERREIRO, O. Multiple resistance to bacterial halo blight and bacterial leaf spot in *Coffea spp.* **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 86, 2019.

RODRIGUES, L. M. R.; DESTÉFANO, S. A. L.; BERIAM, L. O. S.; FERREIRO-TONIN, M.; BRAGHINI, M. T.; GUERREIRO FILHO, O. Ethiopian coffee germplasm is a valuable resistance gene pool to brazilian *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* and *tabaci*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, 2021.

SADIQ, F. A.; YAN, B.; TIAN, F.; ZHAO, J.; ZHANG, H.; CHEN, W. Lactic acid bacteria as antifungal and anti-mycotoxigenic agents: a comprehensive review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, p. 1403-1436, 2019.

SANTOYO, G.; GUZMÁN-GUZMÁN, P.; PARRA-COTA, F. I.; SANTOS-VILLALOBOS, S. D. L.; OROZCO-MOSQUEDA, M. D. C.; GLICK, B. R. Plant growth stimulation by microbial consortia. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 219, 2021.

SEGARRA, G.; CASANOVA, E.; AVILÉS, M.; TRILLAS, I. *Trichoderma asperellum* strain T34 controls *Fusarium* wilt disease in tomato plants in soilless culture through competition for iron. **Microbial Ecology**, v. 59, n. 1, p. 141-149, 2010.

SERA, G. H.; DE CARVALHO, C. H. S.; DE REZENDE ABRAHÃO, J. C.; POZZA, E. A.; MATIELLO, J. B.; DE ALMEIDA, S. R.; BARTELEGA, L.; DOS SANTOS BOTELHO, D. M. Coffee leaf rust in Brazil: Historical events, current situation, and control measures. **Agronomy**, v. 12, n. 2, p. 496, 2022.

SHARIFI, R.; RYU, C. M. Are bacterial volatile compounds poisonous odors to a fungal pathogen *Botrytis cinerea*, alarm signals to Arabidopsis seedlings for eliciting induced resistance, or both? **Frontiers in Microbiology**, v. 7, p. 196, 2016.

SHARIFI, R.; RYU, C. M. Revisiting bacterial volatile-mediated plant growth promotion: lessons from the past and objectives for the future. **Annals of Botany**. n.122, p.349–358, 2018.

SHARMA, S. B.; SAYYED, R. Z.; TRIVEDI, M. H. M. H.; GOBI, T. A. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. **SpringerPlus**, v.2, n.587, p. 2-14, 2013.

SILVA, H. S. A.; BETTIOL, W. Microrganismos endofíticos como agentes de biocontrole da ferrugem do cafeeiro e de promoção de crescimento. *IN: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas*. Jaguariúna: Fundag & Embrapa, Cap. 18. p. 277-288, 2009.

SILVA, L. F.; ZAMBOLIM, L.; VIDIGAL, A. E.; RUBINGER, M. M. Potencial dos fungicidas do grupo dos ditiocarbimatos do controle da ferrugem do cafeeiro. *IN: X SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2019, Vitória. Anais X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Brasília, DF: Embrapa Café, 2019. p.4.

SILVA, H. S.; TOZZI, J. P.; TERRASAN, C. R.; BETTIOL, W. Endophytic microorganisms from coffee tissues as plant growth promoters and biocontrol agents of coffee leaf rust. **Biological Control**, v. 63, n. 1, p. 62-67, 2012.

SILVA, M. D. C.; VÁRZEA, V.; GUERRA-GUIMARÃES, L.; AZINHEIRA, H. G.; FERNANDEZ, D.; PETITOT, A. S.; NICOLE, M.; BERTRAND, B.; LASHERMES, P.; NICHOLE, M. Coffee resistance to the main diseases: leaf rust and coffee berry disease. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, p. 119-147, 2006.

- SILVA, M. G. D.; POZZA, E. A.; LIMA, C. V. R. V. D.; FERNANDES, T. J. Temperature and light intensity interaction on *Cercospora coffeicola* sporulation and conidia germination. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, p. 198-204, 2016.
- SILVA, J. F. M. D.; PELUZIO, J.M.; PRADO, G., MADEIRA, J. E. G. C.; SILVA, M. O; DE MORAIS, P. B.; NICOLI, JR. Use of probiotics to control aflatoxin production in peanut grains. **The Scientific World Journal**, v. 2015, 2015.
- SINDHU, S. S.; SEHRAWAT, A.; SHARMA, R.; DAHIYA, A. Biopesticides: use of rhizosphere bacteria for biological control of plant pathogens. **Defence Life Science Journal**, v. 1, n. 2, p. 135-148, 2016.
- SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J. Auxin and plant-microbe interactions. **Cold Spring Harbor Perspectives in Biology**, n. 3, v. 4, p. 001438, 2011.
- SOUZA, A. G.; MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. Cultural and aggressiveness variability of *Cercospora coffeicola*. **Journal of Phytopathology**, v. 160, n. 10, p. 540-546, 2012.
- STEGLIŃSKA, A.; KOŁTUNIAK, A.; MOTYL, I.; BERŁOWSKA, J.; CZYŻOWSKA, A.; CIECIURA-WŁOCH, W. Lactic acid bacteria as biocontrol agents against potato (*Solanum tuberosum* L.) pathogens. **Applied Sciences**, v.12, p.7763, 2022.
- STRAFELLA, S.; SIMPSON, D. J.; YAGHOUBI KHANGHAHI, M.; DE ANGELIS, M.; GÄNZLE, M.; MINERVINI, F.; CRECCHIO, C. Comparative genomics and in vitro plant growth promotion and biocontrol traits of lactic acid bacteria from the wheat rhizosphere. **Microorganisms**, v. 9, n. 1, p. 78, 2020.
- TAHIR, H. A.; GU, Q.; WU, H.; RAZA, W.; HANIF, A.; WU, L.; GAO, X. Plant growth promotion by volatile organic compounds produced by *Bacillus subtilis* SYST2. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, p. 171, 2017.
- TALHINHAS, P.; BATISTA, D.; DINIZ, I.; VIEIRA, A.; SILVA, D. N.; LOUREIRO, A.; TAVARES, S.; PEREIRA, A. P.; AZINHEIRA, H. G.; GUERRA-GUIMARÃES, L.; VÁRZEA, V.; DO CÉU SILVA, M. The coffee leaf rust pathogen *Hemileia vastatrix*: one and a half centuries around the tropics. **Molecular Plant Pathology**, v. 18, n. 8, p. 1039, 2017.
- UNDP**. United nations development programme, precision agriculture for smallholder farmers (UNDP global centre for technology, innovation and sustainable development (Singapore: UNDP Global Centre for Technology, Innovation and Sustainable Development), 2021.
- UN DESA. **The Sustainable Development Goals Report 2023: Special Edition - July 2023**. New York, USA: UN DESA. © UN DESA., 2023. Disponível em: <https://sdgs.un.org/gsdr/gsdr2023>. Acesso em: 10 set. 2023.
- URGILES-GÓMEZ, N.; AVILA-SALEM, M. E.; LOJÁN, P.; ENCALADA, M.; HURTADO, L.; ARAUJO, S.; CORNEJO, P. Plant growth-promoting microorganisms in coffee production: from isolation to field application. **Agronomy**, v. 11, n. 8, p. 1531, 2021.
- VALE, P. A. S.; DE RESENDE, M. L. V.; DOS SANTOS BOTELHO, D. M.; DE ANDRADE, C. C. L.; ALVES, E.; OGOSHI, C.; GUIMARÃES, S. S. C.; PFENNING, L. H. Epitypification of *Cercospora coffeicola* and its involvement with two different

symptoms on coffee leaves in Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, v. 159, n. 2, p. 399-408, 2021.

VANDEPLAS, S.; DAUPHIN, R. D.; BECKERS, Y.; THONART, P.; THEWIS, A. Salmonella in chicken: current and developing strategies to reduce contamination at farm level. **Journal of Food Protection**, v. 73, n. 4, p. 774-785, 2010.

VANDENPLAS, Y.; HUYS, G.; DAUBE, G. Probióticos: informações atualizadas. **Jornal de Pediatria**, v. 91, p. 06-21, 2015.

VEJAN, P.; ABDULLAH, R.; KHADIRAN, T.; ISMAIL, S.; NASRULHAQ BOYCE, A. Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability: a review. **Molecules**, v. 21, n. 5, p. 573, 2016.

WANG, K.; DANG, W.; XIE, J.; ZHU, R.; SUN, M.; JIA, F.; WANG, R. Antimicrobial peptide protonectin disturbs the membrane integrity and induces ROS production in yeast cells. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes**, v. 1848, n. 10, p. 2365-2373, 2015.

WANG, X. Managing land carrying capacity: key to achieving sustainable production systems for food security. **Land**, v. 11, n. 4, p. 484, 2022.

WILLIAMS, N. T. Probiotics. **American Journal of Health-System Pharmacy**, v. 67, n. 6, p. 449-458, 2010.

WOO, S. L.; PEPE, O. Microbial consortia: promising probiotics as plant biostimulants for sustainable agriculture. **Frontiers in Plant Science**, n. 9, p. 1801, 2018.

YU, X.; LI, B.; FU, Y.; JIANG, D.; GHABRIAL, S.A.; LI, G.; YI, X. A geminivirus-related DNA mycovirus that confers hypovirulence to a plant pathogenic fungus. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 18, p. 8387-8392, 2010.

ZAMBOLIM, L. Doenças do Cafeeiro. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de Fitopatologia**. Volume 2 – Doenças de plantas cultivadas. 5ª Edição. Editora Agronômica Ceres Ltda., p. 193-213, 2016.

ZAMBOLIM, L. Current status and management of coffee leaf rust in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 41, n. 1, p. 1-8, 2016.

ZANARDO, E.; GONZAGA, R. P.; REIS, J. C. S.; J JÚNIOR, W. Manejo de mancha de Phoma na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica*) com a utilização de diferentes produtos e épocas de aplicação. IN: 40º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2014, Serra Negra. **Anais 40º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, Brasília, DF: Embrapa Café, 2014, p.3.

ZHOU, D.; HUANG, X. F.; CHAPARRO, J. M.; BADRI, D. V.; MANTER, D. K.; VIVANCO, J. M.; GUO, J. Root and bacterial secretions regulate the interaction between plants and PGPR leading to distinct plant growth promotion effects. **Plant and Soil**, v. 401, p. 259-272, 2016.