

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

CONTROLE BIOLÓGICO DA FERRUGEM DO CAFEIEIRO

Igor Tatagiba Quarto, Karulina Ribeiro Oggioni, Sophia Machado Ferreira da Silva, Fábio Ramos Alves, André da Silva Xavier, Matheus Ricardo da Rocha, Willian Bucker Moraes.

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) - Campus de Alegre Avenida Universitária, s/n
Guararema - 29500-000 – Alegre-ES, Brasil, igortatagiba@hotmail.com,
karulinaoggioni13@gmail.com, machadofsofia@gmail.com, fabioramosalves@yahoo.com.br,
andre.s.xavier@ufes.br, matheus.phyto@gmail.com, willian.fito@gmail.com.

Resumo

O controle biológico é uma estratégia de manejo de doenças em plantas que utiliza agentes naturais, como fungos, bactérias ou insetos, para suprimir ou reduzir a intensidade e os danos causados por doenças, como a ferrugem do cafeeiro conilon. A ferrugem do cafeeiro é causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* e é uma das principais doenças que afetam a cultura do café em várias regiões produtoras do mundo. Deste modo, buscou-se na literatura revisar os avanços tecnológicos associado ao seu controle biológico, bem como a utilização de *Bacillus subtilis*, e outras bactérias endofíticas de cafeeiro (3F - *Brevibacillus choshinensis*, 109G - *Bacillus megaterium*, 115G - *Microbacterium testaceum* e 119G - *Cedecea davisae*), e de fungos do gênero *Trichoderma*. o controle biológico no café tem potencial promissor como alternativa sustentável ao manejo integrado de pragas, contribuindo para a produção de café de forma segura, eficiente e ambientalmente correta.

Palavras-chave: *Hemileia vastatrix*. *Coffea canephora*. Bactéria endofítica.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônoma - Agronomia

Introdução

O Brasil é o maior produtor e exportador de cafés do mundo, e estima-se que sejam colhidas 37.435,1 mil sacas café arábica (*Coffea arabica* L.) e 17.508,9 mil de sacas de café conilon (*C. canephora* Pierre ex A. Froehner) no país na safra 2023 (CONAB, 2023). Apesar do potencial produtivo da commodity, doenças causadas por fungos acometem cafezais de conilon, reduzindo sua produção e produtividade.

A doença mais devastadora que afeta as lavouras é a ferrugem do café, causada por *Hemileia vastatrix* (Mikronegeriaceae, Pucciniales; MCTAGGART *et al.*, 2016). Com altas taxas de infecção, o patógeno pode causar queda de folhas de até 50%, e perda de rendimento de 30-50% (BHAT *et al.*, 2000; CAPUCHO *et al.*, 2013a; ZAMBOLIM, 2016), com perdas econômicas estimadas em 1-2 bilhões de dólares por ano. (TALHINHAS *et al.*, 2017). Os sintomas da doença descrito por Beckerraterink (1991) são visíveis e fáceis de reconhecer. Esses sintomas aparecem principalmente na parte inferior das folhas, onde ocorrem manchas amarelas translúcidas de 1-2 mm de diâmetro, que crescem rapidamente e, ao longo de vários dias aumentam gradualmente (5 a 10 mm), formando pústulas redondas, pulverulentas, amarelas a alaranjadas, cobertas por esporos do fungo, dando a aparência de um "pó amarelo". Em outro caso, pode haver uma combinação de várias manchas que cobrem grande parte da lâmina foliar, e em alguns clones de conilon pode ocorrer desfolha prematura e galhos secos. O aparecimento de manchas de ferrugem pode variar de linhagem para linhagem, dependendo de sua suscetibilidade, afetando assim o tamanho da mancha, a porcentagem da superfície da folha afetada, e os esporos do fungo (BECKERRATERINK, 1991).

A ferrugem do cafeeiro conilon compromete, em alguns casos, em mais de 50% a produção de café, devido a redução da área fotossinteticamente ativa, que por consequência, reduz a produção de fotoassimilados pelas folhas direcionado ao crescimento vegetativo e a fase reprodutiva dos cafeeiros (GREE, 1993; ZAMBOLIM *et al.*, 1997). Diante disso, o controle da ferrugem baseia-se principalmente

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

na aplicação de fungicidas protetores e sistêmicos, que são eficazes quando manejados de forma adequada. Entretanto, o uso desenfreado de moléculas com mesmos mecanismos de ação aumenta populações resistentes a estas moléculas, que além disso, representam uma ameaça a sustentabilidade dos cafezais (PEREIRA, 1995; ZAMBOLIM *et al.*, 1997). Nesse sentido, a busca por controles alternativos ao controle químico, como o controle biológico, tem sido foco de diversas empresas que buscam o manejo integrado de doenças em cultivos.

Uma alternativa menos impactante ao meio ambiente para combater a ferrugem é o uso de bactérias endofíticas como agentes de controle biológico, de modo que, esses microrganismos exercem a capacidade de colonizar os tecidos internos das plantas, e oferece uma vantagem ecológica sobre elas. Um exemplo são os micróbios que colonizam as plantas epifiticamente, pois são menos suscetíveis às adversidades ambientais. Além disso, os microrganismos endofíticos ocupam habitats semelhantes aos patógenos e, portanto, têm potencial para controle biológico (HALLMANN *et al.*, 1997). Neste sentido, esta revisão objetivou-se concatenar os avanços associados ao controle biológico da ferrugem do cafeeiro.

Metodologia

A revisão de literatura foi realizada utilizando-se estudos acadêmicos sobre o controle biológico da ferrugem no cafeeiro. É uma modalidade de estudo e análise de documentos que possuem natureza científica e remetem as contribuições de diferentes pesquisadores que estudam o tema, contemplando fontes como: livros, teses, dissertações e artigos científicos (DAI *et al.*, 2018). Nessa perspectiva, a pesquisa se baseou em um compilado de estudos retirados de periódicos públicos em revistas relevantes sobre o assunto abordado e indexado em plataformas como: Web of Science, Scopus, Scielo, Periódicos Capes.

Resultados

Nos estudos de Cacefo *et al.* (2016), *Bacillus subtilis* tem se mostrado uma espécie de importante controle biológico. Esse controle pode ser obtido diretamente pela inibição do patógeno por meio da produção de inibidores, bem como por processos fisiológicos, alterações no metabolismo vegetal, levando a ativar seus mecanismos de defesa. Os resultados deste estudo podem inferir que a variedade Mundo Novo tem aumento da produção de substâncias defensivas em resposta ao tratamento utilizado, principalmente para *B. subtilis*, demonstrando que tem maior potencial de proteção de plantas ao usar indução de resistência. Botcher *et al.* (2012) também constataram que esta variedade melhora desempenho na produção de substâncias defensivas relacionadas ao Icatu.

Os tratamentos realizados em ambas as variedades apresentaram controle significativo sobre *H. vastatrix* na interação com *B. subtilis*, com desempenho inferior ao controle fornecido por fungicidas. O tratamento com fungicida apresentou controle de 53% na variedade Icatu e 45% na variedade Mundo Novo, enquanto o controle bacteriano foi de 24% e 17%, respectivamente (CACEFO *et al.*, 2016).

Dentre as bactérias endófitas testadas no estudo de Silva *et al.* (2008), apenas o isolado 119G de *Cedecea davisae* proporcionou valores significativos de redução da severidade da ferrugem, apresentando níveis de controle acima de 60% nas mudas tratadas com esta endófitas.

Ainda quanto aos estudos de Silva *et al.* (2008), os maiores níveis de atividade enzimática foram detectados em mudas tratadas com a bactéria endófitas 3F de *Brevibacillus choshinensis*, com valores acima do controle e dos demais endófitas testados, embora não houvesse diferença significativa para lipoxigenase e fenilalanina amônia-liase. Já para peroxidase, a diferença nos níveis da enzima foi de quase 100% comparado ao controle, nas plantas tratadas com as endófitas 3F e 119G.

No estudo conduzido por Salcedo-Sarmiento *et al.* (2021), a taxa de germinação de esporos urediniósporos variou de 60 a 75% para o tratamento controle. Quando misturado com uma suspensão de conídios de *Calonectria hemileiae*, a taxa de germinação diminuiu para 0 a 20%. Assim, 80-100% de inibição da germinação de uredósporos resultou da interação a *C. hemileiae*. Alguns uredósporos germinados após exposição a *C. hemileiae* foram rapidamente suprimidos pelos tubos germinativos do micoparasita, sendo impedidos de crescer. Além disso, os tubos germinativos que surgem dos urediniósporos são anormais - curtos e inchados.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Discussão

Com a expansão da área cultivada e a introdução de novos sistemas de cultivo, o manejo alternativo de doenças assume papel relevante na cafeicultura. O movimento conhecido como agricultura alternativa surgiu na década de 1940, como uma proposta contra os rumos dos pacotes tecnológicos revelados durante a Revolução Verde, pregando a importância da preservação da vida do solo, por meio de técnicas naturais e saberes tradicionais (CAPORAL, 2009; WEZEL; SOLDAT, 2009; ALTIERI, 2010; MATTOS *et al.*, 2010). A agroecologia e a produção orgânica são veículos de promoção de uma agricultura mais alternativa e ambas entendem que um sistema de produção faz parte de um conjunto de fatores interdependentes e complementares (PEDRADA *et al.*, 2023).

A crescente demanda do mercado por café orgânico ou livre de defensivos agrícolas e o declínio repetido na resistência estão abrindo caminho para um novo olhar sobre o controle biológico para o manejo de doenças ferrugem do cafeeiro (WCR, 2020). Ao contrário dos produtos comerciais com base de moléculas químicas, conhecidos mundialmente por prejudicar o ecossistema, o método de controle biológico utiliza da atividade antagonista microbiana natural para realizar um manejo alternativo aos químicos. Os produtos à base de *Bacillus* spp. são os mais utilizados no mercado em função de várias maneiras de ação para o biocontrole (STANOJEVIĆ *et al.*, 2019).

Para o estudo desenvolvido por Cacefo *et al.*, (2016), em um ensaio feito no cultivo de café com nove anos, foi conduzido em uma área com as cultivares Mundo Novo e Icatu escolhida para este estudo apresenta histórico de infestação de *H. vastatrix*. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com distribuição em arranjo fatorial de duas cultivares, três tratamentos (bactéria, fungicida e testemunha) e quatro repetições, totalizando 24 parcelas. Cada repetição foi representada por quatro pés de café devidamente identificados com o nome da cultivar e tratamento. O bom desempenho da endófito 119G reduzindo a severidade da ferrugem, em comparação com os testes preliminares de seleção em discos de folhas (BETTIOL *et al.*, 2004), pode estar relacionado a esse isolado ter mais de um mecanismo de ação. Uma forma, conforme demonstrado por testes em placas foliares, pode ser a competição por espaço e nutrientes ou inibição da germinação de uredósporos, e a outra, indireta, causando indução a resistência. Pode ser que esse endófito tenha seu desempenho como controle biológico da ferrugem aumentado, se for aplicado em toda a planta, direta e indiretamente, explicado em estudo de Silva *et al.* (2008).

Outra opção de controle biológico são trabalhos realizados com *Trichoderma* spp., que é um fungo de vida livre, amplamente difundido e altamente interativo nas raízes do solo, bem como nas plantas. São consideradas saprófitas e têm recebido interesse científico e aplicado como agentes de controle biológico e produção de enzimas para uso industrial (POMELLA; RIBEIRO, 2009).

De acordo com Abreu e Pfenning (2019), são reconhecidas mais de 250 espécies de *Trichoderma*, que podem ser identificadas por filogenia molecular. Essas atividades promovem o crescimento vegetal e o controle biológico de patógenos em culturas agrícolas. A interação antagonista entre *Trichoderma* e patógenos de plantas do solo é facilmente demonstrada por fungos, antibióticos e parasitas competitivos. Nos parasitas fúngicos, o antagonista detecta o patógeno por estímulos químicos no solo e cresce em sua direção, produzindo enzimas hidrolíticas que vão auxiliar na desestruturação da parede celular do patógeno. O micélio de *Trichoderma* se envolve no micélio ou na estrutura de resistência do hospedeiro, e então inicia o processo de micoparasitismo (LOBO JUNIOR *et al.*, 2019).

De acordo com estudos realizados por Salcedo-Sarmiento *et al.* (2021), a espécie recém-descoberta de *C. hemileiae* foi submetida em ensaios *in vitro* e *in vivo*, para avaliar seu antagonismo contra *H. vastatrix* e, portanto, demonstra potencial de atuar como agente de controle biológico contra *H. vastatrix*. *C. hemileiae* demonstrou inibir a germinação de esporos de *H. vastatrix in vitro*, enquanto estudos em plantas mostraram o efeito de *C. hemileiae* ser comparável à aplicação de fungicidas químicos. O uso do controle biológico com *B. subtilis* mostrou-se promissor para sua introdução como tática de doenças no café, pois além do controle de doenças como *H. vastatrix*. Este microrganismo pode estimular a planta a desencadear mecanismos de defesa importantes para o aumento da resistência. Isso pode atenuar os efeitos nocivos a culturas de diferentes patógenos durante seu ciclo (CACEFO *et al.*, 2016).

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Apesar do conhecimento acumulado, o controle biológico da ferrugem do cafeeiro ainda não é implementado em condições comerciais no Brasil. Há muitos resultados obtidos em condições controladas, mas resultados obtidos em laboratório não podem ser transpostos para condições de casa-de-vegetação, e nem esses podem ser transpostos para o campo. A execução da sequência de ensaios – laboratório, casa-de-vegetação, campo – é um processo longo e em muitos casos desestimulante. Portanto, é comum pesquisadores iniciarem trabalhos de pesquisa, publicarem artigos científicos, mas não chegarem a um produto final que seja recomendável para uso comercial (MAFFIA *et al.*, 2008).

Como apontado quanto ao controle cultural, fatores econômicos, sociais, profissionais e educacionais podem afetar a implementação do controle biológico (MIZUBUTI; MAFFIA, 2006). Provavelmente, o mais importante seja o aspecto educacional de produtores que estarão envolvidos com a adoção de controle biológico (GUHARAY; BARRIOS, 2003; SEGURA *et al.*, 2004). Entender os níveis de conhecimento, de demanda e de expectativa desses autores e trabalhá-los adequadamente é crucial para sucesso da implantação do biocontrole.

Conclusão

Os métodos de controles biológicos apresentados nesta revisão de literatura apresentam valores positivos ao controle de *H. vastatrix*, tendo melhor eficiência aqueles com a utilização de *Trichoderma*, além de bactérias endofíticas *Cedecea davisae*, *Bacillus subtilis*, e até mesmo espécie recém-descoberta de *Calonectria hemileiae*.

Apesar dos desafios, a revisão da literatura mostra que o controle biológico no café tem potencial promissor como alternativa sustentável ao manejo integrado de pragas, contribuindo para a produção de café de forma segura, eficiente e ambientalmente correta. No entanto, mais pesquisas são necessárias para melhorar a eficiência dos agentes biológicos no controle da ferrugem do cafeeiro, além do desenvolvimento estratégias que contribuam em auxiliar no manejo mais eficiente e economicamente viável para os cafeicultores.

Referências

- ABREU, L. M.; PFENNING, L. H. O gênero *Trichoderma*. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da. (Org.) ***Trichoderma* uso na agricultura**. 1ed. Brasília, DF: Embrapa, v. 1, p. 163-179, 2019.
- ALTIERI, M. A. Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar. **Revista Nera**, v. 13, n. 16, p. 22–32, 2010.
- CACEFO, V.; ARAÚJO, F. F. de; PACHECO, A. C. **Biological control of *Hemileia vastatrix* Berk. & Broome with *Bacillus subtilis* Cohn and biochemical changes in the coffee**. 2016.
- CAPORAL, F. R. **Agroecologia: uma nova ciência para apoiar a transição a agricultura mais sustentáveis**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2009.
- CARVALHO, V.L., CHALFOUN, S.M. (1998) **Manejo integrado das principais doenças do cafeeiro. Informe Agropecuário** 19:27-35
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, Brasília, DF, v. 10, n. 1, jan. 2023. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em 30 de jul. de 2023.
- COSTA, M. J. N.; ZAMBOLIM, L.; RODRIGUES, F. A. Avaliação de produtos alternativos no controle da ferrugem do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 150-155, 2007.
- CUNHA, R. L. da et al. **Desenvolvimento e validação de uma escala diagramática para avaliar a severidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) do cafeeiro**. 2001.
- FASSIO, L. H.; DA SILVA, A. E. S. **Importância econômica e social o café Conilon**. 2015.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

LOBO JUNIOR, M.; MACHADO-ROSA, T. A.; GERALDINE, A. M. Uso de *Trichoderma* na cultura do feijão-comum. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da. (Org.) **Trichoderma uso na agricultura**. 1ed. Brasília, DF: Embrapa, v. 1, p. 393-406, 2019

MAFFIA, L. A.; HADDAD, F.; MIZUBUTI, E. S. G. Controle biológico da ferrugem do cafeeiro. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. 1 ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. cap.17, p. 267-276.

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. **A ferrugem do cafeeiro no Brasil e seu controle**. Varginha: MAPA/PROCAFÊ, 2006. 104 p.

MATTOS, L. *et al.* Agricultura de pequena escala e suas implicações na transição agroecológica da Amazônia brasileira. **Amazônica**, v. 2, p. 264–292, dez. 2010.

MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G.T.; MENEZES, M. **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. UFRPE, Imprensa Universitária, 2005.

PEREIRA, R. B. *et al.* Extrato de casca de café, óleo essencial de tomilho e acibenzolar-S-metil no manejo da cercosporiose-do-cafeeiro. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 10, p. 1287-1296, out. 2008.

POMELLA, A; RIBEIRO, R. Controle Biológico com *Trichoderma* em Grandes Culturas – Uma Visão Empresarial. In: BETTIOL, Wagner *et al.* **Controle biológico de doenças de plantas**. 1991. cap 15, p. 239-244.

REIS, L. O. *et al.* Controle alternativo da ferrugem do cafeeiro. **15º JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA E 12 º SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS**, v. 14, n. 1, 2022.

SALCEDO-SARMIENTO, S. *et al.* Elucidating the interactions between the rust *Hemileia vastatrix* and a *Calonectria mycoparasite* and the coffee plant. **Iscience**, v. 24, n. 4, 2021.

SILVA, H. S. A. *et al.* Bactérias endófitas do cafeeiro e a indução de enzimas relacionadas com o controle da ferrugem (*Hemileia vastatrix*). **Tropical Plant Pathology**, v. 33, p. 49-54, 2008.

STANOJEVIĆ, O. *et al.* Biological control of green mould and dry bubble diseases of cultivated mushroom (*Agaricus bisporus* L.) by *Bacillus* spp. **Crop Protection**, v. 126, p. 104944, dez. 2019.

WEZEL, A.; SOLDAT, V. A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 7, n. 1, p. 3–18, 2009.