



RODRIGO PAULO DA SILVA

**MANEJO INTEGRADO DA FERRUGEM (*Hemileia vastatrix*) DO
CAFEIRO (*Coffea arabica*) COM AGENTE DE BIOCONTROLE ASSOCIADO A
FUNGICIDAS**

LAVRAS – MG

2019

RODRIGO PAULO DA SILVA

**MANEJO INTEGRADO DA FERRUGEM (*Hemileia vastatrix*) DO
CAFEIRO (*Coffea arabica*) COM AGENTE DE BIOCONTROLE ASSOCIADO A
FUNGICIDAS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Dr. Edson AmpélioPozza
Orientador

Msc. Mauro Peraro Barbosa Júnior
Co-orientador

LAVRAS – MG

2019

RODRIGO PAULO DA SILVA

**MANEJO INTEGRADO DA FERRUGEM (*Hemileia vastatrix*) DO
CAFEIEIRO (*Coffea arabica*) COM AGENTE DE BIOCONTROLE ASSOCIADO A
FUNGICIDAS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA 03/12/2019

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza UFLA
Msc. Mauro Peraro Barbosa Júnior UFLA

Dr. Edson Ampélio Pozza
Orientador

Msc. Mauro Peraro Barbosa Júnior
Co-orientador

LAVRAS – MG

2019

A Deus,

Á minha mãe Amélia, pelo apoio e dedicação que teve por mim ao longo de toda minha trajetória.

A minha filha Ísis, que me motiva a cada dia a me esforçar mais.

Aos meus amigos, que estiveram comigo a todo momento.

Á meu co-orientador Mauro e ao professor Edson, pela paciência e o apoio.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por me ceder a sabedoria e coragem, e não permitir que eu esmoreça.

Á minha mãe Amélia, pela imensa influência em minha vida, por ser essa guerreira que sonho em um dia ter o que ela não teve alfabetização e formação. Á minha filha Ísis que através de seu sorriso me motiva a buscar mais e ser uma pessoa melhor a cada dia. Á minha namorada Bárbara pela paciência, amor e apoio. Aos meus irmãos Caio, Fernanda e minha sóbria Sofia por estarem sempre comigo.

A CAPES, CNPq, FAPEMIG e INCTCafé e ao Setor de Cafeicultura da Universidade Federal de Lavras. Da empresa SIMBIOSE por disponibilizar o agente de biocontrole tornando possível a execução desse trabalho.

Aos colegas e funcionários do Departamento de Fitopatologia, em especial aos do laboratório de Epidemiologia. Um agradecimento especial ao Msc. Mauro Peraro Barbosa Júnior, Dr. Cristian David Plaza, Agr. Silvio Antônio Calazans de Freitas, ao Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza, por ter me fornecido suporte e ajuda para tornar realidade esse sonho.

Ao pessoal do Cactu's bar e restaurante por ter participado de certa forma desse sonho.

Aos grandes amigos de Lavras e São Vicente de Minas por entenderem minha ausência em muitos momentos. Enfim, um muito obrigado a todos que contribuíram para a realização desse sonho.

RESUMO

O manejo integrado de doenças tem como base o controle genético, cultural, químico e biológico. O primeiro é feito por meio de cultivares resistentes, o manejo cultural visa principalmente o equilíbrio entre a quantidade de água e os nutrientes fornecidos, o controle químico, é feito com o emprego de fungicidas protetores e sistêmicos. Já o controle biológico visa reduzir o uso de produtos químicos. Quando este é realizado corretamente reduz tanto o inoculo inicial como a taxa de progresso da doença no campo. A ferrugem é a principal doença do cafeeiro. Adotam-se diversas práticas para reduzir sua intensidade no campo. Alternativas de controle devem ser criadas para tornar a atividade sustentável, dessa maneira, o objetivo desse trabalho foi introduzir o controle biológico como alternativa de manejo no controle da ferrugem do cafeeiro, assim, evitando a seleção direcional de isolados resistentes e auxiliando na durabilidade das moléculas dos fungicidas sistêmicos existentes. O estudo foi realizado na safra de 2018/19, na fazenda Limeira, no município de Lavras-MG, em lavoura cafeeira da cultivar Topázio 99. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 4 repetições e 6 tratamentos, cada parcela experimental foi constituída de 8 plantas, sendo considerada úteis as 6 centrais. Foram realizadas 4 pulverizações em 05/09/18, 18/10/18, 28/11/2018 e 15/02/2019. Os tratamentos foram Testemunha (1); Piraclostrobina+Epoxiconazol(2); Ag. de biocontrole/Piraclostrobina+Epoxiconazol(3); Piraclostrobina+Epoxiconazol+Ag. de biocontrole(4); Ag. de biocontrole/Piraclostrobina+Epoxiconazol+Ag. de biocontrole (5); Ag. de biocontrole/Ag. de biocontrole. Foram realizadas 6 avaliações da ferrugem do cafeeiro em 19/09/2018, 20/10/2018, 23/11/2018, 11/01/2019, 28/02/2019 e 14/04/2019, concomitantemente avaliou-se o enfolhamento. Os dados das 6 avaliações foram integralizados em (i) Área Abaixo da Curva de Progresso da Ferrugem (AACPF) e (ii) Área Abaixo da Curva de Progresso do Enfolhamento. Foi calculada a eficácia entre os tratamentos por meio da equação de Abbott (1925). Foram realizadas análises de variância (ANAVA) para as variáveis AACPF e AACPE. As variáveis sendo significativas no teste F ($p < 0,05$) da ANAVA foram submetidas ao teste de médias de Scott-Knott. Para realizar essas análises foi utilizado o programa Sisvar. Os gráficos foram plotados no Sigmaplot e no Excel. Todos os tratamentos controlaram a ferrugem e obtiveram maior enfolhamento. Os tratamentos químicos em associações com o agente de biocontrole obtiveram maiores produtividades.

Palavras-chave: *Coffea arabica*. *Hemileia vastatrix*. Controle Biológico.

ABSTRACT

Integrated disease management is based on genetic, cultural, chemical and biological control. The first one is made by resistant cultivars, the cultural management mainly aims at the balance between the amount of water and the nutrients supplied, the chemical control is done with the use of protective and systemic fungicides. Already the biological control aims to reduce the use of chemicals. When performed correctly it reduces both the initial inoculum and the rate of disease progress in the field. Rust is the main coffee disease. Several practices are adopted to reduce their intensity in the field. Control alternatives should be created to make the activity sustainable. Thus, the objective of this work was to introduce biological control as a management alternative in the control of coffee rust, thus avoiding the directional selection of resistant isolates and assisting in the durability of the molecules. existing systemic fungicides. The study was carried out in the 2018/19 crop, in the Limeira farm, in Lavras-MG, in a coffee plantation of the cultivar Topázio 99. The experimental design was a randomized block design with 4 replications and 6 treatments. 8 plants, the 6 plants being considered useful. Four sprays were carried out on 9/5/18, 10/18/18, 11/28/2018 and 2/15/2019. The treatments were Witness (1); Piraclostrobin + Epoxyconazole (2); Biocontrol Ag / Piraclostrobin + Epoxiconazole (3); Piraclostrobin + Epoxiconazol + Ag. biocontrol (4); Biocontrol Ag / Piraclostrobin + Epoxiconazole + Ag. biocontrol (5); Biocontrol Ag / Ag. of biocontrol. Six evaluations of coffee rust were carried out on 9/19/2018, 10/20/2018, 11/23/2018, 11/01/2018,28 / 02/2019 and 14/04/2019. winding. Data from the 6 assessments were integrated into (i) Area Below Rust Progress Curve (AACPF) and (ii) Area Below Routing Progress Curve. Efficacy between treatments was calculated using Abbott's equation (1925). Analysis of variance (ANAVA) was performed for the variables AACPF and AACPE. The variables being significant in the ANAVA F test ($p < 0.05$) were submitted to the Scott-Knott test. To perform these analyzes, the Sisvar program was used. The graphs were plotted on Sigmaplot and Excel. All treatments controlled the rust and obtained the highest swelling. The chemical treatments in association with the biocontrol agent obtained higher productivities.

Keywords: *Coffea arabica*. *Hemilea vastatrix*. Biological control.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1. O cafeeiro e a ferrugem	10
2.2. Controle da ferrugem.....	11
2.3. Biocontrole da ferrugem do cafeeiro	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Descrição do campo de experimento.....	15
3.2. Delimitação e condições climáticas no momento da aplicação	15
3.3. Metodologia de avaliação.....	16
3.4. Área abaixo da curva da progresso da doença	17
3.5. Eficácia	17
3.6. Enfolhamento	18
3.7. Análises estatísticas	18
4 RESULTADOS	19
4.1. Incidência da ferrugem	19
4.2. Enfolhamentos	22
4.3. Produtividade.....	25
5 CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1 INTRODUÇÃO

Desde a entrada do café em Minas Gerais, por volta de 1707, à cultura do cafeeiro tornou-se de grande importância para o estado. Hoje são 463 municípios produtores com área de 1,2 milhões de hectares de café arábica, correspondendo a mais de 53% da safra nacional (CONAB-2019). Porém, as lavouras perdem produtividade com inúmeras doenças. Dentre essas, cita-se a ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk e Broome), a principal doença do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em todo o mundo. No Brasil, em regiões onde as condições climáticas são favoráveis à doença, os prejuízos na produção atingem cerca de 30 a 50%, além de depreciar a qualidade da bebida (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN et al., 2010).

As condições climáticas para altas taxas de progresso da ferrugem são alta umidade, igual ou acima de 82% e temperatura entre 21 a 25°C e baixa intensidade luminosa. A partir de novembro, começam a surgir as primeiras manchas cloróticas, aumentando sua incidência quando o clima está favorável. Com o surgimento das primeiras folhas infectadas até estágio de maturação, essa doença provoca intensa desfolha. Conforme as folhas caem a planta diminui a taxa fotossintética, perde a capacidade de produzir carboidratos e conseqüentemente de crescimento do cafeeiro e na produção (CUSTÓDIO et al., 2010; 2014; PINHEIRO et al., 2011; POZZA et al., 2015; BARBOSA JR, et al., 2017).

O controle pode ser feito pela utilização de variedades resistentes, correta utilização de fertilizantes ou por meio de aplicação de fungicidas cúpricos, triazóis e estrobilurinas (PEREZ et al., 2017; CHAVES et al., 2018). A resistência seria o método ideal de controle, porém com o estudo do genoma da raça 33 de *H. vastatrix* e sua capacidade de quebrar a resistência dos cultivares com cruzamentos de Timor (PORTO et al., 2019) e também a maioria da área plantada ser de cultivares suscetíveis resta aos produtores o manejo cultural e a pulverização de fungicidas. Além do mais, atualmente a sociedade exige alimentos e seus derivados com menores resíduos de produtos, provenientes de cadeias produtivas com maior sustentabilidade ambiental, social e financeira. Devido principalmente a preocupação do impacto desses fungicidas, na contaminação da cadeia alimentar e ambiente. Dessa maneira, seu uso adequado para produzir alimentos, é essencial para tornar a agricultura uma atividade sustentável (BETTIOL, 2008). Dentre as alternativas para reduzir o uso dos fungicidas, surge o controle biológico e a sua integração com outros métodos de manejo. Os mais importantes mecanismos desse controle são a competição, parasitismo, predação, hipovirulência e indução de defesa (BETTIOL, 1991).

Existem vários organismos com potencial uso para o controle de doenças de plantas, mas em relação à diversidade de grupos de microrganismos conhecidos, somente uma pequena parte é estudada quanto sua capacidade antagonista a patógenos. Os principais microrganismos pesquisados para o controle biológico de doenças de plantas são os fungos e as bactérias. (MEDEIROS; SILVA, 2018). Dentre os micro-organismos antagonistas mais estudados, encontra-se a bactéria *Bacillus subtilis*. Esse procarionto destaca-se no controle de doenças do fitoplano e em pós colheita. É versátil e efetiva na prevenção e controle de doenças causadas por várias espécies de patógenos em diversas culturas. Costa et al. (2007), pesquisando a ferrugem do cafeeiro, observou até 90% na redução em números de lesões em relação à testemunha. Mostrando ser mais uma alternativa de controle para reduzir a taxa de progresso dessa doença no campo.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi introduzir o controle biológico com o uso de um agente de biocontrole como alternativa de manejo para reduzir a intensidade da ferrugem do cafeeiro no campo, além de evitar a seleção direcional de isolados resistentes e auxiliar na durabilidade das moléculas dos fungicidas sistêmicos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Cafeeiro e a Ferrugem

O café (*coffea arabica*) tem como centro de origem no continente Africano na região da Etiópia. Posteriormente foi disseminado por toda a África tropical (Anthony et al., 2010). No Brasil, o café teve sua entrada na cidade de Belém-PA em 1727. Nos anos seguintes foi levada ao estado do Maranhão, chegando na Bahia em 1770. Do Maranhão para o Rio de Janeiro e dali as sementes do café espalharam-se pela Serra do Mar, atingindo o vale do Paraíba por volta de 1820. De São Paulo, foi para Minas Gerais, Espírito Santo e Paraná.

A área plantada de café no Brasil tem 2,21 milhões de hectares, no entanto, a espécie *C. arabica* ocupa 1,78 milhões de hectares e o *C. canephora* 0,43 milhões de hectares (CONAB, 2017). Os principais estados produtores no Brasil, atualmente são Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia e Paraná.

No estado de Minas Gerais, maior produtor, 98% da área cultivada com café, é da espécie *Coffea arabica*. Cultivado em mais de 80% dos países produtores, o café arábica vem sendo mais difundido no continente americano (CAMARGO, 2010). No Brasil, o cultivo de

café arábica é amplamente realizado, sendo adaptado e generalizado para pleno sol (NOVAES; SOUZA; PRADO, 2011) em razão das altas latitudes (19° a 24° Sul) e altitudes mais baixas (500 a 1.300 m) em relação ao local de origem (FAZUOLI et al., 2007).

Dentre as cultivares mais plantadas no país, estão Mundo Novo e Catuaí vermelho e amarelo, ambas suscetíveis à ferrugem (*Hemileia vastatrix*) (PEREIRA et al., 2010).

O agente etiológico da ferrugem do cafeeiro é o fungo *Hemileia vastatrix* (Berkeley e Broome). Esse fungo é biotrófico e depende dos tecidos vivos da planta para a sua sobrevivência e reprodução (SILVA et al., 2006). O processo de infecção tem início com a germinação dos esporos. Os uredósporos, na página inferior da folha, na presença de água e temperatura adequada, entre 15 - 30°C, sendo a temperatura ótima de 24°C e molhamento foliar de no mínimo 6 horas (NUTMAN et al., 1963). Após a formação do tubo germinativo, ocorre a diferenciação de um apressório sobre o estômato e a sua posterior penetração na câmara subestomática por intermédio de uma hifa de penetração. A hifa vai desenvolver duas ramificações laterais em forma de âncora e em cada braço é produzida uma hifa especializada designada de célula-mãe do haustório, responsáveis pela infecção das células guarda do estômato. O processo de infecção progride com a produção subsequente de hifas intercelulares no mesófilo e com a consequente formação de mais haustórios nas células do parênquima (RIJO; RODRIGUES, 1978; SILVA et al.; 1999).

Após 20 dias do início do processo de infecção, ocorre na área de penetração da hifa a formação de uma grande densidade micelial, surgindo para o exterior através dos estômatos, um soro uredospórico em forma de “bouquet”, as urédias (RIJO; RODRIGUES, 1978; SILVA et al.; 2006). A disseminação pode ser por chuva, vento, animal e até mesmo pela ação do homem. Com o tempo, as lesões aumentam de tamanho, deixando no seu centro uma área necrótica, onde a esporulação diminui, com a produção de esporos de cor mais branca, de menor viabilidade, chegando eventualmente a cessar. As consequências dessa infecção são a queda prematura das folhas, a diminuição da taxa de fotossíntese e da produção da planta (AGRIOS, 2005; SILVA et al., 2006). Os danos causados pela ferrugem são, principalmente, indiretos, pela indução de desfolha por ocasião da colheita.

2.2 Controle da ferrugem

O controle da ferrugem do cafeeiro se dá por várias maneiras podendo ser químico, no qual pode ser feito basicamente por dois esquemas de pulverização. Preventivo com a

utilização de fungicidas protetores e curativos, com produtos sistêmicos foliares.

Além da aplicação foliar, para o controle dessa doença, pode se usar fungicidas sistêmicos de solo, transportados via xilema, atuando em toda planta. Desde que existam condições de ambiente e metabolismo do cafeeiro para ocorrer sua translocação. Entre os principais grupos químicos para o controle da ferrugem encontram-se os triazóis e as estrobilurinas.

Para se defender contra ataques de vírus, bactérias, fungos nematoides e insetos as plantas possuem barreiras químicas e mecânicas constitutivas pré-formadas, bem como um sistema de defesa induzível (MONTESANO; BRADER; PALVA, 2003). A indução de resistência pode ser definida como o aumento da capacidade de defesa da planta contra um amplo espectro de organismo fitopatogênico (LOON; BAKKER; PIETERSE, 1998). A resistência resultante é proporcionada por um agente indutor que ativa o mecanismo de defesa na planta, os quais se encontram na forma latente (HAMMERSCHMIDT; KUC, 1982). Pesquisadores ao longo dos tempos vem desenvolvendo cultivares mais resistentes à ferrugem, e essa pode ser vertical, tornando-se imune à ferrugem e resistência horizontal na qual o cafeeiro tolera a ferrugem diminuindo assim o número de aplicações de fungicidas. Dentre essas alternativas de controle, a resistência seria o método ideal de controle, porém com o estudo do genoma da raça 33 de *H. vastatrix* e sua capacidade de quebrar a resistência dos cultivares com cruzamentos de Timor (PORTO et al., 2019) e também a maioria da área plantada ser de cultivares suscetíveis resta aos produtores o manejo cultural e a pulverização de fungicidas.

O aumento da preocupação ambiental, a oneração dos custos com fungicidas e a resistências do patógeno as moléculas existentes no mercado, nos leva buscar outra forma de controle, assim a nutrição e o controle biológico podem desempenhar um papel importante no controle da ferrugem.

A nutrição, esse é um fator ambiental passível de ser manipulado pelo o homem com relativa facilidade. Quando uma planta está enfraquecida por deficiência de algum nutriente, seu desenvolvimento torna-se comprometido, além de ela se tornar predisposta a infecções causadas por patógenos (JARVIS, 1993). Assim uma pratica alternativa é manejar a nutrição mineral para aumentar a tolerância às doenças como no caso, à ferrugem. Já o controle biológico age e é feito por mecanismos como competição, parasitismo, predação, hipovirulência e indução de defesa (BETTIOL, 1991).

2.3 Biocontrole da ferrugem do cafeeiro

Como dito, o controle da ferrugem do cafeeiro baseia-se principalmente na utilização de fungicidas e vem apresentando resultados satisfatórios. Entretanto, devido aos possíveis problemas, como o desequilíbrio biológico, acúmulo de produtos no solo e nas águas, seleção de linhagens resistentes do patógeno entre outros, há necessidade de estudar alternativas a esse método. Em relação ao controle biológico, *Verticillium lecanii*, *Bacillus subtilis* vêm apresentando resultados promissores no controle da doença. Além de *B. subtilis*, outras espécies de *Bacillus* têm ação sobre ferrugens como: *B. cereus* em *Puccinia allii*, *B. pumilus* em *Puccinia recondita*, *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* e *Puccinia coronata*. *Bacillus subtilis* é efetivo na prevenção e controle de doenças causadas por várias espécies de patógenos. Atuam inibindo a germinação de esporos, o crescimento do tubo germinativo e do micélio dos patógenos, bloqueando a sua infecção por formar zona de inibição e também por indução de resistência no hospedeiro (BETTIOL; MORANDI, 1994).

De acordo com compêndio “The Manual of Biocontrol Agents”, há três estirpes de *Bacillus subtilis* registrados e presentes em 34 produtos comerciais e uma estirpe de *Bacillus pumilus* registrada e utilizada em um produto comercial. Os *Bacillus* além da função de biocontroladores de fitopatógenos são considerados promotores de crescimento de plantas. Essa característica agrega vantagens na utilização das bactérias na agricultura.

Apesar de resultados positivos quanto ao antagonismo de *Bacillus* aos fungos fitopatogênicos, o controle das doenças não é satisfatório para todos os patossistemas e muitos devem ser testados no campo (BETTIOL; MORANDI, 2008). Resultados inconsistentes quanto à eficiência do controle podem ser testados em sistemas de manejo integrado, utilizando misturas com fungicidas químicos ou agentes de controle biológicos. O sinergismo pode ser mais eficiente e persistente que o controle realizado apenas com as bactérias (SHODA, 2000).

Estudos realizados por Haddad, (2008) em cafés orgânicos com isolados bacterianos, o B157 (*Bacillus* sp) e o P286 (*Pseudomonas* sp.) mostraram redução da intensidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk e Broome) em relação a testemunha; a eficiência do isolado B157 foi similar à de hidróxido de cobre. Obtendo como conclusão que o isolado de *Bacillus* sp exerce antibiose a *H. vastatrix* e pode controlar a ferrugem em cultivos orgânicos. Costa, et al., (2007) em experimentos realizados com *Bacillus* no controle da ferrugem do cafeeiro, observaram até 90% na redução em números de lesões em relação à testemunha,

equiparando-se a outros tratamentos químicos. Bem como, Silva et al. (2006) esses autores, testaram 217 bactérias e 17 fungos endofíticos em discos de folhas, de cafeeiro Mundo Novo, e os de melhor desempenho para o controle da ferrugem, foram as bactérias endofíticas 3F e 119G, nas quais, destacaram-se proporcionando redução da severidade da doença em torno de 85%. Além disso, foi verificada atividade da enzima peroxidase. Dessa maneira, provavelmente esses tratamentos, além de ação direta sobre o patógeno, proporcionaram indução de resistência em mudas de cafeeiro. Trabalhando com as cultivares Mundo Novo e Icatu, Cacefo, et al., (2016), verificaram ação da bactéria, *B. subtilis*, no controle da ferrugem em ambas as cultivares, porém com menor eficiência em relação ao tratamento com azoxistrobina. Este trabalho também teve como objetivo detectar algumas alterações bioquímicas nestas plantas tratadas com pulverizações foliar de *B. subtilis* e azoxistrobina em condições de campo. Plantas tratadas com *B. subtilis* apresentou maior produção de prolina, fenóis totais e proteínas totais em suas folhas.

Com tudo, a utilização de agentes de controle biológico deve estar relacionada com o manejo integrado, para que se tenha sucesso. Os produtos comerciais à base de *Bacillus* podem servir como uma ferramenta de controle de fitopatógenos, em rotação com outros fungicidas químicos em cultivos convencionais. São também interessantes alternativas de controle de doenças em cultivos orgânicos, onde a oferta de produtos é escassa. Para o controle de fungos fitopatógenos, fungicidas são utilizados, não raro excessivamente, o que leva a problemas ambientais, econômicos e de saúde humana. Por isso, é importante adotar medidas alternativas de manejo (MAFFIA; MIZUBUTI, 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrições do campo experimental

O trabalho foi implantado na Fazenda Limeira, de propriedade particular. Altitude de 948 m, 21° 19'86" e Longitude 44° 98'26". A cultivar avaliada foi Topázio, suscetível à ferrugem, no espaçamento de 4,0 m entre linhas e 0,6 m entre plantas, com população de 4166 plantas ha⁻¹. O ensaio foi conduzido segundo as recomendações para a cultura, sendo feito o controle de plantas daninhas e pragas conforme nível de controle. O manejo da fertilidade do solo e da nutrição da cultura foi feito com base nos resultados da análise química do solo, aplicando-se corretivos e fertilizantes na projeção da copa das plantas.

3.2 Delineamento e condições climáticas no momento da aplicação

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 6 tratamentos e quatro repetições. Cada parcela experimental foi formada por 8 plantas, sendo consideradas úteis as seis centrais. Foram realizadas 4 pulverizações descritos na (Tabela 1). O equipamento usado foi um atomizador costal. O volume de calda aplicado foi o equivalente a 400 L ha⁻¹.

Tabela 1. Tratamentos aplicados na safra 2018/2019. Lavras-MG;

Tratamentos	doses*	i.a*	i.a*	conc.	form.	pulv.
1- Testemunha	---	---	---	---	---	---
2- Piraclostrobina+ Epoconazol	1,5	Piraclostrobina	Epoconazol	50/133	SE	3,4
3- Ag. de biocontrole/ Piraclostrobina+Epoconazol	0,5 1,5	Piraclostrobina	Epoconazol	50/133	SE	1,2,3,4
4- Piraclostrobina+Epoconazol/ Ag. de biocontrole	1,5 0,5	Piraclostrobina	Epoconazol	50/133	SE	5,6
5- Ag. de biocontrole/ Piraclostrobina+Epoconazol+Ag. de biocontrole	0,5 1,5+0,5	Piraclostrobina	Epoconazol	50/133	SE	1,2,5,6
6- Ag. de biocontrole/ Ag. de biocontrole	0,5 0,5	---	---	---	---	1,2,7,8

doses*- L.ha⁻¹; i.a*- ingrediente ativo; n.c*- nome comercial; conc.- concentração; form.- formulação; pulv.- pulverização;

1,2-Pulverização, com Ag. de biocontrole, em 05/09/2018 e 18/10/2018;

3,4-Pulverização com Piraclostrobina+Epoxiconazol em 28/11/2018 e 15/02/2019;
 5,6-Pulverização com Piraclostrobina+Epoxiconazol +Ag. de biocontrole em 28/11/2018 e 15/02/2019;
 7,8- Pulverização com Ag. de biocontrole em 28/11/2018 e 15/02/2019;

As condições meteorológicas nas datas das pulverizações foram favoráveis às pulverizações (Tabela 2).

Tabela 2. Condições meteorológicas obtidas na área experimental, na data das aplicações. UFLA, Lavras/MG, 2018/19.

Variáveis	Aplicação do programa fitossanitário			
	05/09/2018	18/10/2018	28/11/2018	15/02/2019
T max(°C)	29,4	31,3	31,3	29,2
T min(°C)	18,23	18,5	18,5	17,9
T med(°C)	23,81	24,9	24,9	23,5
Umidade relativa(%)	78	54	70	70
Precipitação (mm)	5	2	3	3
Velocidade vento (m/s)	1,4	3,6	2	2
Nebulosidade	ausente	ausente	ausente	ausente
Início aplicação (hrs)	8	7	6	6
Idade fenológica das plantas	3° fase	4° fase	4° fase	4° fase

3.3 Metodologia de avaliação

Foram realizadas 6 avaliações da ferrugem do cafeeiro nas datas 19/09/2018; 20/10/2018; 23/11/2018; 15/01/2019; 28/02/2019 e 15/04/2019, nos estádios fenológicos dormência das gemas maduras (3° fase), florada e expansão dos frutos (4° fase), granação (5° fase) maturação dos frutos e (6° fase) repouso e senescência dos ramos terciários e quaternários (Camargo; Camargo, 2007). As folhas foram avaliadas aleatoriamente por método não destrutivo, no terço médio da planta, entre o terceiro e o quarto pares de folhas dos ramos plagiotrópicos, sendo amostradas 12 folhas por planta, nas 8 plantas úteis, totalizando 96 folhas. A incidência foi obtida por meio da formula de (Campbell; Madden, 1990) (Equação 1).

$$I(\%) = \left(\frac{NFD}{NTF} \right) * 100 \quad (1)$$

No qual:

I (%) = incidência da ferrugem do cafeeiro;

NFD = número de folhas doentes;

NTF = número total de folhas amostradas.

3.4 Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença

Os dados das 6 avaliações foram integralizados em (i) Área Abaixo da Curva de Progresso da da Ferrugem (AACPF), (ii) Área Abaixo da Curva de Progresso para o enfolhamento (AACPE), segundo fórmula proposta por Shaner ; Finney (1977) (Equação 2).

$$AACP = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(Y_i + Y_{i+1})}{2} * (T_{i-1} - T_i) \quad (2)$$

No qual:

AACP= área abaixo da curva de progresso da doença;

Y_i = proporção da doença na i-ésima observação;

T_i = tempo em dias na i-ésima observação;

n= número total de observações.

3.5 Eficácia

Foi calculada a eficácia entre os tratamentos por meio da equação de Abbott (1925) (equação 3).

$$E\% = \left(1 - \frac{n \text{ no } T \text{ após tratamento}}{n \text{ no } Co \text{ após tratamento}} \right) \times 100 \quad (3)$$

No qual:

n= Incidência da doença;

T= Tratamento com fungicida;

Co= Controle.

3.6 Enfolhamentos

O enfolhamento das parcelas foi avaliado concomitantemente a avaliação das doenças e foram atribuídas notas de 1 a 5, de acordo com a porcentagem de enfolhamento nas parcelas, sendo 1 (0 a 20% de enfolhamento), 2 (21 a 40%), 3 (41 a 60%), 4 (61 a 80%) e 5 (81 a 100%) segundo escala proposta por Boldini (2001).

3.7 Análises estatísticas

Foram realizadas análises de variância (ANAVA) para as variáveis analisadas. As variáveis significativas no teste F da ANAVA foram submetidas ao teste de médias de Scott-Knott. Os cálculos foram efetuados e os gráficos plotados utilizando-se o software SigmaPlot® e o software Excel®. Foi utilizado, para a análise estatística do experimento, o programa Sisvar® (Ferreira, 2008) versão 4.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Incidências da ferrugem

A doença ocorreu durante todo o período de condução do experimento. Iniciou com incidência média de 0,5% entre os tratamentos. Observou-se aumento gradativo da incidência da ferrugem até a avaliação do dia 23/11/2018, com média entre os tratamentos de 11,3%. Na testemunha essa incidência continuou a crescer, exponencialmente, atingindo 23,6% em 28/02/2019. Após esse período devido às condições desfavoráveis do ambiente a média da incidência entre os tratamentos em 15/04/2019 foi de 2,2%. Com a ação do Piraclostrobina+Epoxiconazol e do Ag. de biocontrole, observou-se diminuição na taxa de progresso da ferrugem, a partir de 15/01/2019, a média entre os tratamentos com fungicidas e do agente de biocontrole foi de 3,5% de incidência. Em 28/02/2019 e 15/04/2019 as médias da incidência da ferrugem foram de 5,2 e 1,7% (Figura 1).

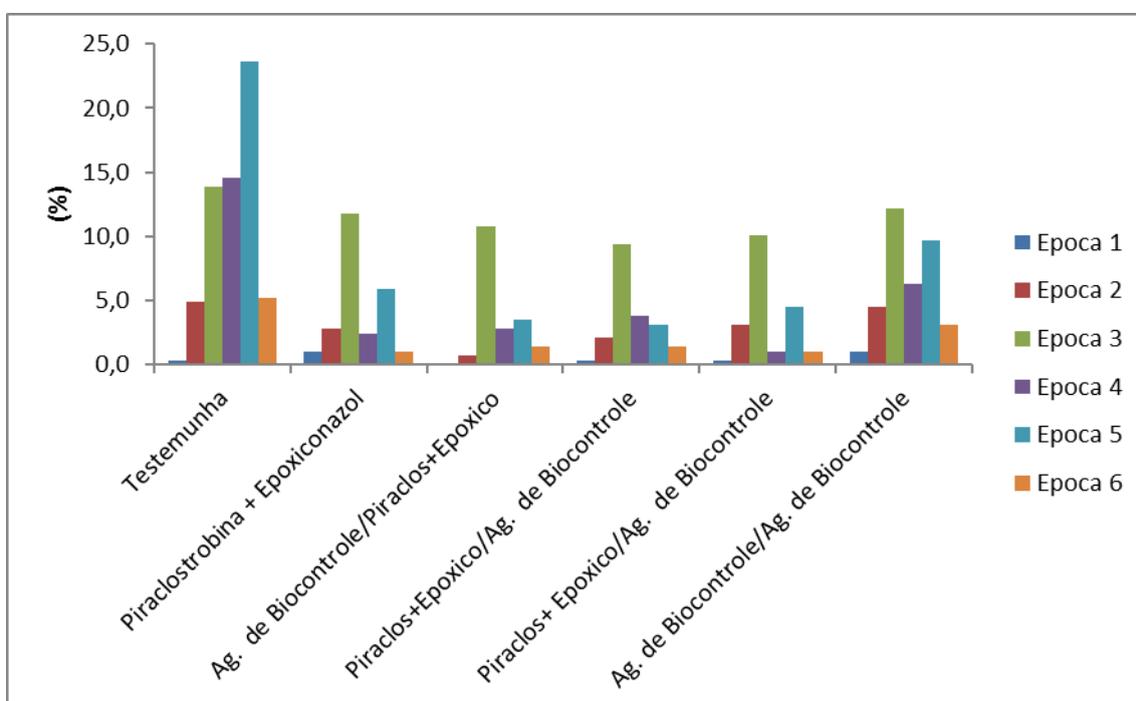


Figura 1. Curva de progresso da incidência da Ferrugem (*Hemileia vastatrix*) na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica*), nas diferentes datas de avaliações, em função dos fungicidas e Ag. de biocontrole aplicados e épocas de pulverização. UFLA, Lavras/MG, 2018/19.

Houve diferença estatística ($p < 0,05$) para as avaliações em 15/01/2019, 23/02/2019, 15/04/2019 e AACPF. Todos os tratamentos, químicos e agente de biocontrole, obtiveram menor incidência da ferrugem em relação à testemunha nas avaliações dos dias 15/01/2019 e 23/02/2019. Para avaliação do dia 15/04/2019 e AACPF, o tratamento químico em associação com o agente de biocontrole obteve menor incidência em relação ao tratamento com apenas pulverização do agente de biocontrole e testemunha. Para AACPF os tratamentos com maior eficiência de controle em relação à testemunha foram Ag. de biocontrole/Piraclostrobina+Epoxiconazol, Piraclostrobina+Epoxiconazol +Ag. de biocontrole e Ag. de biocontrole/ Piraclostrobina+Epoxiconazol +Ag. de biocontrole com 69,2, 67,7 e 67,7% respectivamente (Tabela 3). Em relação ao controle da ferrugem do cafeeiro, recomenda-se a pulverização das lavouras quando apresentam de 5 a 10% de incidência. Em alguns trabalhos, como os de Almeida et al. (1998), verifica-se que não se deve aguardar índices altos de incidência da Ferrugem, principalmente em anos de alta carga e em condições de clima favorável à doença, para o início do controle com fungicidas sistêmicos ou protetores (MIGUEL et al., 1975; CUNHA, MENDES, CHALFOUN, 2004). Novas ferramentas devem ser utilizadas para tornar a cafeicultura atividade rentável, assim à introdução de manejos alternativos, como, o controle biológico, devem ser introduzidas. Bettioli et al., (2009) em seu livro “biocontrole de doenças de plantas” retrata experimentos realizados com *Bacillus* no qual Costa et al., (2007) pesquisando a ferrugem do cafeeiro, observaram até 90% na redução em números de lesões em relação à testemunha, equiparando-se a outros tratamentos químicos. Nesse trabalho as pulverizações do agente de biocontrole em 05/09/2019 e 18/10/2019, contribuíram para reduzir a incidência da ferrugem e provavelmente tiveram interferência direta na indução de resistência e controle da doença, além disso, auxiliaram na eficácia das pulverizações de novembro e fevereiro, quando foi feito o uso do fungicida Piraclostrobina+Epoxiconazol em associação com o agente de biocontrole.

Tabela 3. Incidência em porcentagem da ferrugem do cafeeiro nas diferentes datas de avaliação e AACPF em função dos diferentes fungicidas e épocas de avaliação. Lavras-MG, 2018/19.

Tratamentos	19/09/2018	20/10/2018	E(%)	23/11/2018	E(%)	15/01/2019	E(%)	23/02/2019	E(%)	15/04/2019	E(%)	AACPF	E(%)
Testemunha	0,3 a	4,8 a	---	13,8 a	---	14,5 b	---	23,6 b	---	5,2 c	---	1791,4 c	
Piraclostrobina+Epoxiconazol	1,0 a	2,7 a	42,3	11,8 a	14,5	2,4 a	83,4	5,9 a	49,2	1,04 a	80,0	718,1 a	59,9
Ag. de biocontrole/Piraclostrobina+Epoxiconazol	0,0 a	0,6 a	85,6	10,7 a	22,5	2,7 a	81,4	3,4 a	63,1	1,3 a	75,0	552,0 a	69,2
Piraclostrobina+Epoxiconazol+Ag. de biocontrole	0,3 a	2,0 a	56,7	9,3 a	32,6	3,8 a	73,8	3,1 a	22,0	1,3 a	75,0	577,9 a	67,7
Ag. de biocontrole/Piraclostrobina+Epoxiconazol+Ag. de biocontrole	0,3 a	3,1 a	35,0	10,0 a	27,5	1,0 a	93,1	4,5 a	22,3	1,04 a	80,0	583,1 a	67,5
Ag. de biocontrole/Ag. de biocontrole	1,0 a	4,5 a	6,0	12,1 a	12,3	6,2 a	57,2	9,7 a	49,2	3,1 b	40,4	1041,0 b	41,9

E(%) – Porcentagem de Eficácia de Abbott;

AACPF- Área Abaixo da Curva de Progresso da Ferrugem;

Médias seguidas por mesmas letras não diferem entre si por meio do teste Scott-Knott a 5% de probabilidade;

4.2 Enfolhamentos

Foi plotada a porcentagem de enfolhamento em cada parcela entre os meses de setembro de 2018 a abril de 2019. O enfolhamento é uma forma de quantificar o hospedeiro, assim quanto mais enfolhado, maior será seu vigor. O maior enfolhamento médio, entre os tratamentos com fungicidas, foi encontrado na avaliação do dia 20/10/2018, com média entre os tratamentos de 81,9%. Devido a ação da ferrugem no decorrer das avaliações as parcelas perderam folhas, principalmente na testemunha, culminando em 15/04/2019 com apenas 63,8% de enfolhamento (Figura 2).

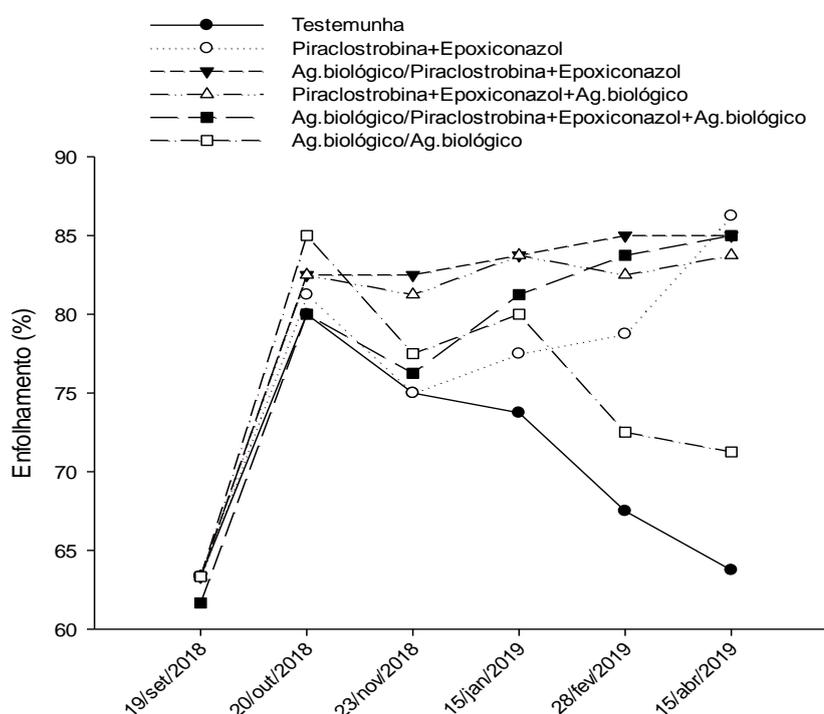


Figura 2. Curva de progresso do enfolhamento na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica*), nas diferentes datas de avaliações, em função dos fungicidas e Ag. de biocontrole aplicados e época de pulverização. UFLA, Lavras/MG,2018/19.

Houve diferença estatística ($p < 0,05$) para as avaliações em 23/11/2018, 28/02/2019, 15/04/2019 e AACPE. Os tratamentos, com uso do fungicida químicos e agente de biocontrole, obtiveram maior enfolhamento em relação à testemunha. Para avaliação do dia 23/11/2018 os tratamentos com maior enfolhamento foram Ag. de biocontrole/Piraclostrobina+Epoxiconazol e Piraclostrobina+Epoxiconazol +Ag. de biocontrole com 82,5 e 81,2% de enfolhamento. Já em 15/04/2019, os tratamentos, com fungicida químico em associação com o agente de biocontrole, obteve maior enfolhamento em relação ao tratamento com apenas pulverização do agente de biocontrole e testemunha. Em 28/02/2019 e AACPE todos os tratamentos foram superiores a

testemunha. Para AACPE, os tratamentos com maior eficiência de controle em relação à testemunha foram Ag. de biológico/Piraclostrobina+Epoxiconazol, Piraclostrobina+Epoxiconazol+Ag. de biocontrole e Ag. de biocontrole/Piraclostrobina+Epoxiconazol+Ag. de biocontrole com 11,8, 10,8 e 8,8% respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4. Enfolhamento do cafeeiro nas diferentes datas de avaliação e AACPE em função dos diferentes fungicidas e épocas de avaliação. Lavras-MG, 2018/19.

Tratamentos	19/09/2018	20/10/2018	E(%)	23/11/2018	E(%)	15/01/2019	E(%)	23/02/2019	E(%)	15/04/2019	E(%)	AACPE	E(%)
Testemunha	63,3 a	80,0 a	---	75,0 b	---	73,7 a	---	67,5 b	---	63,7 c	---	10793,7 b	---
Piraclostrobina+Epoxiconazol	63,3 a	81,2 a	1,5	75,0 b	0,0	77,5 a	83,4	78,7 a	14,2	85,2 a	80,0	11618,7 a	7,1
Ag. de biocontrole/Piraclostrobina+Epoxiconazol	63,3 a	82,5 a	3,0	82,5 a	9,1	83,7 a	81,4	85,0 a	20,6	85,0 a	75,0	12237,5 a	11,8
Piraclostrobina+Epoxiconazol+Ag. de biocontrole	63,3 a	82,5 a	3,0	81,2 a	7,6	83,7 a	73,8	82,5 a	18,2	83,7 a	75,0	12106,2 a	10,8
Ag. de biocontrole/Piraclostrobina+Epoxiconazol+Ag. de biocontrole	61,6 a	80,0 a	0,0	76,2 b	1,6	81,2 a	93,1	83,7 a	19,4	85,0 a	80,0	11837,5 a	8,8
Ag. de biocontrole/Ag. de biocontrole	63,3 a	82,5 a	3,0	77,5 b	3,2	80,0 a	57,2	72,5 b	6,9	71,2 b	40,4	11468,7 a	5,9

E(%) – Porcentagem de Eficácia de Abbott;

AACPE- Área Abaixo da Curva de Progresso do Enfolhamento;

Médias seguidas por mesmas letras não diferem entre si por meio do teste Scott-Knott a 5% de probabilidade;

4.3 Produtividade

Houve diferença estatística ($p < 0,05$) para a produtividade. Os tratamentos, Ag. de biocontrole/Piraclostrobina+Epoxiconazol; Piraclostrobina+Epoxiconazol+Ag. de biocontrole, Piraclostrobina+Epoxiconazole Ag. de biocontrole/Piraclostrobina+Epoxiconazol+Ag. de biocontrole, produziram 30,6, 28,1, 26,9 e 24,4 sacas de 60 Kg.ha⁻¹ respectivamente (Figura 3). Dessa maneira, as pulverizações do agente de biocontrole em 05/09/2019 e 18/10/2019, contribuíram para o aumento do enfolhamento e diminuição da ferrugem nas parcelas, além disso, auxiliaram na eficácia das pulverizações dos meses de novembro e fevereiro, quando foi feito o uso do fungicida Piraclostrobina+Epoxiconazol em associação com o agente de biocontrole. Portanto, assim essas parcelas obtiveram maiores produtividades, pois quanto maior a quantidade de folha maior será a taxa de fotossíntese e conseqüentemente produção de energia necessária para manter os grãos no cafeeiro e aumentar sua qualidade da bebida. Esses resultados demonstraram a influência dos tratamentos químicos e do agente de biocontrole na curva de progresso da ferrugem, alterando o patossistema e o enfolhamento. A manutenção das folhas do cafeeiro nos tratamentos químicos em associação com o agente de biocontrole refletiu em maiores produtividades. Em contrapartida, na testemunha, a próxima safra, estará comprometida. Pois a queda precoce das folhas provocada por ferrugem, faz o cafeeiro retirar nutrientes dos ramos e translocá-los aos frutos para sua correta formação (TAIZ; ZEIGER, 2013). Assim, essa estratégia da planta causa depauperamento e menor formação de ramos vegetativos essenciais para formação dos frutos no ano seguinte (POZZA et al., 2010).

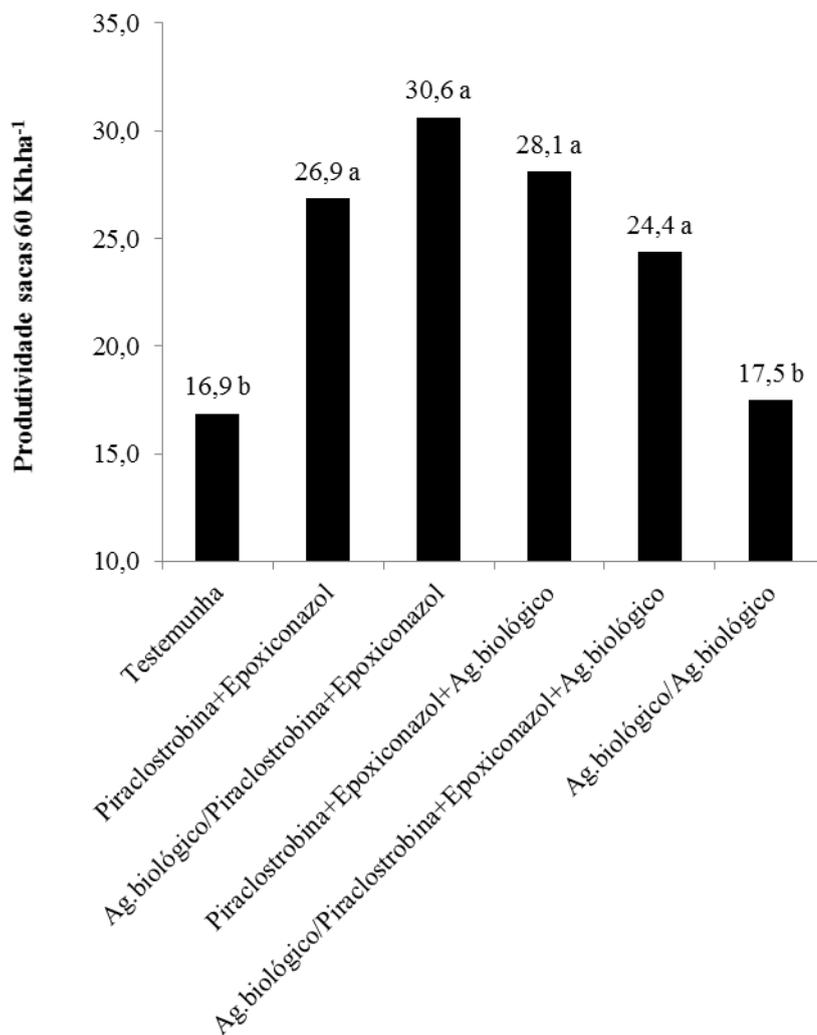


Figura 3. Produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica*), em função dos fungicidas e Ag. de biocontrole aplicados e época de pulverização. UFLA, Lavras/MG,2018/19.

5 CONCLUSÕES

Para AACPF, o tratamento químico em associação com o agente de biocontrole obteve menor incidência da ferrugem em relação ao tratamento com pulverização do agente de biocontrole e testemunha;

Todos os tratamentos obtiveram maior enfolhamento em relação à testemunha;

Os tratamentos químicos em associações com o agente de biocontrole obtiveram maiores produtividades;

O agente de controle biológico pode ser empregado no manejo da ferrugem e da manutenção das plantas de cafeeiro mais enfolhadas.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S. R.; MATIELLO, J. B.; FERREIRA, R. A. **Efeito de dose, número de aplicações e adição de cobre ou espalhante na ação do fungicida Opus (Epoconazole) no controle curativo da ferrugem do cafeeiro.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 24., 1998, Rio de Janeiro. Resumos... Rio de Janeiro: PROCAFÉ, 1998. p. 49-51
- BARBOSA JR, M. P. et al. Irrigação por gotejamento e manejo do fósforo no progresso da ferrugem do cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 39-48, 2017.
- BETTIOL, Wagner; SAITO, Maria L.; BRANDÃO, Mariette S. B. **Controle da ferrugem do cafeeiro com produtos à base de *Bacillus subtilis*.** Embrapa, Jaguariúna, p. 119-122, 22 mar. 1994.
- BOLDINI, J.M. **Epidemiologia da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro irrigado e fertirrigado.** 2001. 67p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CACEFO, Viviane ; ARAUJO , Fabio fernando; PACHECO, Ana Cláudia. BIOLOGICAL CONTROL OF *Hemileia vastatrix* Berk. ; Broome WITH *Bacillus subtilis* Cohn AND BIOCHEMICAL CHANGES IN THE COFFEE. **Coffee Science**, Lavras-MG, p. 567-574, out./dez. 2016.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology.** New York: J. Wiley, 1990.
- CARVALHO, Monique. **CONHEÇA A ORIGEM DO CAFÉ E SUA HISTÓRIA.** [S. l.], 21 set. 2017. Disponível em: <https://www.graogourmet.com/blog/conheca-origem-do-cafe-e-sua-historia/>. Acesso em: 14 maio 2019.
- CASTRO, P. R. C. **Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical.** Piracicaba: ESALQ/Divisão de Biblioteca e Documentação, 2006. 46 p
- CHAVES, E. et al. Temporal analyses of brow eye spot of coffee and its response to the interaction of irrigation with phosphorous levels. **Journal of phytopatology**, 166: 613-622. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jph.12723>
- CONAB. **Safra de café 2019.** Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_04_11_22_44_boletim_cafe_portugues_-_4o_lev_-_dez.pdf
- COSTA , Bruno H. G. **Manejo da ferrugem e da cercosporiose com produtos alternativos, fungicidas e suas associações em condições de campo.** 2012. Dissertação (Mestrado) - Universidade federal de Lavras, Lavras-MG, 2012.
- CUNHA, R.L.; MENDES, A. N. G.; CHALFOUN, S. M. Controle químico da ferrugem do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) do cafeeiro e seus efeitos na produção e preservação do enfolhamento. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 28, n. 5, p. 990 – 996, 2004.
- CUSTÓDIO, A. A. P., POZZA, E. A., SOUZA, P. E., LIMA, L. A., DA SILVA, A. M. Effect of center-pivot irrigation in the rust and brown eye spot of coffee. **Plant disease. The American Phytopathological Society**, v. 98, n. 7, p. 943-947, july 2014.

CUSTÓDIO, A. A. P.; POZZA, E. A.; GUIMARÃES, S. S. C.; KOSHIKUMO, E. S. M.; HOYOS, J. M. A.; SOUZA, P. E. Comparison and validation of diagrammatic scales for brown eye spots in coffee tree leaves. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1067 - 1076, 2011.

GALVÃO, José Abrahão Haddad. **SENSIBILIDADE DE LECANICILLIUM LECANII, AGENTE DE BIOCONTROLE DE HEMILEIA VASTATRIX, À RADIAÇÃO UTRAVIOLETA-B**. 2012. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu- SP, 2012.

HADDAD, Fernando. **Controle biológico da ferrugem do cafeeiro**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade federal de Viçosa, Viçosa- MG, 2008.

MIGUEL, A. E.; MANSK, Z.; MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. **Efeitos de fungicidas no controle de Cercospora coffeicola em frutos de café**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 3., 1975, Curitiba. Resumos... Rio de Janeiro: IBC-GERCA, 1975. p. 58-61.

MORANDI, Marcelo ; BETTIOL, Wagner Bettiol. **BIOCONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS**. Jaguariúna-SP: Embrapa, 2009.

NATÁRIO, FELIPE. **GESTÃO DA CULTURA DO CAFÉ E FERRUGEM DO CAFEEIRO (*Hemileia vastatrix*)**. 2015. DISSERTAÇÃO (MESTRADO) - Universidade federal do Paraná, Curitiba-PR, 2015.

OPINIÃO, Ana Isabel Braz. **CARACTERIZAÇÃO CARIOLÓGICA DO FUGO HEMILEIA VASTATRIX RESPONSÁVEL PELA FERRUGEM ALARANJADA DO CAFEEIRO**. 2012. DISSERTAÇÃO (MESTRADO) - Faculdade de ciência e Tecnologia Universidade nova de Lisboa, Lisboa- Portugal, 2012.

PEREZ, C. D. P. et al. Nitrogênio e Potássio na intensidade da mancha aureolada cafeeiro em solução nutritiva. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 60-68, jan / mar. 2017.

PINHEIRO, J. B. et al. Severidade da ferrugem da soja em função do suprimento de potássio e do cálcio em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 1, p. 43-50, jan / fev. 2011.

PORTO, B. N. **Genome sequencing and transcript analysis of *Hemileia vastatrix* reveal expression dynamics of candidate effectors dependent on host compatibility**. Plos one, 10.1371. 2019.

POZZA, E. A.; CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M. **Sintomas de injúrias causadas por doenças em cafeeiro**. In: GUIMARAES, R. J.; MENDES, A. N. G.; BALIZA, D. P. (Ed.). **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas semiologia do cafeeiro**. Lavras: Ed. UFLA, 2010. p. 68-106.

POZZA, E. A.; POZZA, A.A.A.; BOTELHO, D.M.S. Silicon in plant disease control. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 3, p. 323 – 331, 2015.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. **The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-milde wing resistance in Knox wheat**. Phytopathology, Saint Paul, v. 67, n. 3, p. 1051-1056, Feb. 1977

SILVA, Harllen Sandro A *et al.* **Microorganismos endofíticos: potencial de uso como agentes de biocontrole da ferrugem do cafeeiro. Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, Embrapa, p. 1-28, jun. 2006.

SILVA, JOYCE A. G. A cultura do café. *In:* SILVA, JOYCE A. G. **INDUTORES DE RESISTÊNCIA E DEMAIS ASSOCIAÇÕES NO MANEJO DA FERRUGEM E CERCOSPORIOSE DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica*): ANÁLISES BIOQUÍMICAS E FISIOLÓGICAS**. 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.