UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

LUDMILA LOPES SILVA

POTENCIAL DO SELÊNIO E IODO NO MANEJO DA SEVERIDADE DA CERCOSPORIOSE DO CAFEEIRO

LAVRAS - MG

2025

LUDMILA LOPES SILVA

POTENCIAL DO SELÊNIO E IODO NO MANEJO DA SEVERIDADE DA CERCOSPORIOSE DO CAFEEIRO

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

Prof. Dr. Mário Lúcio Vilela de Resende

Orientador

Msc. Dilson Lucas Fernandes Silva

Coorientador

LAVRAS - MG

2025

LUDMILA LOPES SILVA

POTENCIAL DO SELÊNIO E IODO NO MANEJO DA SEVERIDADE DA CERCOSPORIOSE DO CAFEEIRO

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

APROVADA em X de janeiro de 2025.

Dr. Mário Lúcio Vilela de Resende, UFLA

Dra. Lucélia Borgo, UFLA

Msc.Roberth Jhersson Delgado Ortiz, UFLA

Prof. Dr. Mário Lúcio Vilela de Resende

Orientador

Msc. Dilson Lucas Fernandes Silva

Coorientador

LAVRAS - MG

2025

Aos meus pais, por sempre me apoiarem, incentivarem e nunca medirem esforços por mim.

Dedico

RESUMO

O cafeeiro (*Coffea* sp.) é uma cultura de grande relevância no cenário mundial, sendo o Brasil o principal produtor e exportador a nível global. No entanto, a produtividade e a qualidade do fruto podem sofrer quedas consideráveis, quando a cultura é afetada por doenças, o que pode ocasionar baixa qualidade de bebida. Entre as doenças que atacam o cafeeiro, destaca-se a cercosporiose, causada pelo fungo *Cercospora coffeicola* ocasionando desfolha além de lesões nas folhas e frutos. O controle da cercosporiose é realizado por meio de práticas culturais e uso de fungicidas, contudo, diante do aumento da resistência de patógenos às moléculas químicas e a necessidade de um manejo mais sustentável, torna-se fundamental a busca de novas estratégias que fortaleçam a planta, a fim de mitigar a doença. Uma das estratégias que se destaca na agricultura é o uso de elementos minerais para o controle de estresses bióticos causados por patógenos nas culturas, além do seu potencial como indutores de resistência. O selênio (Se) é um elemento com resultados promissores nesse sentido, enquanto o iodo (I) começou a ser investigado recentemente com o mesmo propósito. Este projeto teve como objetivo analisar o efeito do selênio e do iodo, bem como suas combinações com produtos comerciais à base de selênio, no controle da cercosporiose em cafeeiro. Foram realizados experimentos tanto em condições de campo quanto em casa de vegetação. Observou-se que as plantas tratadas com selênio na forma de selenato de sódio, Fisiun Se e Fisiun Se + iodo apresentaram menor severidade da cercosporiose em comparação à testemunha e demais tratamentos, especialmente em plantas que não receberam o protetor solar, quando em condição de campo. Nos experimentos em casa de vegetação, observou-se uma redução na severidade da cercosporiose em cinco tratamentos, quando comparados à testemunha: selênio na forma de selenato de sódio, selênio + iodo, Fisiun Se, Nutriduo e Nutriduo + iodo. Os dados sugerem que o uso de selênio, tanto na forma de selenato de sódio quanto nas formulações comerciais avaliadas, pode ser eficaz na mitigação da severidade da cercosporiose. Além disso, os resultados indicam que o iodo pode ter um efeito positivo na redução da severidade da doença quando utilizado em combinação com o selênio.

Palavras-chave: *Cercospora coffeicola*; Selênio; Iodo.

ABSTRACT

The coffee plant (*Coffea* sp.) is a crop of great international relevance, being a globally significant commodity, with Brazil as the leading producer and exporter. However, when the crop is affected by diseases, productivity and fruit quality can decline, potentially resulting in lower beverage quality. Among the diseases affecting coffee plants, cercospora leaf spot, caused by the fungus *Cercospora coffeicola*, is particularly noteworthy. This disease impacts both nursery seedlings and mature plants, leading to defoliation and lesions on leaves and fruits. Control of cercospora leaf spot is typically achieved through cultural practices and the use of fungicides. Nevertheless, given the increasing resistance of pathogens to chemical molecules and the need for more sustainable management approaches, it becomes crucial to explore strategies that enhance plant resilience to mitigate disease severity. One emerging strategy in agriculture is the use of mineral elements to reduce biotic and abiotic stresses in crops. Selenium (Se) has shown promising results in this regard, while iodine (I) has recently begun to be studied for similar purposes. This project aimed to analyze the effects of selenium and iodine, as well as their combinations with commercial selenium-based products, in reducing the severity of cercospora leaf spot in coffee plants. Experiments were conducted under both field and greenhouse conditions. In the field, treatments with selenium in the form of sodium selenate, Fisiun Se, and Fisiun Se + iodine showed lower cercospora leaf spot severity compared to the control, particularly in plants not treated with sunscreen. In the greenhouse experiments, a reduction in disease severity was observed in five treatments compared to the control: selenium in the form of sodium selenate, selenium + iodine, Fisiun Se, Nutriduo, and Nutriduo + iodine. These findings suggest that selenium, both in the form of sodium selenate and in the evaluated commercial formulations, can effectively mitigate cercospora leaf spot severity. Additionally, the results indicate that iodine may have a positive effect on disease severity reduction when combined with selenium.

Keywords: *Cercospora coffeicola*; Selenium; Iodine.

SUMÁRIO

SUMÁRIO
1. INTRODUÇÃO 10
2. REFERENCIAL TEÓRICO 12
2.1 Cafeicultura 12
2.2 A cercosporiose do cafeeiro 12
2.3 Nutrição Mineral em Plantas: Selênio e Iodo 13
3. OBJETIVO 15
3.1 Objetivo geral 15
3.2 Objetivos específicos 15
4. MATERIAL E MÉTODOS 15
4.1 Experimento 1: Condiçoes de campo 16
4.1.1 Aplicação e avaliação dos tratamentos 17
4.1.2 Avaliação de produtividade 17
4.2 Experimento 2: Casa de vegetação 18
4.2.1 Inoculação de *Cercospora coffeicola* 19
4.2.2 Avaliação de severidade da doença 19
4.3 Parâmetro de crescimento 20
4.4 Análise estatística 20
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 20
6. CONCLUSÃO 23
7. REFERÊNCIAS 24
8. ANEXO… 31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tratamentos utilizados em experimento conduzido sob condições de campo para avaliação de ocorrência natural de cercosporiose. 17

Tabela 2: Tratamentos utilizados em experimento conduzido em casa de vegetação para o manejo de cercosporiose em mudas de café 20

/

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Severidade da cercosporiose no cafeeiro em condição de campo em resposta aos tratamentos avaliados. 23

Figura 2: Médias da produtividade das plantas de café em sacas de 60 kg/ha-1 em condição de campo em resposta aos tratamentos avaliados. 23

Figura 3: Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para os diferentes tratamentos aplicados via foliar em mudas de café em casa de vegetação. 24

Figura 4: Médias das alturas das mudas de café após o período de avaliação de severidade da doença 25

1. INTRODUÇÃO

O café é uma das *commodities* mais importantes, aproximadamente 170 países se dedicam à produção dessa cultura, que contempla uma demanda que abrange quase todas as nações, evidenciando sua importância econômica e geopolítica (FERREIRA et al., 2020). O Brasil é o maior produtor e exportador de café, cultivando para o 2024 uma área de aproximadamente 2,25 milhões de hectares, abrangendo as espécies *Coffea arábica* e *Coffea canephora* (CONAB, 2024).

O cafeeiro por se tratar de uma cultura perene, altamente sensível especialmente na fase reprodutiva às variações climáticas, como, temperaturas extremas e déficit hídrico podem prejudicar significativamente a floração, frutificação e, consequentemente, a qualidade dos grãos (GHINI et al., 2011).Nesse contexto, as condições climáticas estão diretamente ligadas ao surgimento de doenças, uma vez que criam ambientes favoráveis ao estabelecimento e desenvolvimento de patógenos (PIRES et al.,2023).

Entre as doenças de maior impacto para a cultura do cafeeiro, destaca-se a cercosporiose causada pelo fungo *Cercospora coffeicola* Berk. et Cooke, responsável por expressivas perdas na produtividade e qualidade dos grãos (SOUZA et al., 2013). A doença está presente em todas as regiões produtoras de café no Brasil, afetando todos os estádios de desenvolvimento da planta, desde mudas até cafeeiros adultos. Apresenta formação de manchas circulares nas folhas, com centro marrom-acinzentado e bordas avermelhadas. Essas lesões geralmente têm aparência seca e, em estágios avançados, podem causar a queda prematura das folhas, onde a intensidade está diretamente ligada ao nível de severidade da doença. Este quadro é agravado por condições adversas, como déficit hídrico, desequilíbrios nutricionais e alta exposição solar (SOUZA et al., 2011).

O manejo da Cercosporiose é feito principalmente com o uso de fungicidas químicos, porém a crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental tem impulsionado o desenvolvimento de pesquisas voltadas à redução do uso desses fungicidas, seja de forma integrada a outras medidas de controle ou como abordagens independentes, tais como o uso de extratos de plantas, óleos vegetais e biofertilizantes (CARVALHO, V. L. de et al. 2012).

A nutrição mineral balanceada possui papel crucial no metabolismo, crescimento e desenvolvimento das plantas, além de influenciar a resistência a doenças em diferentes níveis (LAGE DE et al., 2016; POZZA; POZZA, 2012; TIERENS et al., 2001). As investigações sobre a indução de resistência dos cafeeiros às doenças, envolvendo a nutrição de macro e micronutrientes minerais têm ganhado destaque nas últimas décadas,

podem fortalecer estruturalmente as paredes celulares, tornando-as mais resistentes à penetração de patógenos, além de estimular mudanças metabólicas que ativam mecanismos de defesa da planta, como a produção de compostos fenólicos e enzimas relacionadas à resistência (MEENA et al., 2020).

O selênio (Se), apesar de não ser essencial para as plantas, pode ser um elemento benefico, quando aplicado em baixas concentrações, apresenta potencial para atenuar estresses bióticos e abióticos. Sua ação está associada a melhorar a taxa fotossintética, intensificar as trocas gasosas, estimular o crescimento vegetal e ao aumento da atividade antioxidante, conferindo maior tolerância a condições adversas, como salinidade, déficit hídrico e temperaturas extremas. Além disso, o Se demonstra nas plantas potencial para aumentar a capacidade de prevenir a invasão de patógenos por meio da manutenção das estruturas das células ou organelas do hospedeiro, melhorando a fotossíntese e reduzindo o estresse oxidativo (QIANRU LI et al., 2023)(CHAUHAN et al., 2017; JÓŹWIAK e POLITYCKA, 2019; HASANUZZAMAN et al., 2020).

O iodo (I), é outro elemento benefico de interesse no manejo agrícola .~~.~~ Embora seu papel fisiológico nas plantas ainda não seja completamente compreendido, estudos recentes sugerem que sua aplicação pode aumentar a biomassa vegetal e antecipar o florescimento, como observado em *Arabidopsis thaliana*. Além disso, o iodo tem sido associado à modulação da expressão gênica em plantas, ativando vias específicas relacionadas a respostas de defesa (KIFERLE et al., 2021).

Adicionalmente, pesquisas sobre o uso de elementos minerais a base de caulim, conhecido por ser um protetor solar, tem demonstrado benefícios no manejo de doenças como a cercosporiose do cafeeiro, pois o caulim recubre a folha, refletindo parte da radiação ultravioleta e infravermelha, sem interferir significativamente na transmissão da radiação fotossintética ativa (GLENN; PUTERKA, 2005). Essa característica pode conferir à maior resistência a planta, pois reduz a intensidade luminosa na superfície foliar e, consequentemente, limita a ativação da cercosporina, o que prejudica a colonização do fungo (SOUZA et al., 2019).

O presente trabalho teve como objetivo analisar os efeitos da aplicação foliar de selênio e iodo, de forma isolada e em associação com produtos comerciais, no controle da cercosporiose em cafeeiros. Para isso, foram conduzidos estudos tanto em mudas cultivadas em casa de vegetação quanto em plantas adultas sob condições de campo, onde os efeitos também foram analisados em combinação com a aplicação de caulim como protetor solar.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cafeicultura

O café é um dos produtos mais populares do mundo, sendo a a quinta *commodity* mais comercializada globalmente, sendo o Brasil é o principal país produtor e exportador (TEIXEIRA, 2020). O O país conta com mais de 2,25 milhões de hectares destinado à cafeicultura, onde o estado de Minas Gerais é o maior produtor (CONAB, 2024).

De acordo com o terceiro boletim da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a produção de 2024 foi estimada em 54,79 milhões de sacas beneficiadas. Comparativamente à segunda estimativa divulgada em maio, observou-se uma redução de 6,8%, justificada pelas adversidades climáticas sofridas durante as fases de floração até a expansão dos frutos. O que evidencia o impacto das condições ambientais na cultura, mesmo em um ano onde se esperava uma bienalidade positiva (CONAB, 2024).

A bienalidade é uma característica do cafeeiro onde se observa alternância de um ano com grande florada, seguido por outro com florada menos intensa. Essa característica permite que a planta se recupere para produzir melhor na safra subsequente. Entretanto, a ocorrência de eventos climáticos desfavoráveis pode comprometer tanto a produtividade, a qualidade dos grãos, e incrementar a suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças, o que intensifica a necessidade de um manejo mais assertivo (PIRES et al., 2023).

Além desses fatores, a resistência dos patógenos às moléculas químicas tem gerado uma preocupação no cenário agrícola. Este problema está relacionado à capacidade de patógenos em desenvolver raças resistentes, processo intensificadopor malas práticas, como aplicações recorrentes de um mesmo princípio ativo ou compostos quimicamente relacionados, fator que elimina populações suscetíveis e seleciona resistentes (GARRIDO et al., 2021).

Diante deste cenário, são necessários estudos que apontem alternativas que possam contribuir com a resistência do cafeeiro às adversidades bióticas e abióticas, além de alcançar maior eficácia no manejo de doenças.

2.2 A cercosporiose do cafeeiro

A cercosporiose, causada pelo fungo *Cercospora coffeicola*, é uma das principais doenças que afetam o cafeeiro (*Coffea arábica* e *Coffea canephora*). Os sinais mais característicos incluem lesões necróticas em folhas, frutos e ramos, geralmente

acompanhadas por um halo amarelado, devido à produção de toxinas pelo patógeno (DAUB; HERRERO; CHUNG, 2005). Essas lesões reduzem a área foliar funcional, comprometendo a fotossíntese e, consequentemente, a produção de carboidratos essenciais para o crescimento e desenvolvimento da planta. Nos frutos, podem ocorrer manchas negras, reduzindo sua qualidade e valor comercial, e em infecções severas, a mumificação dos frutos também é observada (ZAMBOLIM, L et al 2016).

Esse patógeno possui hábito necrotrófico, caracterizado pela necessidade de morte celular para sua colonização, causado pela ação da toxina cercosporina. Esta toxina é ativada na presença de luz e é capaz de induzir a peroxidação lipídica das membranas celulares do hospedeiro (DAUB; HERRERO; CHUNG, 2013). A partir disso, temos a desfolha como uma grave consequência da doença, quando ocorre antes do florescimento, interfere negativamente no desenvolvimento dos botões florais e na frutificação. (POZZA et al., 2021; ZAMBOLIM et al., 2016).

O manejo da cercosporiose requer estratégias integradas, como o equilíbrio nutricional, a manutenção de uma densidade adequada de plantio, práticas de poda e a aplicação de fungicidas, seja via solo ou foliar, onde os mesmos devem ser aplicados sequencialmente e utilizados de forma preventiva, com época de aplicação ajustada às características regionais do local de cultivo e seguindo as recomendações descritas nas bulas dos produtos (CARVALHO, V. L et al., 2013).

2.3 Nutrição Mineral em Plantas: Selênio e Iodo

A nutrição mineral é um dos pilares fundamentais da produção agrícola, abrangendo o suprimento adequado de macro e micronutrientes, seja via solo ou através de pulverizações foliares (LAVIOLA et al., 2007). Quando a nutrição se realiza de forma balanceada, possui um papel crucial no metabolismo, crescimento e desenvolvimento das plantas, além de influenciar a resistência a doenças em diferentes níveis (LAGE DE et al., 2016; POZZA; POZZA, 2012; TIERENS et al., 2001).

Destacam-se o selênio (Se) e o iodo (I), como elementos benèficos, cujas funções em plantas estão relacionadas à biofortificação e mitigação de estresses.

A aplicação de Selênio (Se) pode aumentar a eficiência fotossintética, por possuir a capacidade de converter clorofila A em clorofila B, o que confere à planta maior proteção contra altas temperaturas e luminosidade (SILVA et al, 2020). Além disso, o Se é um potencial indutor de resistência das plantas a estresses abióticos, por ser capaz de

conferir tolerância a condições adversas, como seca e salinidade, fatores determinantes para a produtividade e qualidade em frutíferas (SOUSA, 2024; HAUG et al., 2007; LYONS, 2010).

A pulverização foliar é uma ótima alternativa de aplicação eficiente do Se, as aplicações foliares possuem absorção mais rápida e é possível realizar combinação com outros micronutrientes e até defensivos agrícolas. Ao contrário, a aplicação no solo, tem limitações como a redução a formas menos disponíveis devido à atividade microbiana, além do risco de contaminação ambiental e baixa taxa de recuperação do elemento pelas plantas, estimada em apenas 14% (HAUG et al., 2007; LYONS, 2010)..

O iodo (I) é outro micronutriente mineral que têm despertado interesse na nutrição vegetal e seus benefícios, especialmente quando é aplicado na forma de iodato de potássio (CAKMAK et al., 2017). Embora seu papel em processos fisiológicos e bioquímicos nas plantas não seja totalmente explorado, evidências indicam que baixas concentrações de iodo podem beneficiar o crescimento, a produção e a resistência ao estresse. Adicionalmente, o iodo tem sido associado à modulação da expressão gênica em plantas, ativando vias específicas relacionadas a respostas de defesa (KIFERLE et al., 2020). Outra evidencia do iodo como um micronutriente benéfico, se dá pelo aumentou na produção de componentes do sistema antioxidante, observado em plantas de alface, conforme relatado por Blasco *et al*. (2008).

A forma de absorção do I é através dos estômatos e pela camada cuticular das folhas (WHITEHEAD et al., 1984). No entanto, aplicado o I em altas quantidades causa sintomas de toxicidade, como lesões foliares, crescimento atrofiado das plantas, podendo leva-las a morte (WENG et al., 2008).

Tanto o Se quanto o I destacam-se como elementos com potencial para contribuir como uma alternativa para melhorar o desempenho fisiológico das culturas, tornando-as mais resistentes a danos bióticos e abióticos. (QIANRU LI et al, 2023).

2.4 Uso do caulin na cafeicultura

O caulim calcinado, derivado de rochas ricas em silicato de alumínio ($Al_4Si_4O_{10}[OH]_8$) é conhecido por suas propriedades de reflectância, sendo conhecido popularmente como um "protetor solar" para plantas. O processo de calcinação transforma o caulim bruto em partículas menores e mais individuais, que permitem a penetração da luz necessária para a fotossíntese, sem prejudicar os mecanismos de abertura e fechamento dos estômatos. As partículas reflexivas do caulim calcinado

contribuem para a redução da temperatura foliar ao refletirem parte da radiação ultravioleta e infravermelha, o que mantém os estômatos abertos por períodos mais longos durante o dia. Esse efeito culmina em um aumento das trocas gasosas e, consequentemente, da taxa fotossintética (SILVA, 2021). Essa característica é capaz de reduzir o estresse térmico causado à planta, assim como minimizar a incidência de raios UV (GLENN et al., 2001). Este fator pode ser benéfico, por inibir a ativação da cercosporina, toxina do fungo que causa a Cercosporiose do cafeeiro.

Portanto, a aplicação de protetores foliares em cafeeiro demonstra potencial como ferramenta no manejo de estresses bióticos e abióticos, fatores que interferem diretamente na produtividade (KROHLING et al., 2016), assim como há indícios de sua atuação na supressão de algumas pragas e doenças (SANTINATO et al., 2016).

3. OBJETIVO

3.1 Objetivo geral

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação foliar de selênio e iodo, isolados ou em combinação com produtos comerciais e protetor solar à base de caulim, no controle da cercosporiose em cafeeiros, por meio de estudos realizados em mudas cultivadas em casa de vegetação e em plantas adultas sob condições de campo.

3.2 Objetivos específicos

i. Avaliar os efeitos da aplicação foliar de selênio e/ou iodo na severidade da cercosporiose em mudas de café sobre condições de casa de vegetação e em plantas adultas sob condições de campo;

ii. Comparar o (s) tratamento (s) com maior controle da doença com produtos comerciais na severidade da cercosporiose;

iii. Avaliar a altura (parâmetro de crescimento) das mudas de café no começo e no final do experimento;

vi. Avaliar o efeito na produtividade do cafeeiro sob condições de campo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos. O primeiro foi conduzido em condições de campo com a ocorrência natural da cercosporiose. O segundo experimento foi realizado

em mudas de café em casa de vegetação e inoculação de isolados de *Cercospora coffeicola*.

4.1 Experimento 1:

O experimento foi conduzido em plantas adultas de café da cultivar Aranãs, para avaliação da ocorrência natural de cercosporiose. A área experimental esta situada no setor de cafeicultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) com 14 tratamentos e quatro repetições, sendo cada parcela experimental constituída por cinco plantas **(Tabela 1).**

Tabela 1: Tratamentos utilizados em experimento conduzido sob condições de campo para avaliação de ocorrência natural de cercosporios

Tratamentos	**Concentrações**
Controle negativo	----------
Se (Na_2SeO_4)	50 mg/L^{-1}
Se (Na_2SeO_4) + I (KIO_3)	50 mg/L^{-1} +100 mg/L^{-1}
Fisiun Se ®	50 mg/L^{-1}
Fisiun Se ® + I	50 mg/L^{-1} + 100 mg/L^{-1}
Nutriduo® (Se)	50 mg/L^{-1}
Nutriduo (Se) + I	50 mg/L^{-1} + 100 mg/L^{-1}
Protetor solar (Surround WP ®) *	10 kg/ha
Se + Protetor solar	50 mg/L^{-1}
Se + I + Protetor solar	50 mg/L^{-1} + 100 mg/L^{-1}
Fisiun Se ® + Protetor solar	50 mg/L^{-1}
Fisiun Se ® + I+ Protetor solar	50 mg/L^{-1} +100 mg/L^{-1}
Nutriduo® (Se) + Protetor solar	50 mg/L^{-1}

Nutriduo ®(Se) + I + Protetor solar	50 mg/L^{-1} +100 mg/L^{-1}

Legenda: Se. = Selênio; Na_2SeO_4 = selanato de sódio; I. = Iodo. KIO_3= iodato de potássio. Fisiun Se = produto comercial contendo 5% de Selênio. Nutriduo = produto comercial contendo 0,25% de Selênio. *Surround WP ® na dose de 2,5kg/100 litros de água. Volume de calda das aplições estimado em 400 L/ha.

Fonte: Do autor (2024)

4.1.1 Aplicação e avaliação dos tratamentos

A aplicação dos tratamentos foi realizada com bomba costal 15 dias antes da primeira avaliação da ocorrência natural de cercosporiose, seguindo as orientações de tecnologia de aplicação, controle de vazão, pressão e condições climáticas. O volume de calda utilizado foi o do 400 litros por hectare.

As avaliações de doença foram feitas utilizando a escala porcentual de CUSTÓDIO et al. (2011). Foram realizadas 6 avaliações da severidade da doença, entre 11 de março a 29 de maio de 2024, avaliando duas folhas por planta das 3 plantas centrais de cada parcela, totalizando 6 folhas por parcela. As folhas avaliadas foram demarcadas de forma aleatória no terço médio das plantas, entre o terceiro e o quarto par de folhas dos ramos plagiotrópicos.

Com os dados obtidos, calculou-se a área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), de acordo com a equação proposta por Shaner e Finney (1977).

$$\text{AACPD} = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{Y_1 + Y_{i-1}}{2}\right)(t_{i+1} - t_i)$$

Onde: Yi: severidade da doença na época de avaliação i (i= 1, ..., n); Yi+1: severidade da doença na época de avaliação i + 1; Ti: momento da avaliação inicial (i); Ti+1: momento da próxima avaliação (i + 1); n = nº de avaliações;

4.1.2 Avaliação de produtividade

Após as avaliações de severidade, as parcelas experimentais foram colhidas manualmente em pano, iniciando com mais de 90% dos frutos em passa seca. A colheitafoi registrado em L/parcela, efoi estimada a produtividade para a colheita em

$$P = QLP \times \frac{\text{NP}}{500}$$

sacos de 60 kg.ha^{-1} utilizando a seguinte fórmula proposta por BARBOSA JUNIOR et al. (2019):

Onde: P = Produtividade em sacos de 60 kg.ha^{-1}; QLP = Quantidade de litros por planta; NP= Número de plantas por hectare

4.2 Experimento 2:

O segundo experimento foi conduzido em casa de vegetação perteneciente ao Laboratorio de Fisiologia do Parasitismo do Departamento de Fitopatologia (DFP) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), concomitantemente ao experimento sob condições de campo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) com oito tratamentos e cinco repetições, sendo cada parcela experimental constituída por duas plantas. A cultivar utilizada foi Catuaí vermelho IAC 144.

Os tratamentos **(Tabela 2)** foram aplicados por borrifador nas faces adaxial e abaxial das folhas, evitando condicioes de alta lluminosidade. A aplicação dos tratamentos foi feita 10 dias antes da inoculação de *Cercospora coffeicola* com esporos de isolados no laboratorio de FDP.

Tabela 2: Tratamentos utilizados em experimento conduzido em casa de vegetação para o manejo de cercosporiose em mudas de café.

Tratamentos	Concentrações
Controle negativo	----------
Selênio (Na_2SeO_4)	50 mg/L^{-1}
Iodo (KIO_3)	100 mg/L^{-1}
Se + I	50 mg/L^{-1} +100 mg/L^{-1}
Fisiun Se ®	50 mg/L^{-1}
Fisiun Se ® + Iodo	50 mg/L^{-1} + 100 mg/L^{-1}
Nutriduo® (Se)	50 mg/L^{-1}
Nutriduo ® (Se) + Iodo	50 mg/L^{-1} + 100 mg/L^{-1}

Legenda:Se. = Selênio; Na_2SeO_4 = selanato de sódio; I. = Iodo. KIO_3= iodato de potássio. Fisiun Se = produto comercial contendo 5% de Selênio. Nutriduo = produto comercial contendo 0,25% de Selênio.

Fonte: Do autor (2024)

4.2.1 Inoculação de *Cercospora coffeicola*.

A inoculação das mudas com esporos de isolados de *Cercospora coffeicola* foi feita em plantas jovens com três pares de folhas verdadeiras. O inóculo consistiu em isolados de *C. coffeicola* obtidos de folhas de cafeeiro com sintomas de cercosporiose coletados em campo. As colônias do fungo foram replicadas em placas com meio batata dextrose agar (BDA) e incubadas em uma câmara Bio-Oxygen Demand (BOD) à 25ºC, com fotoperíodo de 12 horas por 7 dias. A obtenção de esporos dos isolados selecionados seguiu a metodologia adaptada de Souza et al. (2019). Discos de micélio foram macerados em 400 µL de água destilada e transferidos em Erlenmeyer contendo 20 mL de meio de cultura V8 líquido (100 mL de V8 em 900 mL de água destilada), sendo agitados a 100 rpm durante 10 dias. Em seguida, a mistura foi vertida em placas contendo meio ágar-água e mantido em uma incubadora BOD, com fotoperíodo de 12 h a 25°C. Após aproximadamente 5 dias de incubação foram adicionados 10 mL de água destilada para realizar a raspagem dos conídios, onde a suspensão obtida foi filtrada. Se visualizou a concentração em câmara de Neubauer, sendo calibrada a $5{,}1x10^4$ conídios por mL. Posteriormente, o inóculo foi pulverizado nas folhas das mudas.

4.2.2 Avaliação de severidade da doença

Cinco semanas após a inoculação dos esporos de *C. coffeicola* nas mudas de café, Ao surguir os primeiros sintomas da cercosporiose, se avaliou a severidade da doença, totalizando 5 avaliações de severidade da doença, ao longo de # dias.

A severidade da cercosporiose foi com base na porcentagem de sintomas da doença nas folhas, de acordo com a escala de Custódio et al. (2011). Com a obtenção dos dados de severidade da cercosporiose, calculou-se a área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), de acordo com a equação proposta por Shaner e Finney (1977), assim como foi feito no experimento 1.

4.3 Parâmetro de crescimento

Foram feitas duas medições de altura das plantas (cm), a primeira foi realizada um dia antes da aplicação dos tratamentos e a outra ao final do experimento, após as avaliações de severidade da doença.

4.4 Análise estatística

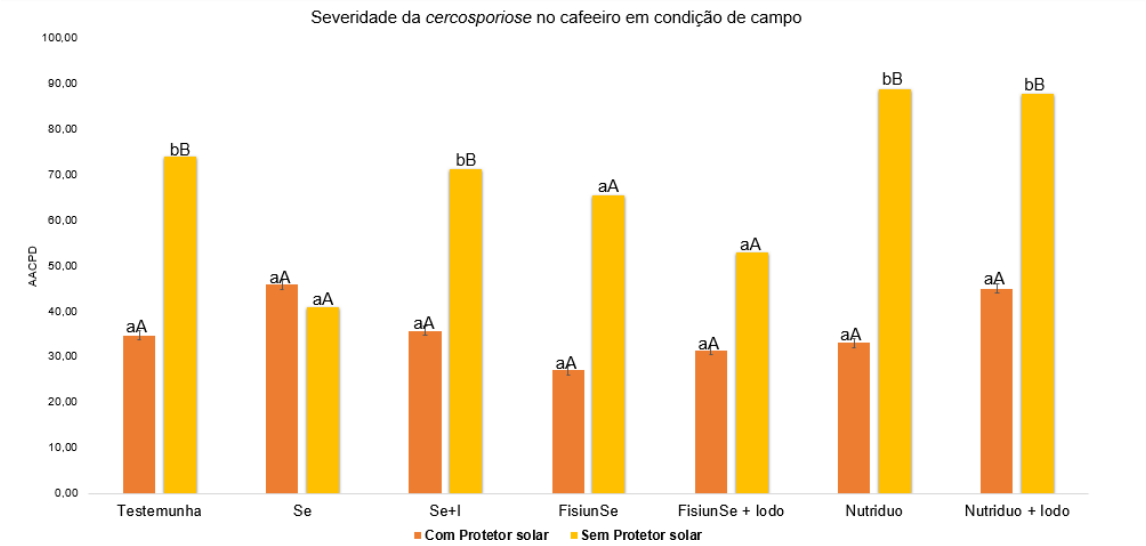
Os pressupostos da análise de variância para AACPD e produtividade foram verificados utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk homogeneidade de Bartlett. As variáveis significativas para o teste F ($p \leq 0,05$) foram submetidas ao teste de Scott Knott a 5% de probabilidade utilizando-se software R® (R Core Team, 2019).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do produto a base de caulim calcinado (protetor solar) tem potencial para criar uma barreira física à incidência de radiação solar, fator importante para ativação da cercosporina, toxina ligada ao processo de infecção de *C. Coffeicola* (DAUB; HERRERO; CHUNG, 2005). Além disso, há indícios de sua atuação na supressão de algumas pragas e doenças (SANTINATO et al., 2016). Os resultados da área abaixo da curva de progresso da doença do experimento em condição de campo demonstraram menor severidade da doença em todos os tratamentos contendo aplicação do protetor solar quando se comparado ao tratamento controle e aos tratamentos Se+I, Nutriduo e Nutriduo+I sem o protetor **(Figura 1)**. Contudo, os tratamentos com o Surround WP® não se diferenciaram estatísticamente entre si, sendo possivel observar diferenças apenas nos que não receberam aplicação do protetor, onde o patógeno se desenvolve com maior facilidade (em condições de alta incidência de luminosidade).

Além disso, nas plantas onde não foi aplicado protetor solar, verificou-se que a severidade da cercosporiose foi menor nos tratamentos contendo selênio em forma de selenato de sódio, Fisiun Se e Fisiun Se + Iodo quando comparados à testemunha, respectivamente.

Figura 1: Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para os diferentes tratamentos aplicados via foliar na cultura do cafeeeiro para o manejo de cercosporiose em condição de campo.

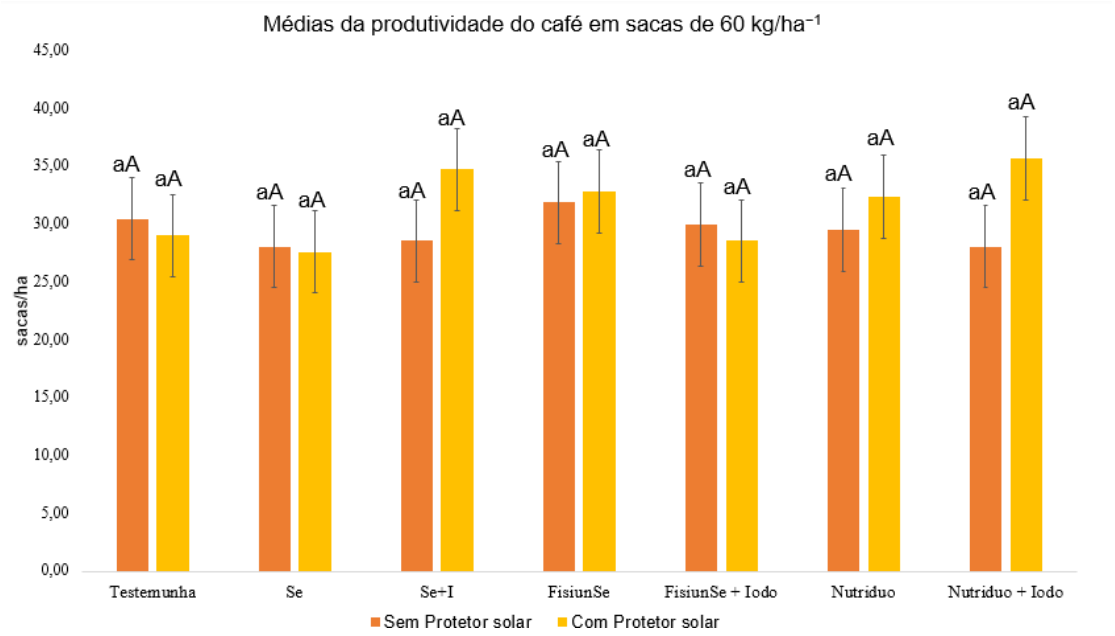


Legenda: Barras seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Fonte: Do autor (2024)

Não foi observado diferença significativa nas médias de produtividade entre os tratamentos contendo selenio e iodo, tanto isolados quanto em associação com os produtos comerciais **(Figura 2)**.

Figura 2: Médias da produtividade das plantas de café em sacas de 60 kg/ha em condição de campo em resposta aos tratamentos avaliados.

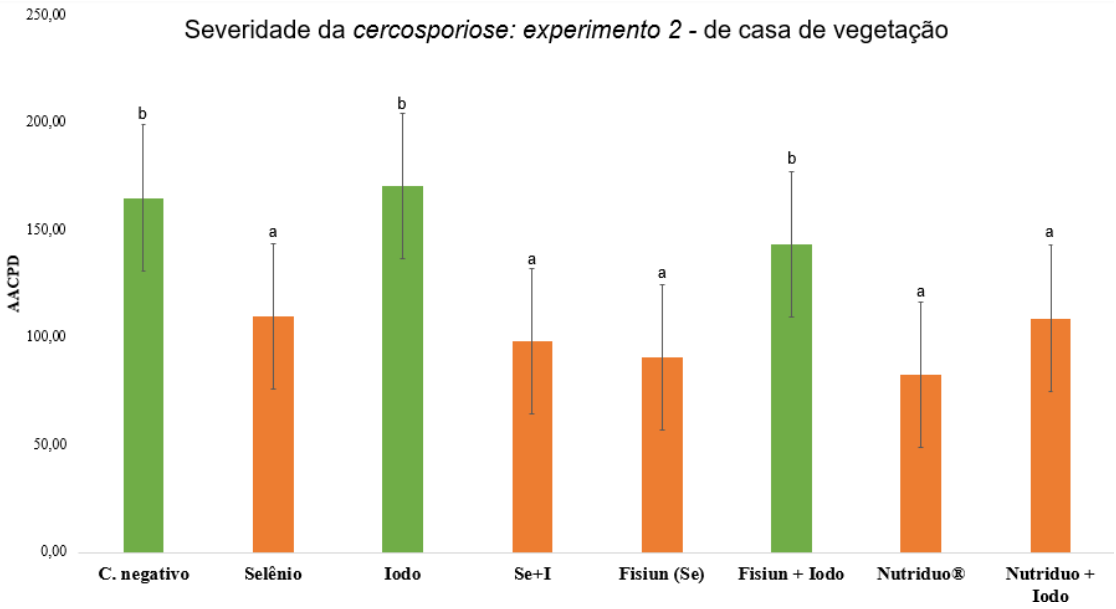


Legenda: Barras seguidas pela mesma letra minúscula, dentro do mesmo parâmetro, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Fonte: Do autor (2024)

No segundo experimento realizado em casa de vegetação, observou-se diferença significativa entre os tratamentos contendo selênio na forma de selenato de sódio, selênio na forma de selenato de sódio + iodo, Fisiun Se, Nutriduo e Nutriduo+iodo, onde os mesmos apresentaram não incrementaram o progresso da doença quando comparados à testemunha **(Figura 3)**. Em estudos recentes, QIANRU LI et al., (2023) concluiu que o Se afeta a resistência de plantas a doenças fúngicas, pois impede a invasão de patógenos, destruindo a membrana celular e as extensões celulares dos mesmo dentro dos tecidos da planta após a invasão.

Figura 3: Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para os diferentes tratamentos aplicados via foliar em mudas de café em casa de vegetação.



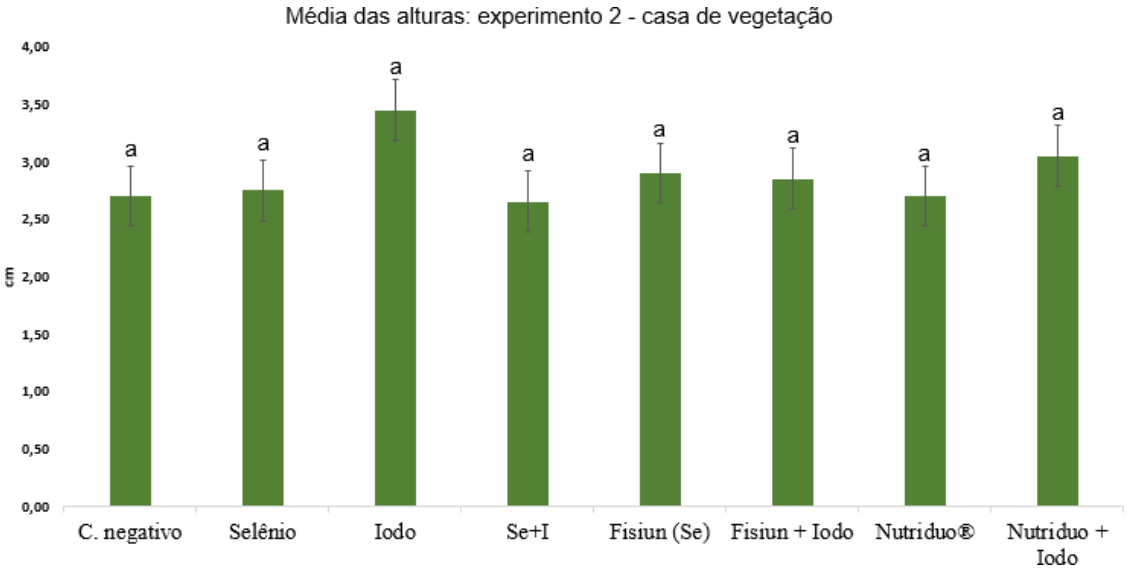
Legenda: Barras seguidas pela mesma letra minúscula, dentro do mesmo parâmetro, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Fonte: Do autor (2024)

Embora o Se não seja um elemento essencial para as plantas (Terry et al., 2000). Alguns estudos demonstram que o seu fornecimento pode exercer diversos efeitos benéficos, incluindo atividades de promoção do crescimento (TURAKAINEN et al.,

2004; DJANAGUIRAMAN et al., 2005). Entretanto, no seguinte experimento, não houve diferença significativa para este parâmetro entre os tratamentos avaliados **(Figura 4).**

Figura 4: Médias das alturas das mudas de café após o período de avaliação de severidade da doença.



Legenda: Barras com a mesma cor não diferem entre si pelo teste Scott Knott ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos aplicados.

Fonte: Do autor (2024)

6. CONCLUSÃO

Os resultados em condição de campo e em casa de vegetação indicam que o uso de caulim calcinado pode ter efeito benefico para a reduzir a severidade da cercosporiose, assim como o selênio tanto na forma de selenato de sódio quanto nos produtos formulados. Adicionalmente o I, apesar de sua função em plantas ainda não ser muito explorada, pode contribuir na mitigação da severidade da cercosporiose quando combinado com selênio, em doses baixas.

7. REFERÊNCIAS

ABDALLAH, A. Impacts of Kaolin and Pinoline foliar application on growth, yield and water use efficiency of tomato (Solanum lycopersicum L.) grown under water deficit: A comparative study. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 18, n. 3, p. 256–268, 2019

BARBOSA JUNIOR, M. P.; POZZA, E. A.; NETO, H. S.; SILVA, M. L. O.; POZZA, A. A. A.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, P. E. Brown eye spot in coffee subjected to different drip irrigation and fertilization management. **Australasian Plant Pathology**, v. 48, p. 13-25, 2019.

BLASCO, B., RIOS, J., CERVILLA, L., SÁNCHEZ-RODRIGEZ, E., RUIZ, J., E ROMERO, L. Biofortificação de iodo e capacidade antioxidante da alface: benefícios potenciais para o cultivo e a saúde humana. **Ann. Appl. Biol**. 152, 289–299. 2008

CAMPOS, ÂNGELA DINIZ. Considerações sobre indução de resistência a patógenos em plantas. **Embrapa Clima Temperado**. p. 28, 2009.

CAKMAK, I. ; PROM-U-THAI, C. ; GUILHERME, L. R. G. ; RASHID, A. ; HORA, K. H. ; YAZICI, A. ; SAVASLI, E. ; KALAYCI, M. ; TUTUS, Y. ; PHUPHONG, P. ; RIZWAN, M. ; MARTINS, F. A. D. ; DINALI, G. S. ; OZTURK, L. . Iodine biofortification of wheat, rice and maize through fertilizer strategy. **plant and soil**, v. 000, p. 000-000, 2017.

CHAUHAN, R. et al. Selenite modulates the level of phenolics and nutrient element to alleviate the toxicity of arsenite in rice (*Oryza sativa* L**.). Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 138, p. 47–55, 2017

CARVALHO, V. L.; CUNHA, R. L. da; SILVA, N. R. N. Alternative control of coffee diseases. **Coffee Science - ISSN 1984-3909**, *[S. l.]*, v. 7, n. 1, p. 42–49, 2012.

CARVALHO, V. L.; VIXENTE L. C, SARA M CHALFOUN. Et al. Doenças do cafeeiro: Diagnose e controle. **EPAMIG, Boletim Técnico**. P.48. 2013

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim da safra café**, v. 11, n. 3, 2024.

CUSTÓDIO, A. A. DE P. et al. Comparison and validation of diagrammatic scales for brown eye spots in coffee tree leaves. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1067–1076, 2011.

DAUB, M. E.; HERRERO, S.; CHUNG, K. R. Reactive oxygen species in plant pathogenesis: The role of perylenequinone photosensitizers. Antioxidants and Redox Signaling, v. 19, n. 9, p. 970–989, 2013.

DAUB, M. E.; HERRERO, S.; CHUNG, K.-R. Photoactivated perylenequinone toxins in fungal pathogenesis of plants. 2005.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**; tradução e notas de E. Malavolta. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos; São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1975, 341 p.

FABRÍCIO R A, KARINA C G, HERLON B.C et al. Selenium protects rice plants from water deficit stress,**Ecotoxicology and Environmental Safety**, v 164, pg 562-570, 2018.

FERREIRA, J. L. et al. Genetic Diversity of Coffea arabica. 2020.

GARRIDO, L. da R., et al. Recomendações Técnicas Para Evitar Resistência De Patógenos, Insetos E ácaros-pragas a Fungicidas E Inseticidas Na Cultura Da Videira: Conceitos, Fatores Envolvidos E Práticas Gerais Para O Manejo. 2021.

GHINI, RAQUEL. Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**, Embrapa Meio Ambiente**, 2011. 356 p.

GLENN, D. M.; PUTERKA, G. J. Particle Films: A New Technology for Agriculture. **Horticultural Reviews**, v. 31, p. 1–44, 2005.

GONZALI S., KIFERLE C., PERATA P. Biofortificação de culturas com iodo: biofortificação agronômica, engenharia metabólica e biodisponibilidade de iodo. **Curr. Opin. Biotechnol**. 44 16–26. 2017

GUO, SHIWEI; KAUR, CHARANJEET ; NAEEM, ASIF ; YAMUANGMORN, SUPAPOHN ; ASHRAF, MUHAMMAD YASIN ; SOHU, VIRINDER SINGH ; ZHANG, YUEQIANG, et al . Simultaneous Biofortification of Rice With Zinc, Iodine, Iron and Selenium Through Foliar Treatment of a Micronutrient Cocktail in Five Countries**. Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 000, 2020.

HASANUZZAMAN, M. et al. Selenium in plants: Boon or bane? Environmental and **Experimental Botany**, v. 178, p. 104170, 2020.

HAUG, A.; GRAHAM, R. D.; CHRISTOPHERSEN, O. A.; LYONS, G. H. How to use the world's scarce selenium resources efficiently to increase the selenium concentration in food. **Microbial Ecology in Health and Disease**, v. 19, n. 4, p. 209-228, 2007.

JÓŹWIAK, W.; POLITYCKA, B. Effect of selenium on alleviating oxidative stress caused by a water deficit in cucumber roots. **Plants**, v. 8, n. 7, p. 217, 2019.

KIFERLE, C., et al. Evidences for a Nutritional Role of Iodine in Plants. Front. **Plant Sci**.12:616868, 2021.

KROHLING, C. A., ABREU, D. P., ABREU, G. P., M. FILHO, J. A., DA SILVA, J. R., RODRIGUES, W. P., FERREIRA, L.S., & CAMPOSTRINI, E. Aplicação de Surround® WP, um filme de partículas inorgânicas a base de caulim, e seu efeito no tamanho dos frutos de Coffea canephora**. Embrapa Café**. 2016

LARA, TÚLIO SILVA ; CORREIA, TATIANE SANTOS ; DE OLIVEIRA, CYNTHIA ; LESSA, JOSIMAR HENRIQUE DE LIMA; GUILHERME, LUIZ ROBERTO GUIMARÃES et al . Selenium Application Provides Nutritional and Metabolic Benefits to Wheat Plants. **Agronomy-Basel**, v. 14, p. 462, 2024.

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; MAURI, A. L. Influência do nível de adubação de plantas matrizes na formação de mudas de cafeeiros em sistema hidropônico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n.4, p.1043-1047, jul./ago., 2007.

LI Q, XIAN L, YUAN L, LIN Z, CHEN X, WANG J AND LI T , The use of selenium for controlling plant fungal diseases and insect pests. **Front. Plant Sci**. 14:1102594, 2023.

LYONS, G. Selenium in cereals: improving the efficiency of agronomic biofortification in the UK. **Plant and Soil**, v. 332, p. 1-4, 2010.

MEDRANO-MACÍAS J., LEIJA-MARTÍNEZ P., GONZÁLEZ-MORALES S., JUÁREZ-MALDONADO A., BENAVIDES-MENDOZA A. Uso de iodo para biofortificar e promover o crescimento e a tolerância ao estresse em culturas. Front. Plant Sci. 7:1–20. 10.3389/fpls. 2016

NASCIMENTO, V. L. ; SOUZA, B. C. O. Q. ; LOPES, G. ; GUILHERME, L. R. G. . On the role of iodine in plants: a commentary on benefits of this element. **Frontiers in Plant Science,** v. 13, p. 836835, 2022.

PIRES HAACK, DANIEL MENDES; KYLENNY RACHELL; BORGES GONÇALVES, LEONARDO; FERREIRA AZEREDO, MARCELA; REIS DA COSTA, STELLA REGINA; DA SILVA SANTOS, ELLEN NATALIA. Gestão da produção brasileira de café: uma questão de segurança alimentar em um cenário marcado pelas alterações do clima. **Revista de Gestao e Secretariado**. Vol 14, Issue 8, p13221, 2023.

POZZA, E.A. Diagnose e controle de doenças. In: CARVALHO, G.R., FERREIRA, A.D., ANDRADE, V.T., BOTELHO, C.E., CARVALHO, J.P.F. **Cafeicultura do Cerrado**, p. 347-430, 2021.

R. KHADEMI ASTANEH et al. Effects of selenium on enzymatic changes and productivity of garlic under salinity stress**. South African Journal of Botany**, v 121, p 447-455, 2019.

SANTINATO, R. et al. "Mineral partícula filme de proteção contra insolação" Surround®WP atuando na proteção do cafeeiro contra cercosporiose e bicho mineiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 42., 2016, Serra Negra. Anais... Brasília, DF: **Embrapa Café**, 2016. (1 CD-ROM), 2 p.

SILVA, FELIPE VINICIUS O impacto do filme de partículas caulim associado ao fungo Beauveria bassiana sobre a seleção hospedeira de Hypothenemus hampei em café. Jaboticabal. **TCC (Unesp)** p.46. 2021

SILVA, VINICIUS MARTINS. characterization of genotype variation and agronomic biofortification of cowpea with selenium: impacts on phytic acid and nutritional quality of grains. Orientador: Prof. PhD. André Rodrigues dos Reis. 2019. **Dissertação de mestrado (Mestre em Agronomia)** - Faculdade de engenharia - UNESP, Ilha Solteira, SP, 2020.

SHANER, G, FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, 67, 1051–1056, 1977.

SCHIAVON M, PILON-SMITS EA. The fascinating facets of plant selenium accumulation - biochemistry, physiology, evolution and ecology. **New Phytol.** 213(4):1582-1596 2017.

SOUSA, IZAIAS CARVALHO DE. Aplicação foliar de selênio para aumento de produtividade e qualidade da uva de mesa. 39 f**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista** - UNESP, 2024.

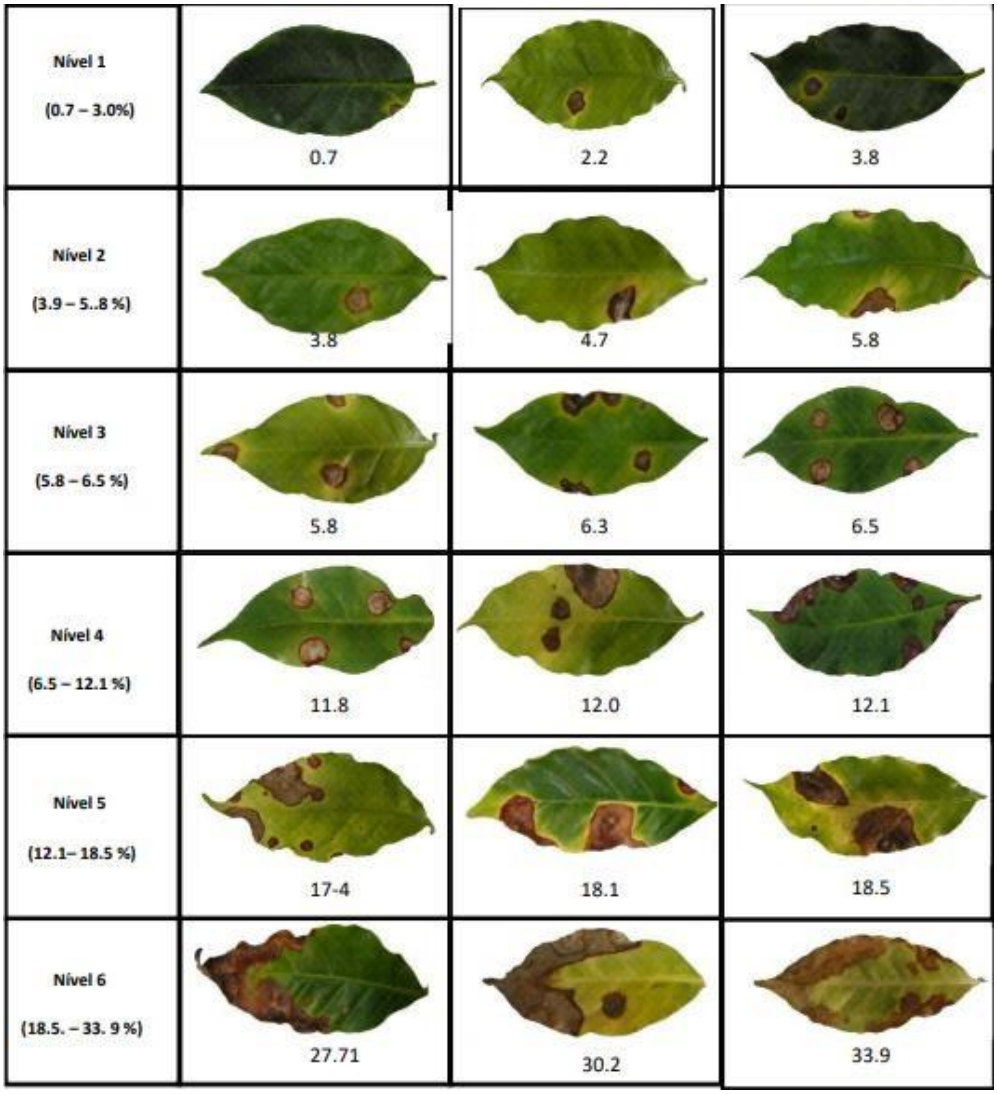
SOUZA, V. C. O., CUNHA, R. L., ANDRADE, L. N., VOLPATO, M. M. L., CARVALHO, V. L., & ESMIN, A. A. A. Técnicas de extração de conhecimentos aplicadas à modelagem de ocorrência da cercosporiose (Cercospora coffeicola Berkeley & Cooke) em cafeeiros na região sul de Minas Gerais. **Coffee Science**. 8(1), 91-100. 2013

SOUZA, A. G. C.; RODRIGUES, F. A.; MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. G. Infection process of *Cercospora coffeicola* on coffee leaf**. Journal of Phytopathology**, v. 159, n.1, p.6- 11, 2021

WENG, HX, HONG, CL, YAN, AL, PAN, LH, QIN, YC, BAO, LT, ET AL.Mecanismo de absorção de iodo pelo repolho: efeitos das espécies de iodo e onde ele é armazenado. **Biol. Trace Elem**. *Res.* 125, 59–71. 2008.

ZAMBOLIM, L. Doenças do cafeeiro. In.: Amorim, L.; Rezende, J. A. M.; Bergamin Filho, A.; Camargo, L. E. A. Manual de Fitopatologia, v2 Doenças de Plantas Cultivadas. 5 ed.: **Agronômica Ceres**, v2, p.193-213, 2016.

8. ANEXO



Anexo 1. Escala Diagramática, para a avaliação da severidade de *Cercospora coffeicola* em folhas de cafeeiro. (CUSTÓDIO et al., 2011)