



MANOEL BATISTA DA SILVA JÚNIOR

**FERTILIZANTES FOLIARES NO MANEJO DA
MANCHA DE PHOMA DO CAFEIEIRO**

**LAVRAS - MG
2013**

MANOEL BATISTA DA SILVA JÚNIOR

**FERTILIZANTES FOLIARES NO MANEJO DA MANCHA DE PHOMA
DO CAFEIEIRO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do
programa de Pós-Graduação em
Agronomia, área de concentração
em Fitopatologia, para a obtenção
do título de Mestre.

Dr. Mário Lúcio Vilela de Resende
Departamento de Fitopatologia - UFLA
(Orientador)

LAVRAS - MG
2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Silva Júnior, Manoel Batista da.

Fertilizantes foliares no manejo da mancha de phoma do cafeeiro /
Manoel Batista da Silva Júnior. – Lavras : UFLA, 2013.

51 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Mário Lúcio Vilela de Resende.

Bibliografia.

1. Café - *Phoma tarda* - Controle alternativo. 2. *Coffea arabica*.
3. Nutrientes. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 632.43

MANOEL BATISTA DA SILVA JÚNIOR

**FERTILIZANTES FOLIARES NO MANEJO DA MANCHA DE PHOMA
DO CAFEIEIRO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do
programa de Pós-Graduação em
Agronomia, área de concentração
em Fitopatologia, para a obtenção
do título de Mestre.

Aprovada em 30 de setembro de 2013

Dr. Mário Lúcio Vilela de Resende
Dr. Edson Ampélio Pozza
Dr. Rubens José Guimarães

UFLA
UFLA
UFLA

**Dr. Mário Lúcio Vilela de Resende
(Orientador)**

**LAVRAS – MG
2013**

Aos meus pais, Manoel e Aparecida de Fátima; ao meu
irmão, Guilherme e aos meus avós paternos e maternos,
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde e paz em todos os momentos.

À Universidade Federal de Lavras, em especial aos funcionários, professores e estudantes.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro.

Ao meu orientador, professor Dr. Mário Lúcio Vilela de Resende, pelos ensinamentos passados e por todo apoio.

Ao meu coorientador, Dr. Edson Ampélio Pozza, pela amizade, confiança e ensinamentos.

À Stoller do Brasil, pelo apoio na condução do trabalho.

Aos amigos do mestrado e do doutorado em fitopatologia, em especial aos amigos e companheiros de trabalho do Laboratório de Fisiologia do Parasitismo, Ana Cristina, Bruno, Pedro Júnior, Vanessa, Moisés, Dario, Marcelo, Rodolpho, Dayana, Kátia, Eliane, Pedro Silva, Victor, Alexandre, Joyce, Sandra Elisa, Sandra Marisa, Deila, Danilo, Josineide, Paulo e Stéfanny.

Aos amigos de Lavras e de Nepomuceno, em especial aos moradores e ex-moradores da República Vira Copos, pelo apoio incondicional e pelos inesquecíveis momentos compartilhados.

Aos amigos do Fitopatorracha, pelos bons momentos de diversão compartilhados.

Aos meus pais, Manoel e Aparecida de Fátima; ao meu irmão, Guilherme; minha avó Juventina; ao meu tio Antônio e aos demais familiares, pela confiança e por não medirem esforços para que este trabalho se realizasse.

À minha namorada Acleide pelo carinho e apoio em todos os momentos.

A todos que, de certa forma, contribuíram para que mais esta etapa da minha vida fosse cumprida.

Obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
1 INTRODUÇÃO.....	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1 Importância da cultura do cafeeiro.....	11
2.2 Mancha de Phoma do cafeeiro.....	11
2.3 Nutrição mineral e adubação foliar do cafeeiro.....	13
2.4 Indução de resistência no manejo de fitopatógenos.....	15
2.5 Teor de clorofila e fotossíntese em mudas de cafeeiro.....	16
2.6 Camada de cera na proteção contra fitopatógenos.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Obtenção do inóculo de <i>P. tarda</i> e material vegetal utilizado.....	19
3.2 Obtenção dos fertilizantes foliares e do fungicida.....	19
3.3 Fertilizantes foliares na proteção de mudas de cafeeiro contra a mancha de Phoma.....	20
3.4 Fertilizantes foliares no teor de clorofilas A e B, na taxa fotossintética líquida e no teor de macro e micronutrientes, em mudas de cafeeiro.....	21
3.5 Fertilizantes foliares na atividade da fenilalanina amônia-liase e no teor de lignina em mudas de cafeeiro.....	22
3.6 Fertilizantes foliares na camada de cera em mudas de cafeeiro.....	25
3.7 Análise estatística.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 Fertilizantes foliares na proteção de mudas de cafeeiro contra a mancha de phoma.....	26
4.2 Teor de clorofilas A e B e taxa fotossintética líquida em mudas de cafeeiro.....	32
4.3 Teor de macro e micronutrientes em mudas de cafeeiro.....	38
4.4 Atividade da FAL e teor de lignina em mudas de cafeeiro.....	41
4.5 Camada de cera em mudas de cafeeiro.....	43
6 CONCLUSÕES.....	45
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
8 REFERÊNCIAS.....	47

RESUMO

O café se destaca como umas das culturas mais importantes do Brasil, tanto nos aspectos econômicos como sociais. Vários fatores podem causar perdas na produtividade do cafeeiro e, dentre eles, se destacam as doenças. A mancha de phoma é uma das principais doenças do cafeeiro e pode causar perdas de 15% a 45%, sob condições ambientais favoráveis. A crescente demanda por formas alternativas no manejo de doenças de plantas tem buscado redução no uso de fungicidas com o emprego de indutores de resistência e fertilizantes foliares, entre outros. Com isso, objetivou-se, no presente trabalho, avaliar o efeito de fertilizantes foliares no manejo da mancha de phoma do cafeeiro. Foram avaliados: um fertilizante foliar à base da macro e micronutrientes (Fmm; Dacafé Sul de Minas[®]; 10% N, 4% S, B, 5% Fe e 5% Zn; 7,5 mL.L⁻¹); um fertilizante foliar à base de cobalto e molibdênio (Fcm; Hold[®]; 2% Co e 3% Mo; 2,5 mL.L⁻¹); uma formulação de fosfito de manganês (FMn; Phytogard Mn[®]; 30% P₂O₅ e 9% Mn; 3,5 mL.L⁻¹) e as associações FMn+Fmm, Fcm+Fmm, FMn+Fcm+Fmm, comparados com um fungicida (boscalida; 0,375 g.L⁻¹) e uma testemunha sem aplicação. Foram avaliados a severidade e a incidência da mancha de phoma, o teor de macro e de micronutrientes, o teor de clorofila A e B, a taxa fotossintética líquida (TFL), a atividade da FAL, o teor de lignina e a camada de cera em função dos tratamentos aplicados. Observou-se que FMn+Fmm e Fcm foram os tratamentos mais efetivos na redução da AACPS e AACPI em relação à testemunha, porém, inferiores ao fungicida, com controles de 69% e 70% na AACPS e de 37% e 33% na AACPI. Estes tratamentos propiciaram maior o teor de Zn e Mn nas mudas de cafeeiro. Para os teores de clorofilas A e B, Fmm e o fungicida foram os tratamentos mais efetivos. FMn e o fungicida foram os tratamentos mais efetivo para a TFL. As misturas desses fertilizantes foliares foram os tratamentos que proporcionaram maior atividade da fenilalanina amônia-liase com pico às 96 horas após a aplicação e, para o teor de lignina, o tratamento com Fcm+Fmm e FMn+Fcm+Fmm proporcionou maiores incrementos, 22% e 36%, respectivamente. Para a camada de cera, todos os tratamentos, exceto FMn+Fmm, Fcm e a testemunha, não proporcionaram incrementos visuais. Os fertilizantes foliares testados apresentam potencial para o manejo da mancha de phoma do cafeeiro.

Palavras chave: Controle alternativo, *Phoma tarda*, nutrientes, *Coffea arabica*.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do cafeeiro destaca-se, historicamente, no desenvolvimento econômico do Brasil. As características do cultivo, ainda hoje, são dependentes de grande quantidade de mão de obra, o que lhe atribui importante função social, por gerar empregos diretos no setor rural. No setor urbano, o agronegócio do café proporciona postos de serviço indiretos nas fases de beneficiamento e comercialização do produto e de insumos para a lavoura (MOREIRA; ADAMI; RUDORFF, 2004).

Além do aspecto social, a cafeicultura tem grande importância econômica para o Brasil e, principalmente, para o estado de Minas Gerais, que responde por aproximadamente 50% da produção nacional (FERREIRA et al., 2010; SILVA et al., 2007). Porém, esta *commodity* pode sofrer redução em sua produção e, dentre os principais fatores responsáveis por estas perdas, destacam-se as doenças, principalmente a mancha de phoma (*Phoma tarda*) (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010).

A mancha de phoma do cafeeiro ganhou importância em determinadas regiões produtoras de café, inclusive em viveiros, ocasionando lesões nas folhas, seca de ramos, podridão de varetas e queda de frutos em plantas adultas. O principal agente etiológico dessa doença é *Phoma tarda* (R.W. Stewart) H. Verm., embora outras espécies, como *P. exigua* ou *P. jolyana*, tenham sido registradas em associação com o cafeeiro. Os sintomas da doença nas folhas são manchas irregulares de coloração escura, iniciando, geralmente, nos bordos. Além da redução da área foliar, o patógeno pode colonizar os ramos do cafeeiro e também as rosetas das gemas reprodutivas, causando queda de flores e frutos.

Quando o patógeno ocorre em viveiros, pode causar a morte de plantas e plântulas.

A doença é favorecida por temperaturas abaixo de 20 °C e molhamento foliar, não necessariamente causado por alta intensidade de chuvas (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010). As perdas causadas por este patógeno variam de 15% a 43%, na região sul de Minas Gerais (NOJOSA et al., 2009).

O principal manejo deste e de outros patógenos fúngicos do cafeeiro é feito com a pulverização constante de fungicidas, entretanto, atualmente, a sociedade está cada vez mais exigente por produtos com pouco ou nenhum resíduo desses produtos nos alimentos. Diante disso, os agricultores têm buscado táticas de manejo de doenças que, além de reduzir a utilização destes produtos fitossanitários, possam aumentar a produtividade e reduzir custos de produção. Neste contexto, tanto a nutrição mineral como a indução de resistência podem contribuir para a elaboração de planos de manejo integrado capazes de aperfeiçoar o controle de doenças e reduzir a utilização de fungicidas, já que estas duas táticas de manejo têm influência sobre as doenças.

De acordo com Lima et al. (2010), o desequilíbrio de nitrogênio e potássio faz plantas de café ficarem mais susceptíveis à infecção por *P. tarda*, mostrando que a nutrição tem influência direta sobre a doença.

Dentre as táticas de manejo deste patógeno, a utilização de produtos à base de nutrientes melhora o estado nutricional das plantas, aumentando sua resistência. Produtos à base de fosfitos podem ativar o sistema de defesa das plantas contra doenças e, além disso, micronutrientes são cofatores de diversas enzimas que participam do metabolismo vegetal, incluindo enzimas envolvidas nas respostas de defesa. Com isso, os pesquisadores têm buscado estudar o efeito

destes produtos no manejo de doenças não só do cafeeiro, como de outras culturas (BARGUIL et al., 2005; SALGADO et al., 2009).

Nojosa et al. (2009) observaram que a aplicação foliar de fosfito de potássio a 2,5 e a 5 mL.L⁻¹, acibenzolar-S-metil (indutor de resistência comercial) a 0,1 g.L⁻¹ e o fertilizante foliar Nutex Axcell (boro, cobre, enxofre, manganês e zinco) a 4 mL.L⁻¹ reduziu a área abaixo da curva de progresso da mancha de phoma em mudas de cafeeiro.

Existem também trabalhos relatando o uso de fertilização foliar no manejo de outros patógenos do cafeeiro e de outras culturas. Carré-Missio et al. (2012) e Pereira et al. (2009a, 2009b) verificaram controle da ferrugem do cafeeiro pela aplicação de silicato de potássio. Amaral et al. (2008) observaram controle da cercosporiose do cafeeiro pela aplicação foliar de silicato de potássio. De acordo com Dianese et al. (2009), a aplicação foliar de fosfitos promove redução na intensidade do mal-do-pé-do-mamoeiro. Segundo Pereira et al. (2009a, 2009b), a aplicação foliar de silicato de potássio proporciona redução na severidade da ferrugem da soja. Além disso, o efeito dos fertilizantes foliares pode atuar em outras variáveis da planta, como no teor de clorofila, na fotossíntese, na camada de cera e na ativação de mecanismos de defesa, tendo, portanto, efeitos diretos e indiretos no manejo de doenças do cafeeiro (AMARAL et al., 2008; GODOY et al., 2008; GONG et al., 2011; LICHSTON; GODOY, 2006; REIS et al., 2006).

Diante disso, objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito de duas formulações de fertilizantes foliares e de um indutor de resistência na intensidade da mancha de phoma e em características nutricionais, bioquímicas, fisiológicas e anatômicas em mudas de cafeeiro.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Importância da cultura do cafeeiro

O café é originário da África e, segundo a versão mais aceita, seu primeiro registro data de 575 d.C. Esta planta foi introduzida no Brasil em 1727, por Francisco de Mello Palheta, trazido de Caiena, capital da Guiana Francesa. Depois disso, seu cultivo disseminou-se por todo o país, passando por Pará, Rio de Janeiro, São Paulo (Vale do Paraíba) até chegar a Minas Gerais (CHALFOUN; REIS, 2010).

Minas Gerais se destaca, na atualidade, como o maior produtor do Brasil, respondendo por 55% da produção nacional. Os outros principais estados produtores são Espírito Santo, São Paulo, Paraná, Bahia, Rondônia, Mato Grosso e Goiás. A área total plantada no Brasil é de 2,3 milhões de hectares e a produtividade média nacional é de 23,66 sacas por hectare (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2013).

O agronegócio do café destaca-se no contexto econômico brasileiro, representando um setor de fundamental importância para o desenvolvimento do país. Além da geração de divisas e empregos, essa atividade representa uma considerável fonte de arrecadação de impostos para diversas regiões brasileiras (SILVA; SANTOS; LIMA, 2001). Em 2010, foi responsável por, aproximadamente, 24% do volume geral de negócios do mercado agropecuário brasileiro (SILVEIRA; CRUZ JÚNIOR; SAES, 2012), o que denota a expressiva cadeia produtiva deste cultivo que sempre ocupou lugar de destaque na agricultura brasileira.

2.2. Mancha de phoma do cafeeiro

A primeira ocorrência deste fungo foi relatada em 1923, por Stevens, na Costa Rica, em folhas de *C. arábica*, sendo identificado como *Phylosticta coffeicolla*. A partir de 1953, a doença ganhou importância devido aos danos causados e foi identificada nova espécie do fungo, que foi denominada de *Phoma costarricensis* (CARVALHO; CHALFOUN; CUNHA, 2010). Em estudos com isolados de diferentes localidades de Minas Gerais e Bahia, analisando diferentes características morfológicas, foram identificadas e separadas em grupos cinco espécies deste fungo. São elas *P. tarda*, *P. costarricensis*, *P. jolyana*, *P. herbarum* e *P. leveillei*. A espécie mais comumente associada à mancha de phoma do cafeeiro no Brasil é *P. tarda* (SALGADO; PFENNING, 2000).

Esta doença foi constatada, no Brasil, primeiramente, em cafezais instalados em locais de altitudes elevadas (acima de 900 m), no Espírito Santo e em regiões do Alto Paranaíba e do Triângulo Mineiro, em Minas Gerais. Mas, atualmente, a doença se encontra disseminada em lavouras expostas a ventos frios em diversas regiões produtoras de café (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010).

A mancha de phoma é favorecida por ferimentos causados pelo atrito entre folhas ou por insetos que constituem a porta de entrada para o fungo. Sob condições de temperaturas amenas (18 a 19 °C), incidência de chuvas e de ventos frios e altitudes acima de 900 m, ocorre o microclima favorável. Março/abril e setembro/outubro são as épocas nas quais, em geral, ocorrem estas condições. Respingos de chuva e de água de irrigação são responsáveis pela disseminação do fungo dentro da planta e entre plantas.

Os principais sintomas nas folhas são manchas escuras necróticas que podem apresentar tamanho variável e halo concêntrico. Se as lesões atingirem os bordos das folhas, estas podem se curvar, deformar e rachar. Nos ramos ocorre seca da ponta para a base e o mesmo fica coberto por lesões profundas. Pode, ainda, causar mumificação de frutos e, em alguns casos, de flores (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010).

De acordo com Nojosa et al. (2009), a doença, quando não controlada, pode causar perdas de 15% a 43% na produção, em regiões onde as condições são favoráveis.

2.3. Nutrição mineral e adubação foliar do cafeeiro

Os nutrientes têm funções específicas no metabolismo vegetal e afetam o crescimento e a produção. Além disso, a nutrição mineral apresenta envolvimento secundário nas funções dos nutrientes no metabolismo vegetal, como alterações na morfologia, na anatomia e na composição química, que podem aumentar ou reduzir a resistência das plantas aos patógenos (POZZA et al., 2004).

Os macronutrientes são absorvidos em grandes quantidades. O nitrogênio é importante na extensão da área foliar, no crescimento vegetativo, na formação de botões florais, além de ser constituinte de aminoácidos, de proteínas e da clorofila, desempenhando, com isso, função na fotossíntese. O fósforo atua no desenvolvimento de mudas, no crescimento do sistema radicular e nos processos de produção de energia (ADP e ATP). O potássio atua na ativação enzimática, no crescimento radicular, no controle de turgidez, na formação de proteínas, além de conferir resistência a doenças. O cálcio é

componente de pectatos da parede celular e é importante na formação do tubo polínico. O magnésio é importante para a formação da clorofila e como catalisador na transferência de fosfatos. O enxofre participa da síntese de clorofila e do desenvolvimento radicular, além de ser componente de aminoácidos, proteínas, vitaminas e coenzimas (CARVALHO; CHALFOUN; CUNHA, 2010).

Os micronutrientes são absorvidos em quantidades menores. O boro é importante na formação da parede celular e na divisão e no alongamento das células. O cobre participa da fotossíntese, da respiração e está envolvido na resistência a doenças fúngicas e bacterianas. O manganês é essencial na síntese de clorofila e afeta a disponibilidade de ferro. O molibdênio atua no metabolismo de nitrogênio e o zinco atua no alongamento celular, na transformação de carboidratos, como regulador do consumo de açúcares e na síntese de triptofano e de hormônios (CARVALHO; CHALFOUN; CUNHA, 2010).

A aplicação de nutrientes via foliar, visando complementar as necessidades nutricionais das plantas, é uma prática conhecida há mais de 100 anos, mas só mais estudada agora, se comparada a outros métodos de adubação, apresentando algumas vantagens. Mas, sua aplicação deve ser cuidadosa, para que não ocorra fitotoxidez (REZENDE et al., 2005).

Na literatura são citados trabalhos abordando a aplicação foliar de nutrientes no manejo de fitopatógenos do cafeeiro e de outras culturas. De acordo com Nojosa et al. (2009), a aplicação do indutor de resistência acibenzolar-S-metil, de uma formulação de fosfito de potássio e um fertilizante foliar à base de boro, cobre, enxofre, manganês e zinco, reduziu a área abaixo

da curva de progresso da mancha de phoma em mudas de cafeeiro. Carré-Missio et al. (2012) e Pereira et al. (2009a, 2009b) observaram controle da ferrugem do cafeeiro pela aplicação foliar de silicato de potássio. Amaral et al. (2008) verificaram que a aplicação foliar de silicato de potássio controlou a cercosporiose do cafeeiro. De acordo com Dianese et al. (2009), a aplicação foliar de fosfitos promove controle do mal-do-pé-do-mamoeiro. Segundo Pereira et al. (2009a, 2009b), a aplicação foliar de silicato de potássio reduz a severidade da ferrugem da soja.

2.4. Indução de resistência no manejo de fitopatógenos

As plantas são capazes de se defender de patógenos por vários mecanismos naturais de resistência (PASCHOLATI et al., 2010). A resistência de uma planta a um patógeno pode ser definida como a capacidade desta de atrasar ou evitar a entrada deste nos seus tecidos. Os mecanismos de resistência da planta podem ser estruturais e bioquímicos, pré ou pós-formados. Os mecanismos estruturais consistem de barreiras físicas à penetração e/ou à colonização do patógeno e os bioquímicos abrangem substâncias capazes de inibir o desenvolvimento do patógeno ou gerar condições adversas à sobrevivência deste nos tecidos da planta (STANGARLIN et al., 2011).

O fenômeno da indução artificial de resistência em plantas, conhecido há 50 anos, ganhou grande importância nos últimos 20 anos e vem sendo estudado de forma direcionada para os aspectos bioquímicos e moleculares, e sua aplicação no manejo de doenças das principais culturas comerciais. A resistência induzida em plantas pode ocorrer por meio do tratamento com agentes bióticos, como extratos vegetais, microrganismos ou parte desses ou,

ainda, abióticos (substâncias químicas) (CAVALCANTI; BRUNELLI; STANGARLIN, 2005).

A fenilalanina amônia-liase (FAL) (E.C. 4.3.1.5) é uma enzima do metabolismo secundário mais intensivamente estudada em plantas, devido à importância nas reações do metabolismo dos compostos fenólicos e à estabilidade e à facilidade de preparação para os ensaios enzimáticos. Essa enzima é responsável pela desaminação da L-fenilalanina, transformando-a em ácido *trans*-cinâmico e amônia. O ácido *trans*-cinâmico pode ser incorporado em muitos diferentes compostos fenólicos que estão presentes na formação de ésteres, coumarinas, flavonoides e ligninas. A lignina torna as paredes celulares mais resistentes à penetração e, além disso, recobre as estruturas do patógenos, isolando-as do citoplasma e, com isso, inibindo o avanço da infecção e também a presença de compostos fenólicos nesta região que inibem a síntese de enzimas do patógeno que degradem lignina (STANGARLIN et al., 2011).

Fertilizantes aplicados via foliar são eficientes na ativação de enzimas relacionadas à defesa e no aumento do teor de lignina. Amaral et al. (2008) verificaram aumentos na atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase e no teor de lignina em mudas de cafeeiro, advindos da aplicação foliar de silicato de potássio.

2.5. Teor de clorofila e fotossíntese

As clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes presentes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das folhas e também em outros órgãos e tecidos vegetais. A clorofila A está presente em todas as espécies capazes de realizar a fotossíntese oxigênica, sendo responsável pela realização da fase

fotoquímica (primeiro estágio da fotossíntese). Os demais pigmentos auxiliam na absorção de luz e na transferência de energia radiante para centros de reação. Estes pigmentos são chamados de acessórios e, entre eles, está a clorofila B (STREIT et al., 2005).

A energia absorvida por estes pigmentos é transferida para sítios bem definidos, localizados nas membranas dos tilacoides, onde há dois centros de reação que absorvem energia a 680 e 700 nm e, a partir daí, tem início o processo fotossintético no qual esses pigmentos convertem energia luminosa em NADPH e ATP, o que mostra sua estreita relação com o processo fotossintético (NEVES et al., 2005; STREIT et al., 2005).

Dentre os fatores externos e internos que influenciam a síntese destes pigmentos, e conseqüentemente na fotossíntese, destacam-se os nutrientes minerais, por interagirem com a estrutura molecular das plantas e também por atuarem em determinadas etapas de reações que levam à síntese destes pigmentos (NEVES et al., 2005).

Segundo Reis et al. (2006), o teor de nitrogênio em plantas de café correlaciona-se diretamente com o teor de clorofila determinado a partir do medidor portátil SPAD-502[®]. De acordo com Godoy et al. (2008), o índice relativo de clorofilas em plantas de café aumenta de forma linear com doses aplicadas de nitrogênio. Além do nitrogênio, o manganês e o cálcio também influenciam diretamente a fotossíntese, por atuarem na transferência de elétrons do fotossistema II ao fotossistema I (GONG et al., 2011).

2.6. Camada de cera na proteção contra fitopatógenos

A cutícula que cobre as folhas é uma característica anatômica das plantas vasculares que contêm, na sua superfície, uma camada de cera que varia em quantidade de espécie para espécie. Esta cera desempenha várias funções na biologia da planta, como restrição à perda de água, proteção ao ataque de insetos e raios ultravioleta e manutenção de impermeabilidade na superfície, o que inibe o ataque de agentes patogênicos (KITAGAMI et al., 2013). De acordo com Magnani, Alves e Araújo (2007), a camada de cera se apresenta como um mecanismo importante na redução da infecção de *Phakopsora pachyrhizi* em soja, por constituir em uma importante barreira física.

A camada de cera mantém a superfície foliar seca, o que inviabiliza a germinação de esporos fúngicos. Porém, alguns fungicidas como os cúpricos, que são utilizados no manejo de doenças do cafeeiro, podem reduzir o teor de cera. Assim, se torna interessante o uso de produtos que atuem no manejo de fitopatógenos e não prejudiquem a camada de cera (LICHSTON; GODOY, 2006). Estes trabalhos mostram a influência da nutrição mineral na camada de cera e a importância desta na defesa de plantas contra fitopatógenos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Obtenção do inóculo de *P. tarda* e material vegetal utilizado

O fungo *P. tarda* foi isolado de folhas de cafeeiro com sintomas da mancha de phoma coletadas no campo na região de Santo Antônio do Amparo, MG e repicado para placas contendo meio de cultura malte-ágar 2%. Após o crescimento das colônias, 15 dias de incubação a 25 °C e fotoperíodo de 12 horas, as colônias, contendo conídios e micélio, foram raspadas, misturadas a 200 mL de ágar-água (0,2 %) e trituradas, em liquidificador, por 1 minuto. Posteriormente, o volume da suspensão foi completado para 2 litros e ela calibrada para a concentração de 1×10^5 unidades formadoras de colônias por mililitro (UFC.mL⁻¹), por meio de diluição seriada.

Nos ensaios, foram utilizadas mudas de cafeeiro da cultivar Mundo Novo 379/19 com seis pares de folhas, adquiridas de viveiro comercial localizado na cidade de Três Pontas, MG. As mudas foram aclimatadas na câmara de crescimento (20±2 °C e umidade relativa média de 70%), local onde foram realizados os experimentos, por duas semanas.

3.2. Obtenção dos fertilizantes foliares e do fungicida

Foram utilizadas as formulações comerciais de fertilizantes foliares Dacafé Sul de Minas[®] (fertilizante foliar à base de macro e micronutrientes; Fmm; 10% N; 4% S; 0,5% B; 3% Fe; 5% Zn), Hold[®] (fertilizante foliar à base de cobalto e molibdênio; Fcm; 2% Co; 3% Mo) e Phytogard Mn[®] (fosfito de manganês; FMn; 30% P₂O₅; 9% Mn) da Stoller do Brasil e, como padrão de controle químico da mancha de phoma, foi utilizado o fungicida Cantus[®]

(boscalida) da BASF S.A. Os tratamentos e as doses dos produtos utilizados são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos e doses dos produtos utilizados nos experimentos.

Tratamentos	Dose
1. Testemunha	---
2. Fungicida (boscalida)	0,375g.L ⁻¹
3. Fmm	7,5 mL.L ⁻¹
4. Fcm	2,5 mL.L ⁻¹
5. FMn	3,5 mL.L ⁻¹
6. FMn + Fmm	3,5 mL.L ⁻¹ 7,5 mL.L ⁻¹
7. Fcm + Fmm	2,5 mL.L ⁻¹ 7,5 mL.L ⁻¹
8. FMn + Fcm + Fmm	3,5 mL.L ⁻¹ 2,5 mL.L ⁻¹ 7,5 mL.L ⁻¹

3.3. Fertilizantes foliares na proteção de mudas de cafeeiro contra a mancha de phoma

Para verificar o efeito dos fertilizantes foliares na proteção de mudas de cafeeiro contra a mancha de phoma, as mudas foram pulverizadas com todos os produtos, sete dias antes da inoculação com o patógeno. A inoculação foi realizada por meio da pulverização da suspensão de inóculo e, em seguida, as plantas foram mantidas em câmara úmida, por cinco dias, com o auxílio de sacos plásticos.

O experimento foi realizado em câmara de crescimento sob temperatura de 20±2 °C) e umidade relativa média de 70%, em delineamento inteiramente

casualizado, com 3 repetições e 2 plantas por repetição. Após o aparecimento dos sintomas, foram realizadas cinco avaliações, em intervalos de sete dias, da severidade e da incidência da mancha de phoma, utilizando-se a escala diagramática de Salgado et al. (2009). A partir destes dados, foi calculada a área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) e da incidência (AACPI) da doença de acordo com Shaner e Finney (1977), além do controle proporcionado por cada tratamento em relação à testemunha, calculado segundo Abbott (1925).

3.4. Fertilizantes foliares nos teores de clorofilas A e B, na taxa fotossintética líquida e nos teores de macro e micronutrientes em mudas de cafeeiro

Após o ensaio anterior, foi montado outro experimento com os mesmos tratamentos descritos na Tabela 1, visando avaliar o efeito dos tratamentos no teor de clorofilas A e B, na taxa fotossintética líquida e no teor de macro e micronutrientes. O ensaio foi conduzido em delineamento de blocos casualizados com 3 repetições 2 plantas por repetição.

Os teores de clorofila A e B foram determinados em oito folhas por parcela (média de quatro leituras por folha), localizadas na porção mediana da planta, utilizando-se o medidor portátil de clorofila SPAD-502[®] (*Soil Plant Analysis Development*). Foi utilizada uma curva padrão segundo Arnon (1949), com folhas de cafeeiro com diferentes tons de verde. As amostras foliares (2 g) foram maceradas em nitrogênio líquido e acondicionadas em frascos de vidro com 10 mL de acetona 80% protegidos da luz. Foi realizada leitura em espectrofotômetro, a 663 e 645 nm, para clorofila A e B, respectivamente. A

concentração de clorofila A foi obtida pela fórmula $((12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}) \times V \times 1000) / MF$ e a de clorofila B, pela fórmula $((22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}) \times V \times 1000) / MF$, segundo Whitham, Blaydes e Devlin (1971), em que A é a absorvância, V volume final de extrato (10 mL) e MF massa fresca em gramas. A partir dos teores de clorofila, foram calculadas as áreas abaixo da curva de progresso das clorofilas A (AACPCA) e B (AACPCB), de acordo com Shaner e Finney (1977) e os incrementos proporcionados por cada tratamento nos seus teores.

A taxa fotossintética líquida (TFL) foi realizada utilizando-se o analisador de gás por infravermelho (LI-6400XT Portable Photosynthesis System, LI-COR, Lincoln, USA) em folhas completamente expandidas, no terceiro ou no quarto par de folhas, aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos. As leituras foram realizadas entre às 9 e às 10 horas (horário solar), com utilização de fonte artificial de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em câmara fechada fixada em $1.000 \mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Blue + Red LED LI-6400-02B, LI-COR, Lincoln, USA).

Ao final deste ensaio, as mudas foram cortadas à altura do coleto, acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa com fluxo de ar forçado, à temperatura de $60 \text{ }^\circ\text{C}$, até atingir massa constante. Em seguida, o material foi encaminhado para o Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química da UFLA, para a determinação dos teores de macro e micronutrientes.

3.5. Fertilizantes foliares na atividade da fenilalanina amônia-liase e nos teores de lignina em mudas de cafeeiro

Visando fornecer material foliar para a avaliação do efeito dos fertilizantes foliares na atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL) e nos teores de lignina, foi realizado um experimento, em câmara de crescimento, nas mesmas condições descritas anteriormente. Foram utilizadas mudas de cafeeiro com quatro pares de folhas verdadeiras. Os tempos de coleta das amostras foliares foram de 24, 48, 96 e 192 horas após a aplicação dos tratamentos (Tabela 1). O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e duas plantas por parcela por tempo de coleta.

As folhas coletadas foram acondicionadas em papel alumínio, congeladas em nitrogênio líquido e, em seguida, armazenadas em freezer, a -80 °C, até o início das análises.

Para obter o extrato enzimático para a determinação da atividade da FAL, amostras de 1 g de tecido foliar fresco foram maceradas com N₂ líquido em almofariz, com a adição de polivinilpirrolidona (PVP) 1% (p/v), até a obtenção de um pó fino. O pó obtido foi homogeneizado em 2 mL de tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,0) contendo 10 mM de β -mercaptoetanol e 30 mg foram separados para a determinação da lignina. O homogeneizado foi centrifugado, a 14.000 \times g, por 25 minutos, a 4 °C e o sobrenadante foi utilizado para a determinação da atividade da PAL. A atividade da PAL foi iniciada após a adição de 5 μ L do extrato a uma mistura contendo 145 μ L de tampão Tris-HCl 100 mM (pH 8,8) e 50 μ L de L-fenilalanina 50 mM. A mistura da reação foi incubada em espectrofotômetro de microplacas, a 30 °C, durante 1 hora. Após a incubação, a absorbância dos

derivados do ácido *trans*-cinâmico foi medida a 290 nm e o coeficiente de extinção molar de $10^4 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ (ZUCKER, 1965) foi utilizado para calcular a atividade da PAL, a qual foi expressa em $\mu\text{M min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ de proteína.

Para a determinação do teor de lignina solúvel total, as folhas foram trituradas em nitrogênio líquido, até a obtenção de um pó fino e liofilizadas por 24 horas. Uma alíquota de 30 mg do material liofilizado foi transferida para microtubo de 2,0 mL e homogeneizada, com 1,5 mL de metanol 80%, por 16 horas, para a despigmentação do tecido. Após centrifugação, a 12.000 g, por 5 minutos, o resíduo sólido foi utilizado para a determinação de lignina solúvel. Foram adicionados ao resíduo sólido 1,5 mL de água, homogeneizando-se e centrifugando-se, a 12.000 g, por 5 minutos, a 4 °C. O sobrenadante foi descartado e o resíduo foi seco em estufa, a 65 °C, por 15 horas. Posteriormente, foram acrescentados 1,5 mL de solução de ácido tioglicólico em HCl 2M (1:10). Em seguida, os microtubos foram suavemente agitados para hidratar o resíduo e colocados em banho-maria, em fervura por quatro horas. Posteriormente, os microtubos foram centrifugados, a 12.000 g, por 10 minutos, a 4 °C.

O sobrenadante foi descartado e o precipitado lavado, com 1,5 mL de água ultrapura e novamente centrifugado, a 12.000 g, por 10 minutos, a 4 °C. A seguir, o sobrenadante foi descartado e o precipitado foi ressuspensão em 1,5 mL de NaOH 0,5 M e mantido em agitador rotativo, por 15 horas, à temperatura ambiente. A mistura foi centrifugada, a 12.000 g, por 10 minutos, a 4 °C e o sobrenadante transferido para novo microtubo, ao qual foram adicionados 200 μL de HCl concentrado. A suspensão obtida foi mantida em câmara fria (4°C), por quatro horas, para permitir a precipitação da lignina ligada ao ácido

tioglicólico. A seguir, a mistura foi centrifugada, a 12.000 g, por 10 minutos, a 4°C. O sobrenadante foi descartado e o precipitado ressuspense em 2,0 mL de NaOH 0,5 M. A absorvância desta solução foi determinada em espectrofotômetro, a 280 nm, e os valores calculados com base na curva de lignina e expressos em µg de lignina solúvel por miligrama de massa seca (DOSTER; BOSTOCK, 1988).

3.6. Fertilizantes foliares na camada de cera em folhas de mudas de cafeeiro

Foi montado um quarto ensaio para a avaliação do efeito dos tratamentos descritos na Tabela 1 em delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições e 2 plantas por repetição. Para observar o efeito dos tratamentos na camada de cera nas folhas das mudas de cafeeiro, foi realizada uma aplicação dos tratamentos 30 dias antes da coleta. Foi coletado o 2º par de folhas completamente expandidas, que foram processadas pelo método do dessecador e observadas ao microscópio eletrônico de varredura. Essas folhas foram cortadas em fragmentos de 3x3 mm, acondicionadas em *stubs* com auxílio de fita dupla face e, em seguida, foi realizada a metalização com banho de ouro. As amostras foram observadas a um aumento de 700 vezes e realizada a geração das imagens (ALVES, 2004).

3.7. Análise estatística

Os dados dos experimentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo teste F. Os valores médios, quando significativos, foram submetidos ao teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Sisvar 5.1 (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Fertilizantes foliares na proteção de mudas de cafeeiro contra a mancha de phoma

A severidade da mancha de phoma nas mudas de cafeeiro apresentou aumento no decorrer das avaliações em todos os tratamentos. Para a incidência da doença, plantas testemunha apresentaram 100% de incidência a partir de sete dias após a inoculação. Tanto para a incidência como para a severidade foi observado que o tratamento com o fungicida boscalida proporcionou menores índices no decorrer das avaliações, mantendo a severidade em níveis próximos de zero, tendo este índice, na última avaliação, se aproximado de 2,5%. Já para incidência, o fungicida manteve esta variável em níveis próximos de zero, até os 21 dias após a inoculação (21 DAI), tendo, aos 28 DAI, este índice sido de 40%. FMn+Fmm e Fcm foram, dentre os fertilizantes foliares testados, os tratamentos mais efetivos, mantendo a severidade próxima de 5% até os 21 DAI e próxima de 10% aos 28 e 35 DAI. Para a incidência, estes tratamentos mantiveram índices próximos de 60% até os 21 DAI e próximos de 75% aos 28 e 35 DAI (Figura 1).

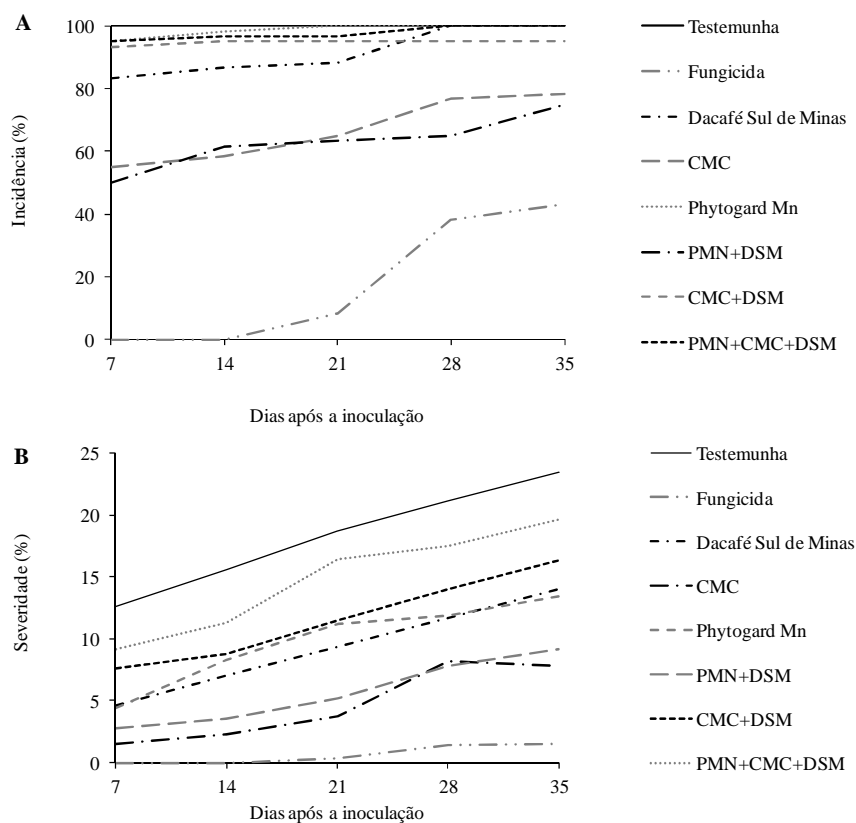


Figura 1. Efeito dos tratamentos sobre o de progresso da incidência (A) e da severidade (B) da mancha de phoma em cafeeiro cultivar Mundo Novo.

Observou-se que todos os tratamentos reduziram a AACPS da mancha de phoma em relação à testemunha. Fcm e a associação dos produtos Fmm e FMn foram os tratamentos mais efetivos na redução da severidade da doença, com controles de 69% e 74%, respectivamente, porém, com efeito inferior ao do fungicida boscalida, que proporcionou controle de 97%. Fmm, FMn e Fcm+Fmm proporcionaram controle intermediário, variando de 37% a 49%. Os

produtos FMn, Fcm e Fmm aplicados em mistura constituíram o tratamento menos efetivo, proporcionando controle de 19% (Figura 2). Para a AACPI da mancha de phoma, observou-se que somente os tratamentos com fungicida, Fcm e a mistura FMn+Fmm proporcionaram redução significativa desta. O fungicida proporcionou maior redução da incidência da doença (83%) e o tratamento com Fcm e FMn+Fmm apresentaram reduções de 37% e 33%, respectivamente, da incidência, não diferindo entre si. FMn, FMn+Fcm+Fmm, Fcm+Fmm e Fmm não proporcionaram redução significativa da AACPI da doença (Figura 2). Os efeitos visuais dos tratamentos sobre a severidade da doença são mostrados na Figura 3.

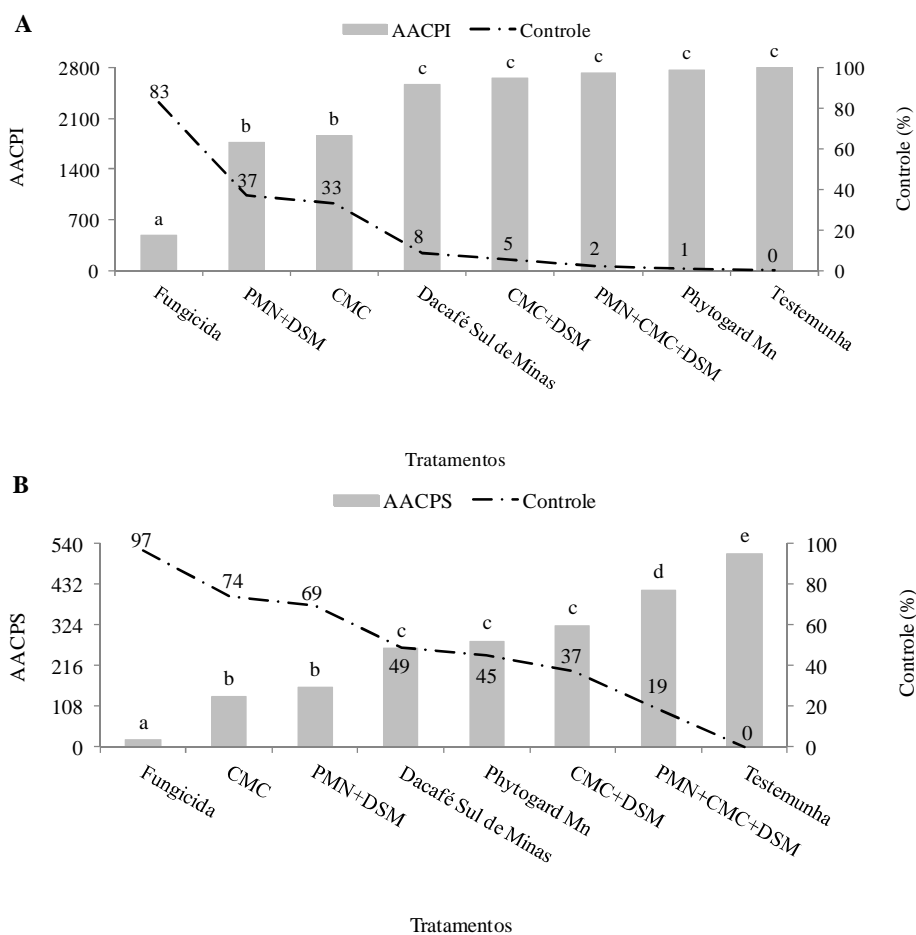


Figura2. Efeito dos tratamentos na área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) (A) e da severidade (AACPS) (B) da mancha de phoma em cafeeiro cultivar Mundo Novo e controles proporcionados pelos mesmos. Médias com mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

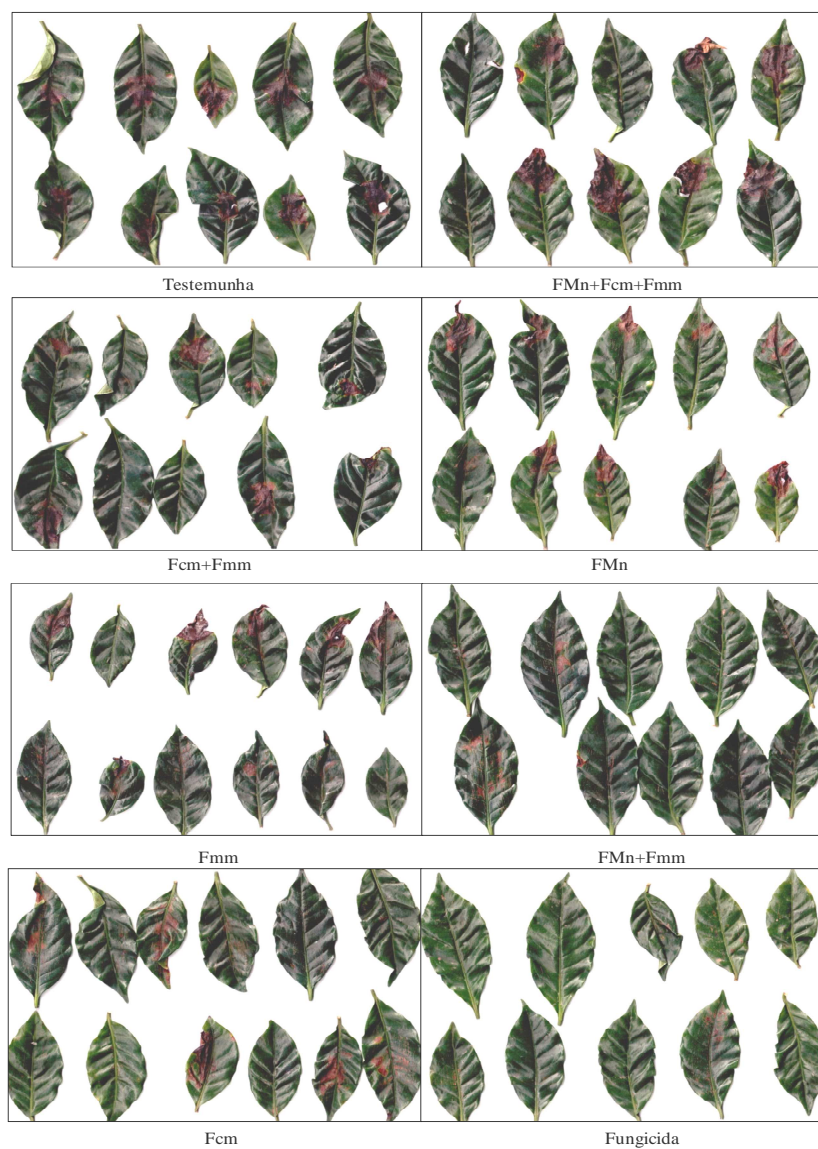


Figura3. Efeitos visuais dos tratamentos sobre a severidade da mancha de phoma do cafeeiro.

Vários trabalhos demonstram que a nutrição mineral e a utilização de produtos à base de nutrientes influenciam e são capazes de reduzir a intensidade da mancha de phoma do cafeeiro. Lima et al. (2010) verificaram que o desbalanço da relação nitrogênio (N)/potássio (K) faz com que mudas de cafeeiro fiquem mais susceptíveis à mancha de phoma. Verificou-se que o suprimento de cálcio (Ca) e potássio (K) afeta a intensidade da mancha de phoma, em que menores doses de Ca e K promovem redução da AACPS e menores doses de Ca e maiores doses de K promovem redução da AACPI.

Nojosa et al. (2009) observaram redução da severidade e da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) quando foi realizada a aplicação de uma formulação de fertilizante foliar à base de cobre, boro, enxofre, manganês e zinco (Nutex axcell[®]) na dose de 4 mL.L⁻¹, uma formulação de fosfito de potássio (Hortifós PK[®]) a 5 mL.L⁻¹ e do indutor de resistência acibenzolar-S-metil (Bion[®]) a 0,1 g.L⁻¹, que proporcionaram controles de 63,40%, 63,18% e 80%, respectivamente. Barguil et al. (2005) também encontraram resultados semelhantes utilizando o fosfito de potássio, que proporcionou inibição do crescimento micelial de *Phoma* e redução na área abaixo da curva de progresso da doença.

Resultados semelhantes foram encontrados para outros patógenos do cafeeiro. Segundo Amaral et al. (2008), a aplicação foliar de silicato de potássio, na dose de 1,5 mL.L⁻¹, controlou a cercosporiose do cafeeiro em campo e em casa de vegetação. Pereira et al. (2009a, 2009b) observaram redução da ferrugem do cafeeiro pela aplicação foliar de silicato de potássio em casa de vegetação. Segundo Carré-Missio et al. (2012), a aplicação preventiva de silicato de potássio por pulverização foliar reduz a severidade da ferrugem do cafeeiro.

Pesquisadores trabalhando com outras culturas encontraram resultados semelhantes ao do presente estudo. Dianese et al. (2009) observaram que duas pulverizações semanais de fosfitos, por três semanas consecutivas antes da inoculação do patógeno, reduzem a intensidade do mal-do-pé-do-mamoeiro, proporcionando reduções semelhantes à do fungicida fosetyl-Al. De acordo com Pereira et al. (2009a, 2009b), a aplicação foliar de silicato de potássio reduziu a severidade da ferrugem da soja (*Phakopsora pachirrizi*).

4.2 Fertilizantes foliares nos teores de clorofilas A e B e na taxa fotossintética líquida em mudas de cafeeiro

Em geral, em todas as avaliações, os tratamentos promoveram aumento do teor das clorofilas A e B com valores superiores ao da testemunha (Figura 4).

Todos os tratamentos diferiram significativamente da testemunha e proporcionaram incrementos nas áreas abaixo da curva de progresso das clorofilas A (AACPCA) e B (AACPCB). Fmm e o fungicida foram os tratamentos que proporcionaram maiores AACPCA e AACPCB, proporcionando incrementos de 38% a 33%, respectivamente, na AACPCA e de 39% a 35%, respectivamente, na AACPCB. Os demais tratamentos foram superiores à testemunha, não diferiram entre si, porém, foram inferiores ao Fmm e ao fungicida, proporcionando incrementos de 25% a 29% na AACPCA e de 26% a 30% na AACPCB (Figura 5).

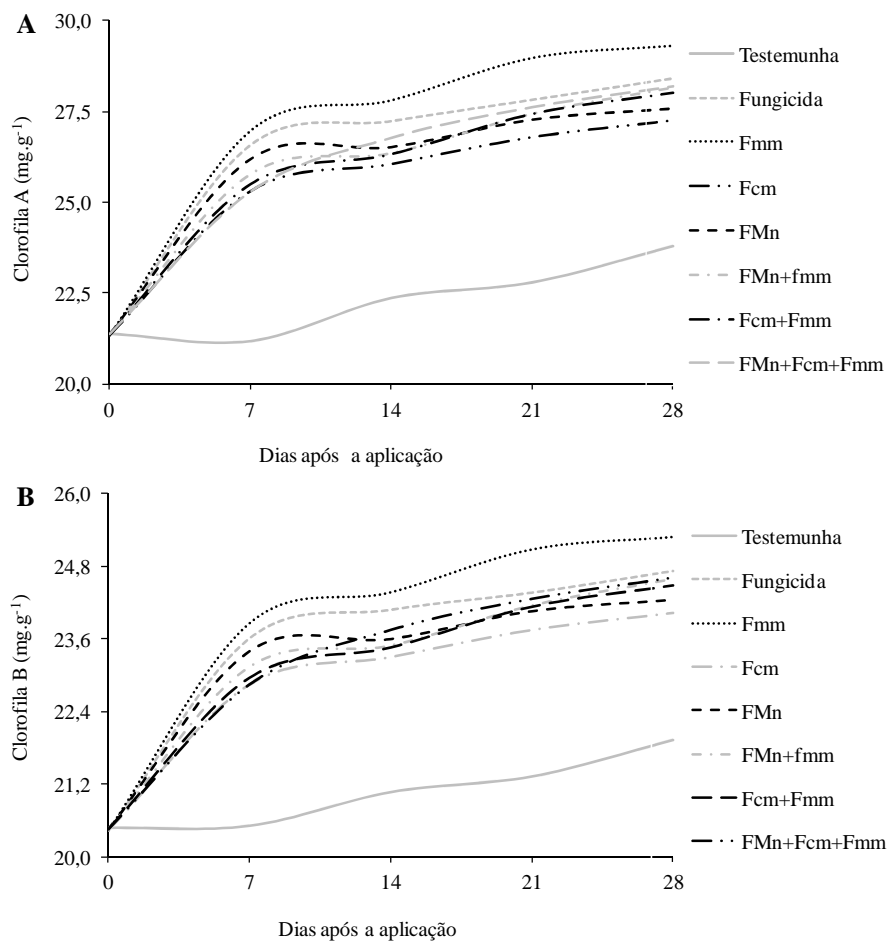


Figura 4. Efeito dos tratamentos na curva de progresso das clorofilas A (A) e B (B) em mudas de cafeeiro cultivar Mundo Novo.

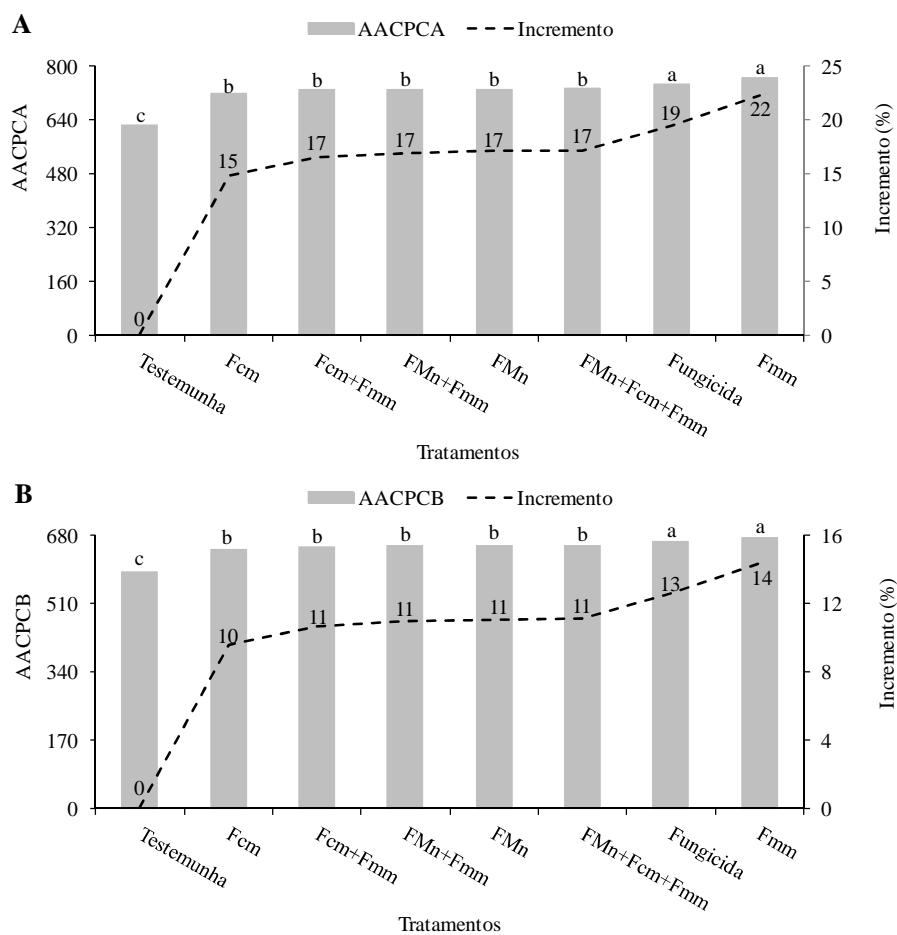


Figura 5. Efeito dos tratamentos na área abaixo da curva de progresso dos teores da clorofila A (AACPCA) (A) e clorofila B (AACPCB) (B) e nos incrementos destas em relação à testemunha. Médias com mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

A maior concentração das clorofilas A e B em plantas tratadas com Fmm provavelmente se deve ao fato de este apresentar nitrogênio na sua formulação, o nitrogênio que é disponibilizado à planta, já que este nutriente é

componente da molécula de clorofila. De acordo com Godoy et al. (2008), há correlações entre leituras do clorofilômetro, teor de clorofila e a concentração de nitrogênio em folhas de cafeeiro. Reis et al. (2006) observaram que o aumento nas doses de nitrogênio às plantas promove a maiores valores de leituras SPAD, pelo aumento dos teores de clorofila.

Para a taxa fotossintética líquida (TFL), observou-se que todos os tratamentos proporcionaram incrementos significativos em relação à testemunha. O fungicida boscalida e o fertilizante foliar Phytogard Mn foram os tratamentos que proporcionaram maiores incrementos na TFL em relação à testemunha, de 298% e 334%, respectivamente. Os demais tratamentos apresentaram efeito intermediário e proporcionaram incrementos variando de 138% a 215% na TFL (Figura 6).

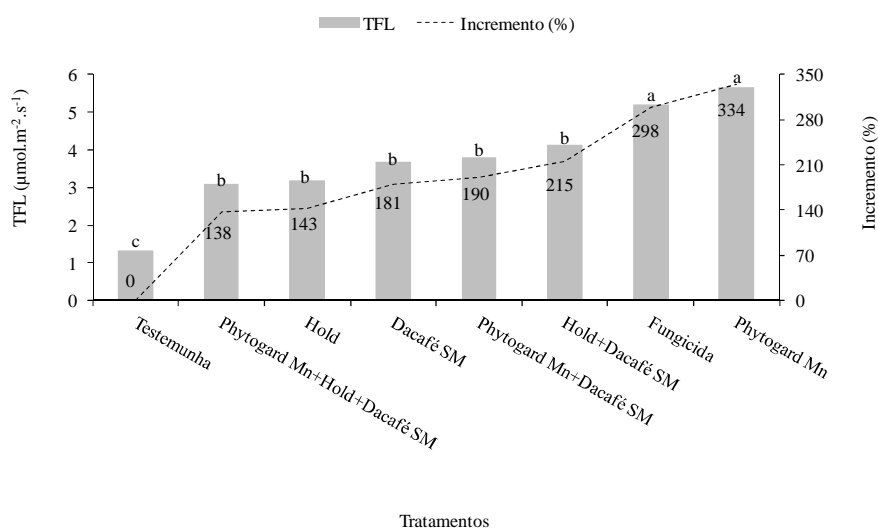


Figura 6. Efeito dos tratamentos sobre a taxa fotossintética líquida (TFL) e nos incrementos destas em relação à testemunha. Médias com mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

FMn é composto de fósforo (P) e de manganês (Mn). O fósforo se apresenta na forma de fosfito que, segundo Dalio et al. (2012), não é metabolizada pela planta. Portanto, esse efeito na TFL deve-se ao manganês. O manganês (Mn) é um elemento essencial ao desenvolvimento das plantas e é requerido em inúmeros processos metabólicos, principalmente na fotossíntese, que usa a energia luminosa para oxidar água a oxigênio, no centro de oxidação no fotossistema II (PSII). Quatro átomos de manganês, presentes neste centro juntamente com um átomo de cálcio, são responsáveis pela transferência de quatro elétrons ao fotossistema I (PSI) (GONG et al., 2011). Portanto, qualquer incremento ou decréscimo no suprimento de Mn às plantas pode afetar a fotossíntese.

Gong et al. (2011) observaram que a deficiência de Mn inibiu significativamente a síntese de clorofila e a atividade da rubisco caboxylase e rubisco activase e, em consequência, provocou redução no crescimento das plantas.

4.3 Teor de macro e micronutrientes em mudas de cafeeiro

Para os teores dos macronutrientes, nitrogênio (N), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos e a testemunha. Nenhum dos tratamentos proporcionou incremento no teor de fósforo (P) das mudas de cafeeiro. Em relação ao teor de potássio (K), todos os tratamentos proporcionaram aumentos deste nutriente nas mudas em relação à testemunha, mas a mistura Fcm+Fmm e FMn foram mais efetivos. O teor de enxofre (S) dos tratamentos Fmm, Fcm+Fmm, FMn+Fcm+Fmm e o do

fungicida foram semelhantes ao da testemunha, enquanto os dos demais tratamentos foram inferiores (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito dos tratamentos nos teores de macronutrientes em mudas de cafeeiro cultivar Mundo Novo.

Tratamentos	Macronutrientes (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Testemunha	2,75a	0,52a	1,53e	1,29a	0,27a	0,14a
Fungicida	2,91a	0,37c	1,74c	1,25a	0,30a	0,15a
Fmm	2,93a	0,31e	1,61d	1,17a	0,29a	0,14a
Fcm	2,62a	0,30e	1,34f	1,22a	0,29a	0,12b
FMn	2,81a	0,49b	2,24a	1,14a	0,29a	0,12b
FMn+Fmm	2,72a	0,49b	2,07b	1,12a	0,29a	0,13a
Fcm+Fmm	2,81a	0,31e	2,16a	1,11a	0,30a	0,12b
FMn+Fcm+Fmm	2,76a	0,34d	1,77c	1,16a	0,30a	0,14a

*médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Macronutrientes: N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; S: enxofre.

Para o teor do micronutriente ferro (Fe), não se observou efeito significativo da aplicação dos fertilizantes foliares. Para o teor de cobre (Cu), a mistura dos três fertilizantes foliares foi o único tratamento que diferiu da testemunha. O teor de boro (B) nas mudas tratadas com os fertilizantes e o fungicida foi inferior ao da testemunha. Em relação ao teor de manganês (Mn), mudas de cafeeiro tratadas com Fmm e com o fungicida não diferiram da testemunha. Os demais tratamentos proporcionaram aumento nos teores de Mn em relação à testemunha, tendo os tratamentos com Fcm e FMn sido mais efetivos, proporcionando incrementos de 570% e 531%, respectivamente. Os demais tratamentos apresentaram comportamento intermediário e

proporcionaram incrementos de 425% a 448% nos teores de Mn nas mudas. Para o teor de zinco (Zn), todos os tratamentos, exceto Fcm, diferiram da testemunha e proporcionaram incrementos de 330% a 405% (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito dos tratamentos nos teores de micronutrientes em mudas de cafeeiro cultivar Mundo Novo.

Tratamentos	Micronutrientes (ppm)				
	Cu	Fe	B	Mn	Zn
Testemunha	20,17b	77,34a	46,42a	52,17c	34,17b
Fungicida	18,52b	76,39a	42,77b	46,40c	172,60a
Fmm	18,85b	75,73a	35,37c	36,87c	168,50a
Fcm	16,57b	74,36a	28,32e	349,60a	39,80b
FMn	18,20b	77,81a	33,77d	329,30a	146,90a
FMn+Fmm	16,70b	77,64a	35,52c	285,90b	165,10a
Fcm+Fmm	17,60b	77,78a	27,82d	281,30b	166,60a
FMn+Fcm+Fmm	25,66a	76,60a	32,00e	274,10b	163,20a

*médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Micronutrientes: Cu: cobre; Fe: ferro; B: boro; Mn: manganês; Zn: zinco.

Os fertilizantes foliares aplicados foram mais eficazes em incrementar os teores de manganês e zinco. Observou-se que o fertilizante foliar Fcm foi mais eficaz no incremento do teor de Mn, enquanto FMn+Fmm foi eficaz no incremento de ambos os micronutrientes citados. A nutrição mineral está diretamente relacionada à intensidade de doenças em plantas. Carvalho et al. (2010) observaram que teores entre 0,6% e 0,75% de sulfato de zinco no volume de calda proporcionam menor incidência da ferrugem e que, com o aumento das doses deste composto, houve aumento da incidência da cercosporiose, de manchas foliares e da desfolha em cafeeiro.

Costa (2012) observou que uma formulação de fosfito de manganês associado ao fungicida ciproconazol+azoxistrobina promove controle da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro e, com isso, conseqüente redução na desfolha e aumento da produtividade. De acordo com Pereira et al. (2009a, 2009b), a rota dos fenilpropanoides é de suma importância na produção de compostos fenólicos de natureza antimicrobiana além de fitoalexinas e, segundo Valente (2012), há vários fertilizantes foliares ricos em micronutrientes que os fornecem às plantas e estes, por sua vez, são cofatores de enzimas desta rota. Dentre estes produtos, destacam-se os fosfitos de cobre, zinco e manganês.

4.4 Atividade da FAL e teor de lignina em mudas de cafeeiro

A fenilalanina amônia-liase (FAL) atingiu seu pico de atividade às 96 horas após a aplicação dos tratamentos, tendo os tratamentos FMn+Fcm+Fmm, Fmm, FMn+Fmm, FMn e Fcm promovido maior atividade da FAL neste momento (Figura 7).

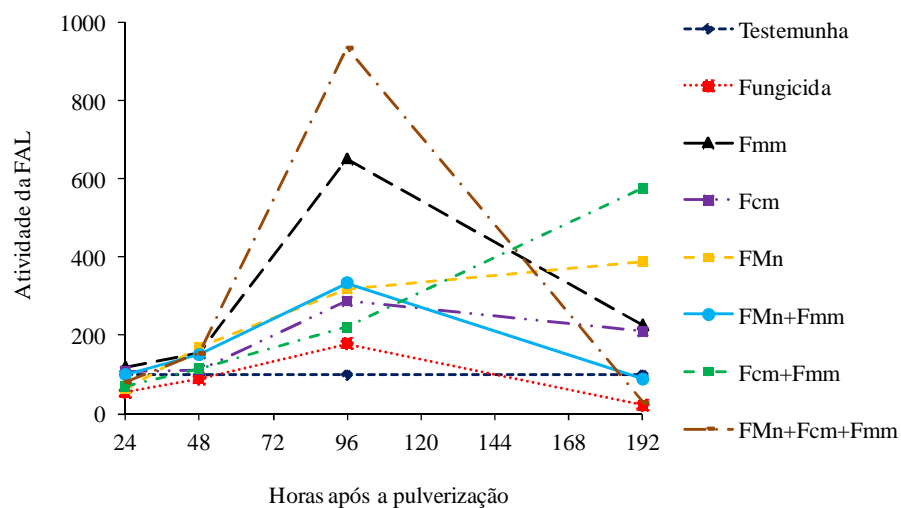


Figura 7. Efeito dos tratamentos sobre a atividade percentual (comparação com a testemunha) da fenilalanina amônia-liase (FAL), ao longo das avaliações.

Para o teor de lignina solúvel, foi observado que os tratamentos FMn+Fcm+Fmm e Fcm+Fmm foram mais efetivos e proporcionaram incrementos de 22% e 36%, respectivamente. Os demais tratamentos não diferiram da testemunha (Figura 8).

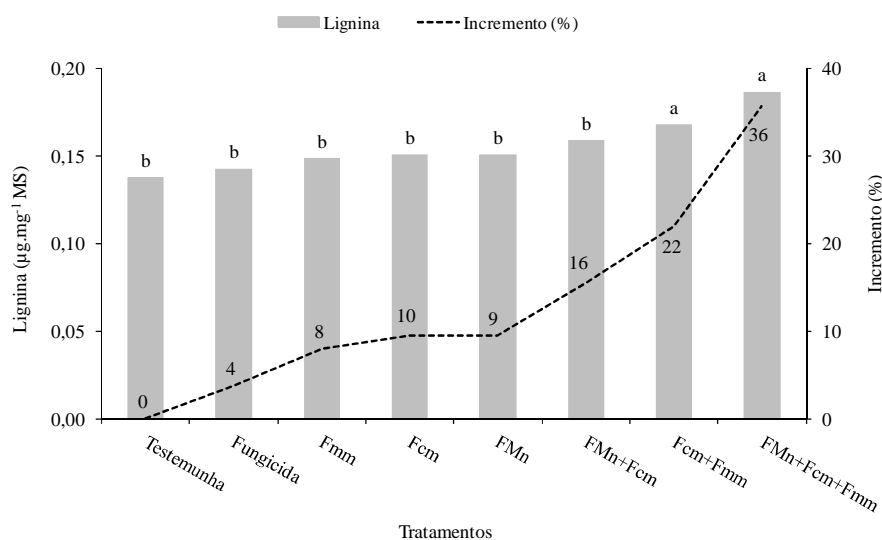


Figura 8. Efeito dos tratamentos sobre o teor de lignina solúvel total e incrementos proporcionados neste. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5%, pelo teste de Scott-Knott.

Observou-se, portanto, que a maioria dos tratamentos que apresentam manganês na sua composição é mais efetiva no incremento do teor de lignina e no aumento da atividade da FAL. De acordo com Gong et al. (2011), isto se deve ao fato de o manganês ser o ativador de, aproximadamente, 35 enzimas envolvidas em diferentes processos, dentre elas a FAL, que é uma enzima-chave no metabolismo de compostos fenólicos e catalisação, e desaminação da fenilalanina para ácido cinâmico que, por sua vez, é um substrato-chave na síntese de lignina.

De acordo com Amaral et al. (2008), a aplicação foliar de silicato de potássio controlou a severidade e a incidência da cercosporiose do cafeeiro com controles semelhantes ao do fungicida comercial utilizado

(epoxyconazol+piraclostrobina), o que, em parte, se deu pela ativação das enzimas peroxidase e polifenoloxidase e pelo aumento no teor de lignina.

4.5. Camada de cera em mudas de cafeeiro

Observou-se que todos os tratamentos, exceto FMn+Fmm e Fcm+Fmm, proporcionaram incrementos visuais na camada de cera (Figura 8). Este efeito demonstra que o fungo, provavelmente, entra na planta através de ferimentos, uma vez que os dois tratamentos que controlaram a doença não influíram no teor de cera. A camada de cera não se apresenta como um mecanismo de resistência de mudas de cafeeiro contra *P. tarda*.

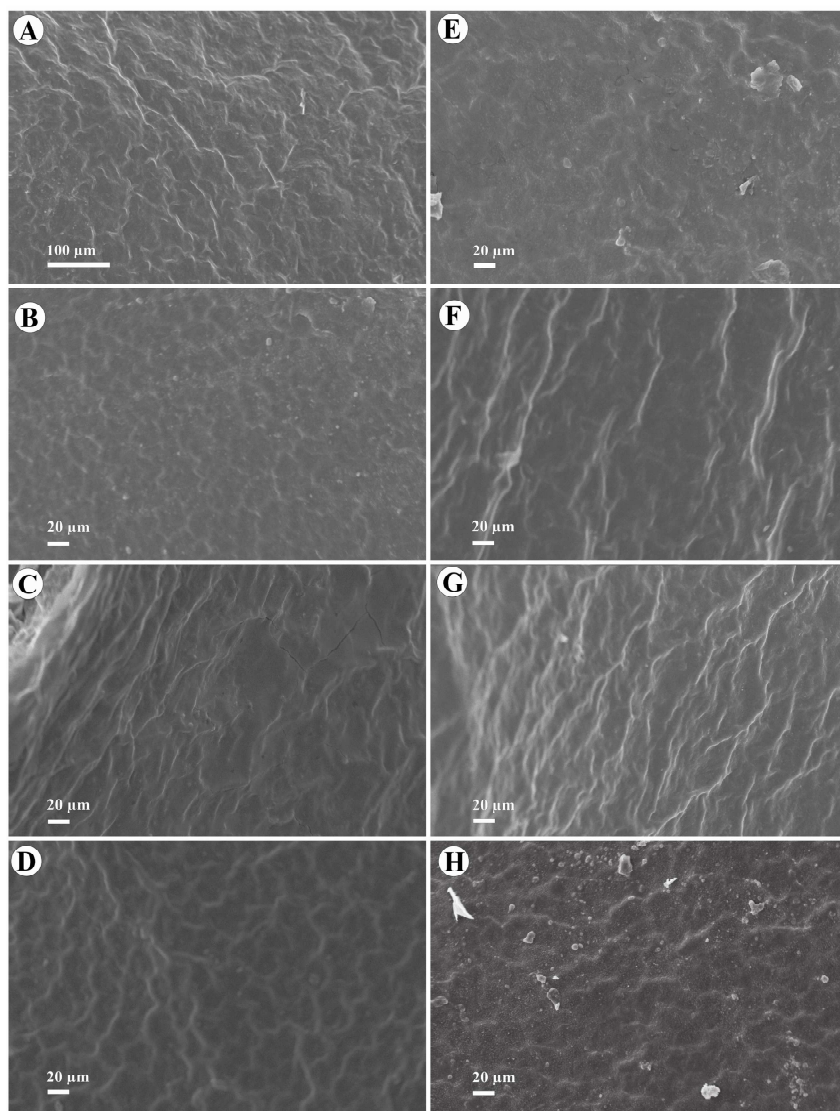


Figura 8. Efeito dos tratamentos sobre a camada de cera em mudas de cafeeiro. A: fungicida, B: Hold, C: Dacafé SM, D: Phytogard Mn, E: Phytogard Mn+Dacafé SM, F: Hold+Dacafé SM, G: Phytogard Mn+Hold+Dacafé SM, H: Testemunha.

6. CONCLUSÕES

- ❖ Fcm e a mistura de FMn+Fmm são, entre os fertilizantes foliares testados, os tratamentos mais eficazes no manejo da mancha de phoma em mudas de cafeeiro.
- ❖ Os fertilizantes foliares testados promovem incrementos nos teores de nutrientes em mudas de cafeeiro, principalmente Mn e Zn.
- ❖ Fmm é, dentre os fertilizantes foliares testados, o que proporciona maior incremento nos teores de clorofilas A e B.
- ❖ O fosfito de manganês, FMn, foi o tratamento que proporcionou maior taxa fotossintética líquida.
- ❖ As misturas dos fertilizantes foliares foram mais efetivas em aumentar a atividade da FAL e incremento no teor de lignina.
- ❖ Todos os tratamentos, exceto Fcm e FMn+Fmm, proporcionaram incrementos visuais na camada de cera.

7. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os tratamentos que proporcionaram maior controle da doença nas mudas devem ser testados no campo para a confirmação dos resultados obtidos em condições controladas.

Em vários trabalhos foi demonstrado que produtos à base de nutrientes proporcionam redução na intensidade de doenças em plantas. Esses produtos podem ser utilizados no manejo integrado de doenças de plantas, visando à redução do uso de pesticidas, pela utilização simultânea ou alternada desses produtos com os fungicidas comerciais. Estas ações podem reduzir os custos para os produtores, os riscos de contaminação ambiental e para o aplicador desses produtos, além de oferecer aos consumidores produtos com baixo ou nenhum resíduo de pesticidas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economy Entomology**, New York, v. 18, n. 1, p. 265-267, 1925.
- ALVES, E. **Introdução à microscopia eletrônica**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 88 p.
- AMARAL, D. R. et al. Silicato de potássio na proteção do cafeeiro contra *Cercospora coffeicola*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 425-431, 2008.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 24, p. 1-15, 1949.
- BARGUIL, B. M. et al. Effect of extracts from citric biomass, rusted coffee leaves and coffee berry husks on *Phoma costarricensis* of coffee plants. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 5, p. 535-537, set./out. 2005.
- CARRÉ-MISSIO, V. et al. Proteção local, não sistêmica, do silicato de potássio reduz os sintomas da ferrugem do cafeeiro. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 275-280, jul./ago. 2012.
- CARVALHO, J. G. et al. Sintomas de desordens nutricionais em cafeeiro. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; BALIZA, D. P. (Ed.). **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas**. Lavras: UFLA, 2010. p. 29-66.
- CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M.; CUNHA, R. L. Manejo de doenças do cafeeiro. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed.). **Café arábica do plantio à colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010. v. 1, p. 689-756.
- CAVALCANTI, L. S.; BRUNELLI, K. R.; STANGARLIN, J. R. Aspectos bioquímicos e moleculares da resistência induzida. In: CAVALCANTI, L. S. et al. (Ed.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 81-124.

CHALFOUN, S. M.; REIS, P. R. História da cafeicultura no Brasil. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed.). **Café arábica do plantio à colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010. v. 1, p. 21-85.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Terceira estimativa da safra nacional de café 2012/2013**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_09_09_15_34_48_boletim_cafe_-_setembro_2013.pdf>. Acesso em: 20 set. 2013.

COSTA, B. H. G. **Manejo da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro com produtos alternativos, fungicida e suas associações, em condições de campo**. 2012. 51 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

DALIO, R. J. D. et al. O triplo modo de ação dos fosfitos. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 20, p. 1-2, 2012.

DIANESE, A. C. et al. Aplicação foliar de fosfito de potássio, cálcio, ou magnésio para a redução da podridão-do-pé do mamoeiro em casa de vegetação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2309-2314, nov. 2009.

DOSTER, M. A.; BOSTOCK, R. M. Quantification of lignin formation in almond bark in response to wounding and infection by *Phytophthora* species. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 78, n. 4, p. 473-477, Apr. 1988.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FERREIRA, J. B. et al. Transmissibilidade e efeito do tratamento de sementes de cafeeiros com mancha manteigosa (*C. gloeosporioides*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 101-108, jan./fev. 2010.

GODOY, L. J. G. et al. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 217-226, jan./fev. 2008.

GONG, X. et al. Cerium relieves the inhibition of photosynthesis of maize caused by manganese deficiency. **Biological Trace Element Research**, Clifton, v. 141, n. 1/3, p. 305-316, June 2011.

KITAGAMI, J. T. et al. Foliar cuticular waxes of cultivated species and varieties of *Coffea*. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, v. 46, n. 22, p. 116-119, Feb. 2013.

LICHSTON, J. E.; GODOY, S. A. P. Morfologia e teor de cera de folhas de café após aplicação de fungicida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 919-926, jun. 2006.

LIMA, L. M. et al. Relação nitrogênio/potássio com mancha de Phoma e nutrição de mudas de cafeeiro em solução nutritiva. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 223-228, 2010.

MAGNANI, E. B. Z.; ALVES, E.; ARAÚJO, D. V. Eventos dos processos de pré-penetração, penetração e colonização de *Phakopsora pachyrhizi* em folíolos de soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 156-160, mar./abr. 2007.

MOREIRA, M. A.; ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T. Análise espectral e temporal da cultura do café em imagens Landsat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 3, p. 223-231, mar. 2004.

NEVES, O. S. C. et al. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 517-521, maio 2005.

NOJOSA, G. B. A. et al. Efeito de indutores de resistência em cafeeiro contra a mancha de Phoma. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 35, n. 1, p. 60-62, 2009.

PASCHOLATI, S. F. et al. Resistência Sistêmica Adquirida (SAR) x Resistência Sistêmica Induzida (ISR). In: NÚCLEO DE ESTUDOS EM FITOPATOLOGIA (Org.). **Indução de resistência: novos conceitos e aplicações**. Lavras: UFLA, 2010. p. 29-40.

- PEREIRA, S. C. et al. Aplicação foliar de silício na resistência da soja à ferrugem e na atividade de enzimas de defesa. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 164-170, 2009a.
- PEREIRA, S. C. et al. Efeito da aplicação foliar de silício na resistência à ferrugem e na potencialização da atividade de enzimas de defesa em cafeeiro. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 223-230, 2009b.
- POZZA, A. A. A. et al. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 185-188, 2004.
- POZZA, E. A.; CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M. Sintomas e injúrias causadas por doenças em cafeeiro. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; BALIZA, D. P. (Ed.). **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas**. Lavras: UFLA, 2010. p. 68-106.
- REIS, A. R. et al. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, Campinas, v. 85, n. 1, p. 163-171, 2006.
- REZENDE, P. M. et al. Adubação foliar: I., épocas de aplicação de fósforo na cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1105-1111, nov./dez. 2005.
- SALGADO, M. et al. Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha de Phoma do cafeeiro. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 422-427, 2009.
- SALGADO, M.; PFENNING, L. H. Identificação e caracterização de espécies de Phoma no Brasil. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 11., 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2000. 1 CD-ROM.
- SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-midewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 67, p. 1051-1056, 1977.

- SILVA, F. M. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos de produtividade na cultura do café. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 401-407, mar./abr. 2007.
- SILVA, S. M.; SANTOS, A. C.; LIMA, J. B. Competitividade do agronegócio do café na região Sul de Minas Gerais. **Revista de Administração da UFLA**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 1-13, jan./jun. 2001.
- SILVEIRA, R. L. F.; CRUZ JÚNIOR, J. C.; SAES, M. S. M. Uma análise da gestão de risco de preço por parte dos produtores de café arábica do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 50, n. 3, p. 397-410, jul./set. 2012.
- STANGARLIN, J. R. et al. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 18-46, 2011.
- STREIT, N. M. et al. As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 1117-1122, maio/jun. 2005.
- VALENTE, T. C. T. **Expressão gênica e atividade de catalase e fenilalanina amônia liase ativadas por indutores de resistência em cafeeiro**. 2012. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- WHITHAM, F. H.; BLAYDES, D. F.; DEVLIN, R. M. **Experiments in plant physiology**. New York: D. V. Nostrand, 1971. 58 p.
- ZUCHER, M. Induction of phenylalanine deaminase by light and its relation to chlorogenic acid synthesis in potato tuber tissue. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 40, p. 779-784, 1965.