



ADRIANO AUGUSTO DE PAIVA CUSTÓDIO

**IRRIGAÇÃO, NUTRIÇÃO MINERAL E FACE
DE EXPOSIÇÃO AO SOL NO PROGRESSO DA
FERRUGEM E DA CERCOSPORIOSE DO
CAFEIEIRO**

LAVRAS – MG

2011

ADRIANO AUGUSTO DE PAIVA CUSTÓDIO

**IRRIGAÇÃO, NUTRIÇÃO MINERAL E FACE DE EXPOSIÇÃO AO
SOL NO PROGRESSO DA FERRUGEM E DA CERCOSPORIOSE DO
CAFEIEIRO**

Tese 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 Doutor.

Orientador

Dr. Edson Ampélio Pozza

Dr. Antônio Eduardo Furtini Neto

Coorientador

Ph.D. Luiz Antônio Lima

Coorientador

LAVRAS - MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Custódio, Adriano Augusto de Paiva.

Irrigação, nutrição mineral e face de exposição ao sol no
progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro / Adriano
Augusto de Paiva Custódio. – Lavras: UFLA, 2011.

197 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Edson Ampélio Pozza.

Bibliografia.

1. *Hemileia vastatrix*. 2. *Cercospora coffeicola*. 3. *Coffea
arabica*. 4. Controle cultural. 5. Luminosidade. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.7394

ADRIANO AUGUSTO DE PAIVA CUSTÓDIO

**IRRIGAÇÃO, NUTRIÇÃO MINERAL E FACE DE EXPOSIÇÃO AO
SOL NO PROGRESSO DA FERRUGEM E DA CERCOSPORIOSE DO
CAFEIEIRO**

Tese 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 Doutor.

APROVADA em 30 de março de 2011.

Dr. Hugo Adelande de Mesquita	EPAMIG/URES
Dr. Gilberto Coelho	UFLA
Dr. Mário Sobral de Abreu	UFLA
Dr. Paulo Estevão de Souza	UFLA

Dr. Edson Ampélio Pozza
Orientador

Dr. Antônio Eduardo Furtini Neto
Coorientador

Ph.D. Luiz Antônio Lima
Coorientador

LAVRAS - MG

2011

*Ao Senhor Deus onipotente, onisciente e onipresente;
detentor de toda ciência, sabedoria e inteligência;
pela constante presença em minha vida.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Fitopatologia, pela excelente formação acadêmica, incluindo a realização do Doutorado.

Ao meu orientador, professor Edson Ampélio Pozza, pela oportunidade, ensinamentos, aconselhamentos, amizade e confiança inegáveis, durante o curso de pós-graduação.

Aos coorientadores professores Antônio Eduardo Furtini Neto e Luiz Antônio Lima, pelas oportunidades, apoio e sugestões durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos membros da banca examinadora: pesquisador Hugo Adelande de Mesquita e professores Gilberto Coelho, Mário Sobral de Abreu e Paulo Estevão de Souza, por me honrarem com sua participação, assim como pelas críticas e valiosas contribuições.

Ao professor Fernando Cezar Juliatti (LAMIP/ICIAG/UFU), pelas sugestões na revisão do trabalho.

A toda a equipe de trabalho: Alan Resende, Alexandre Canino, Aricléia Catarino, Cleilson Uchôa, Gabriel Vasco, João Wink, Leone Santos, Marcella Sousa, Mirian Silva e professor Paulo Estevão, pela enorme contribuição para a concretização desta tese.

A todos os amigos e colegas do Laboratório de Epidemiologia e Controle, pelo auxílio, companheirismo e bons momentos compartilhados ao longo dos anos.

A todos os professores do Departamento de Fitopatologia, por me corrigirem ensinando-me qual o melhor caminho a ser percorrido. Aos funcionários deste mesmo Departamento, pelo total apoio no decorrer do curso.

A todos os amigos e colegas de pós-graduação, pelos trabalhos desenvolvidos em grupo e pelo agradável convívio.

A todos os meus familiares, em especial meus irmãos Ana Paula, Alexandre, Antônio (*in memoriam*) e Anselmo, pelo amor e apoio incondicional e, principalmente, aos meus pais, José Bárbara Custódio e Ana de Paiva Custódio, pelo constante incentivo aos estudos.

A minha querida parceira Marcella, pelo seu amor, carinho, sorriso, paciência e compreensão, estando sempre ao meu lado em todos os momentos, ajudando-me a superar todas as dificuldades de forma muito mais branda.

A toda minha 'família' de Lavras, em especial a minha sogra Luíza e a minha cunhada Ana Luíza, por toda hospitalidade, acolhimento e momentos felizes proporcionados.

Aos professores Alberto Colombo e Rubens José Guimarães e ao Sr. Djalma Teixeira de Carvalho e a Sra. Lídia Castanheira de Carvalho, por todo suporte disponibilizado, cedendo suas áreas experimentais para a realização dos trabalhos descritos nos capítulos 3 e 4.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), por conceder a bolsa de estudos. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por fomentar a execução dos experimentos.

A todos os autores citados que, somente através de seus esforços e dedicação na geração dos manuscritos, puderam suportar esta pesquisa.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a concretização desta tese, assim como para meu crescimento pessoal e profissional.

MUITO OBRIGADO!

*A essência do conhecimento científico consiste em sua aplicação prática
uma vez possuído, não o possuído, confessar a sua ignorância.*

Confúcio (551-479 a.C.)

*Um homem pode imaginar coisas que são falsas, mas ele pode somente
compreender coisas que são verdadeiras, pois se as coisas forem falsas,
a noção delas não é compreensível.*

O que sabemos é uma gota, o que ignoramos é um oceano.

Isaac Newton (1642-1727 d.C.)

BIOGRAFIA

Adriano Augusto de Paiva Custódio (Gêmeo 3º), filho de Ana de Paiva Custódio e de José Bárbara Custódio, nasceu em 1º de agosto de 1982, na cidade de São Pedro da União (MG).

Concluiu o curso primário na Escola Estadual Coronel João Ferreira Barbosa, em dezembro de 1997, na cidade de São Pedro da União (MG).

Ingressou na Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho (MG) em fevereiro de 1998, concluindo o curso médio e tecnológico em dezembro de 2000.

Em agosto de 2002, ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal de Lavras (MG), obtendo o título de Engenheiro Agrônomo em fevereiro de 2007. Nesse período, desenvolveu trabalhos no Setor de Engenharia de Água e Solo.

Iniciou o curso de Mestrado em Agronomia/Fitopatologia na Universidade Federal de Lavras, em Lavras (MG), em março de 2007, concluindo-o em março de 2008.

Em março de 2008, ingressou no curso de Doutorado em Agronomia/Fitopatologia, na Universidade Federal de Lavras (MG). Durante o doutoramento, no período de outubro de 2008 a outubro de 2009, realizou, pela mesma instituição, o curso de especialização em Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas no Agronegócio. Em março de 2011 defendeu sua tese, obtendo o título de Doutor.

RESUMO

Doenças de natureza policíclica, a ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e a cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) são responsáveis por significativas perdas na cafeicultura em todas as regiões produtoras do Brasil e do mundo. A adoção de práticas culturais que atuam sobre o ambiente para reduzir a taxa de progresso da epidemia dessas enfermidades é de extrema importância, como tática de controle alternativo, diminuindo a dependência de defensivos agrícolas no campo. Dessa forma, visando à geração de informações técnico-científicas com aplicabilidade imediata, foram realizados três experimentos em campo, enfatizando a prevenção e o controle da ferrugem e da cercosporiose. No primeiro experimento, o objetivo foi avaliar o efeito de lâminas de irrigação (0%, 60%, 80%, 100%, 120% e 140% Kc) pelo método da aspersão, tipo pivô central, na epidemiologia da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro. Amostraram-se as doenças em cada face (norte e sul) de exposição da lavoura à luz solar, correspondendo aos tratamentos secundários. Maior progresso da ferrugem foi observado no tratamento não irrigado e menor, nas maiores lâminas de irrigação (100%, 120% e 140% Kc). O impacto das gotas de água promovido pelo método de irrigação por aspersão reduziu a concentração de propágulos aéreos de *Hemileia vastatrix*, resultando em menor severidade da doença na lâmina de 100% Kc. Durante todo o período de avaliação, registrou-se maior intensidade da ferrugem na face sul de exposição do cafeeiro à luz solar. De forma oposta à ferrugem, houve aumento da cercosporiose com o incremento de maiores lâminas de irrigação por pivô central, ocorrendo menor incidência da doença no tratamento não irrigado e maior nas lâminas de 100% e 140% Kc. Devido à maior luminosidade, houve também maior intensidade da cercosporiose, em folhas e frutos, para a face de exposição norte do cafeeiro. Sugere-se assim, sempre que possível, considerar a face de exposição da lavoura mais favorável às enfermidades no campo, na tomada de decisão de medidas de controle. O segundo experimento foi realizado no intuito de entender o comportamento da cercosporiose na formação do cafeeiro fertirrigado, com diferentes parcelamentos e doses de nitrogênio e de potássio. A cercosporiose do cafeeiro foi amostrada em cada face de exposição da lavoura (noroeste e sudeste), que corresponderam aos tratamentos secundários. Não foi observada influência significativa entre a interação de doses e parcelamentos de adubação, assim como de diferentes doses de adubação, de forma isolada, na incidência da cercosporiose do cafeeiro. Esse resultado pode ter ocorrido devido ao fornecimento da fertirrigação e da irrigação suplementar ter favorecido a absorção de N e K pelas plantas, resultando em maior resistência à cercosporiose. Porém, houve influência significativa dos diferentes parcelamentos de adubação nitrogenada e potássica por meio da fertirrigação na

incidência da cercosporiose. Foi verificado menor progresso da doença e maior enfolhamento das plantas, realizando doze aplicações ao ano de N e K, uma vez ao mês, por condicionar maior teor foliar de nitrogênio e níveis adequados de potássio à planta. Houve maior incidência da doença na face sudeste da lavoura, provavelmente devido à maior exposição da folhagem do cafeeiro à luz solar. A temperatura média do ar foi a variável climática que melhor se correlacionou, de forma negativa, com a cercosporiose, aos 15 e 30 dias anterior a avaliação. Dessa forma, o fornecimento de nitrogênio e potássio em doze parcelamentos via fertirrigação é uma tática de controle cultural eficaz no manejo da cercosporiose do cafeeiro em formação. No terceiro experimento, o objetivo foi estudar o progresso temporal da ferrugem e da cercosporiose, em lavoura cafeeira não irrigada, sobre diferentes níveis de Ca e de K. Para isso, quatro doses de calcário dolomítico (0, 1, 2 e 4 t ha⁻¹) e quatro doses de cloreto de potássio (0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹) foram fornecidas. A amostragem das doenças foi realizada considerando cada face de exposição predominante da lavoura (leste e oeste). Somente o progresso da ferrugem foi influenciado pelas doses de calcário dolomítico e cloreto de potássio estudadas, ocorrendo interação significativa. O menor progresso da ferrugem do cafeeiro foi obtido nas doses medianas de calcário aplicado, quando as doses de cloreto de potássio foram responsáveis por menores amplitudes na variação da intensidade da doença, reafirmando a necessidade de equilíbrio entre nutrientes. Durante todo o período experimental, pode-se observar que maiores valores de incidência e severidade da ferrugem ocorreram na face de exposição leste da lavoura e o menor, na face oeste. De forma contrária, foi registrada maior intensidade da cercosporiose na face oeste de exposição da lavoura e menor intensidade da face leste. No campo, a redução da precipitação e a temperatura média do ar proporcionaram maiores índices de ferrugem e cercosporiose, ambas aos 30 dias anteriores à avaliação das doenças.

Palavras-chave: Nutrição mineral. Irrigação. Luminosidade. Regulação. Evasão.

ABSTRACT

Multiple cycle diseases such as leaf rust (*Hemileia vastatrix*) and brown eye spot (*Cercospora coffeicola*) are responsible for significant losses in coffee production in all regions of the world. Adoption of cultural practices that can act on the environment in order to decrease the progressive expansion of such diseases is very important to avoid intensive use of pesticides. Three experiments were carried at field involving prediction and control of leaf rust and brown eye spot on coffee leaves. At the first experiment at a center pivot, the effects of different water depths (0%, 60%, 80%, 100%, 120% and 140% of crop coefficient value - Kc) were evaluated. The disease were monitored accordingly to plant exposition to North or South, expecting different effects of sun exposition on plant disease impacts. Larger leaf rust incidence was observed at non irrigated plants being the least affected those plants irrigated with 100, 120 or 140% of Kc. The water drop impact seems to have decreased the concentration of *Hemileia vastatrix*, resulting in the lowest disease severity on plants irrigated with 100% Kc. During the whole period when the disease was monitored, greater intensity was observed at those leaves exposed to South, subject to shorter sun exposition time. Oppositely, the brown eye spot was larger as the water depth applied increased, with less incidence on the non-irrigated plants compared to those with 100 or 140% Kc water depths. Also due to larger sun exposition, leaves and fruits were more attacked when exposed to North. Sun exposition should be considered, therefore, when monitoring these diseases in coffee fields. The second experiment was carried to understand the fate of brown eye spot on plants drip irrigated that received fertigation with different levels of Nitrogen and Potassium. Brown eye spot was evaluated on plants exposed to Northwest and Northeast directions. Significant attacks were not observed on interaction of rates and frequency of fertilization on brown eye spot occurrence. This can be attributed, possibly, to the fact that better fertilized, the plants were more resistant to the brown eye spot disease. Significant influence was observed, however, on the different frequencies of application of Nitrogen and Potassium through fertigation. Lower brown eye spot incidence was observed when these nutrients were applied once a month, during the whole year. Larger disease incidence was observed on those plants exposed to southeast direction. Air temperature was the variable that best correlated, negatively, with brown eye leaf spot monitored at 15 and 30 days after temperature was measured. Therefore, Nitrogen and Potassium supply monthly seems to control the disease on coffee plants. The third experiment was carried to evaluate the time evolution of leaf rust and brown eye spot diseases at non irrigated coffee plants, subject to different levels of Calcium and Potassium. Thus, four levels of dolomitic lime were applied (0, 1, 2 and 4 ton ha⁻¹) as well

as four Potassium Chloride rates (0, 100, 200 and 400 Kg ha⁻¹). Disease sampling was evaluated according to exposition direction (East and West). Only leaf rust progress was influenced by lime or Potassium levels, with significant interaction. Smaller rust progress was observed when medium levels of lime were applied and when Potassium Chloride were responsible for smaller amplitudes of intensity variation of the disease, establishing the necessity of nutrient equilibrium. During the whole period, larger rust incidence and severity occurred at east side of plants and smaller on west. On the other hand, larger brown eye spot intensity occurred at west face and smaller on the east face. At field, decreases in temperature and precipitation observed 30 days in advance, resulted in lower levels of rust and brown eye spot diseases.

Key-words: Mineral nutrition. Irrigation. Luminosity. Regulation. Escape.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1 Ferrugem (*Hemileia vastatrix*) em folha de cafeeiro no campo (A) e sob microscopia eletrônica de varredura (B). UFLA, Lavras, MG, 2011 30
- Figura 2 Cercosporiose do cafeeiro em folhas e frutos (A) e *Cercospora coffeicola* sob microscopia eletrônica de varredura (B). UFLA, Lavras, MG, 2011 35

CAPÍTULO 2

- Figura 1 Imagem de satélite (A) e vista parcial do campo experimental (B). UFLA, Lavras, MG, 2011. (A) Fonte: <http://earth.google.com> 69
- Figura 2 Equipamento para coleta de esporo instalado na lavoura cafeeira, antes (A) e após (B) a irrigação por pivô central com lâmina de 100% Kc (AT4). UFLA, Lavras, MG, 2011 76
- Figura 3 Grau de enfolhamento das parcelas experimentais não irrigada (AT1) e irrigada por pivô central com lâmina de 100% Kc (AT4). UFLA, Lavras, MG, 2011 89

CAPÍTULO 3

- Figura 1 Vista parcial do campo experimental (A) e severos sintomas da cercosporiose em folhas do cafeeiro na lavoura (B). UFLA, Lavras, MG, 2011 126

CAPÍTULO 4

- Figura 1 Imagem de satélite (A) e vista parcial (B) do campo experimental. UFLA, Lavras, MG, 2011. (A) Acessado em: <http://earth.google.com> 158

LISTA DE GRÁFICOS

CAPÍTULO 2

Gráfico 1	Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) na incidência da ferrugem (<i>Hemileia vastatrix</i>) do cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>), sob diferentes lâminas de irrigação por pivô central. UFLA, Lavras, MG, 2011	78
Gráfico 2	Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) na severidade da ferrugem (<i>Hemileia vastatrix</i>) do cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>), em cada face de exposição da planta (norte e sul), sob diferentes lâminas de irrigação por pivô central. UFLA, Lavras, MG, 2011.....	79
Gráfico 3	Concentração de urediniosporos de <i>Hemileia vastatrix</i> em cafeeiro irrigado por pivô central, no período de abril a julho de 2009. UFLA, Lavras, MG, 2011	83
Gráfico 4	Severidade da ferrugem (<i>Hemileia vastatrix</i>) em cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) irrigado por pivô central, no período de abril a julho de 2009. UFLA, Lavras, MG, 2011	83
Gráfico 5	Média das variáveis climatológicas entre as avaliações da ferrugem do cafeeiro, no período de março a setembro de 2009. UFLA, Lavras, MG, 2011	86
Gráfico 6	Área abaixo da curva do progresso do enfolhamento (AACPE) do cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) irrigado por pivô central, no período de abril a julho de 2009. UFLA, Lavras, MG, 2011	88
Gráfico 7	Produtividade (sacas ha ⁻¹) do cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) irrigado por pivô central, na safra referente ao ano agrícola 2008/2009. UFLA, Lavras, MG, 2011	90
Gráfico 8	Curva do progresso da incidência da ferrugem (<i>Hemileia vastatrix</i>) em cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) irrigado sob pivô central, quanto à face de exposição das plantas (norte e sul) e à média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011.....	93
Gráfico 9	Curva do progresso da severidade da ferrugem (<i>Hemileia vastatrix</i>) em cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) irrigado sob pivô central, quanto à face de exposição das plantas (norte e sul) e à média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011.....	94
Gráfico 10	Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) na incidência da ferrugem (<i>Hemileia vastatrix</i>) em cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) irrigado por pivô central, quanto à face de exposição norte e sul da planta. UFLA, Lavras, MG, 2011	97

Gráfico 11	Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) na incidência da cercosporiose (<i>Cercospora coffeicola</i>) em cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) sob diferentes lâminas de irrigação por pivô central. UFLA, Lavras, MG, 2011.....	99
Gráfico 12	Curva do progresso da incidência da cercosporiose (<i>Cercospora coffeicola</i>) em cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) irrigado sob pivô central quanto à face de exposição das plantas (norte e sul) e à média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011	105
Gráfico 13	Curva do progresso da severidade da cercosporiose (<i>Cercospora coffeicola</i>) em cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) irrigado sob pivô central, quanto à face de exposição das plantas (norte e sul) e à média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011	106
Gráfico 14	Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para incidência e severidade da cercosporiose (<i>Cercospora coffeicola</i>) em cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) irrigado por pivô central quanto à face de exposição norte e sul da planta. UFLA, Lavras, MG, 2011.....	109
Gráfico 15	Incidência em porcentagem da cercosporiose (<i>Cercospora coffeicola</i>) em frutos de café (<i>Coffea arabica</i>) localizados no terço mediano da planta, em cada face de exposição (norte e sul), em lavoura irrigada por pivô central. UFLA, Lavras, MG, 2011 .	109

CAPÍTULO 3

Gráfico 1	Incidência (AACPD) da cercosporiose (<i>Cercospora coffeicola</i>) em cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) fertirrigado sobre diferentes parcelamentos de adubação com nitrogênio e potássio. UFLA, Lavras, MG, 2011.....	133
		137
Gráfico 2	Curva do progresso da incidência da cercosporiose (<i>Cercospora coffeicola</i>) em cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) fertirrigado com quatro parcelamentos de adubação, quanto à face de exposição noroeste e sudeste da planta e à média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011.....	137
Gráfico 3	Curva do progresso da incidência da cercosporiose (<i>Cercospora coffeicola</i>) em cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) fertirrigado com doze parcelamentos de adubação, quanto à face de exposição noroeste e sudeste da planta e à média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011.....	138
Gráfico 4	Variáveis climatológicas entre avaliações, no período de fevereiro de 2009 a janeiro de 2010. UFLA, Lavras, MG, 2011..	140

Gráfico 5	Incidência da cercosporiose (<i>Cercospora coffeicola</i>) em cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) fertirrigado, quanto à face de exposição noroeste e sudeste da planta. UFLA, Lavras, MG, 2011	144
Gráfico 6	Enfolhamento do cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) fertirrigado sobre diferentes parcelamentos de adubação com nitrogênio e potássio. UFLA, Lavras, MG, 2011	145
Gráfico 7	Curva do progresso do enfolhamento do cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) fertirrigado com quatro e doze parcelamentos de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2011	146

CAPÍTULO 4

Gráfico 1	Incidência da ferrugem (AACPD) em lavoura cafeeira, no período de dezembro de 2008 a novembro de 2009, sobre diferentes níveis de calcário e de cloreto de potássio fornecido no campo. UFLA, Lavras, MG, 2011	163
Gráfico 2	Severidade da ferrugem (<i>Hemileia vastatrix</i>) em lavoura cafeeira (<i>Coffea arabica</i>), no período de dezembro de 2008 a novembro de 2009, sobre diferentes níveis de cloreto de potássio fornecido no campo. UFLA, Lavras, MG, 2011	165
Gráfico 3	Severidade da ferrugem (<i>Hemileia vastatrix</i>) em lavoura cafeeira (<i>Coffea arabica</i>), no período de dezembro de 2008 a novembro de 2009, sobre diferentes níveis de calcário fornecido no campo. UFLA, Lavras, MG, 2011	165
Gráfico 4	Curva do progresso da incidência da ferrugem (<i>Hemileia vastatrix</i>) em cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) sobre diferentes níveis de calcário e de cloreto de potássio, na face de exposição das plantas leste e oeste e a média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011.....	169
Gráfico 5	Curva do progresso da severidade da ferrugem (<i>Hemileia vastatrix</i>) em cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) sobre diferentes níveis de calcário e de cloreto de potássio, na face de exposição das plantas leste e oeste e a média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011.....	170
Gráfico 6	Variáveis climatológicas entre avaliações, no período de dezembro de 2008 a novembro de 2009. UFLA, Lavras, MG, 2011	171
Gráfico 7	Incidência e severidade (AACPD) da ferrugem (<i>Hemileia vastatrix</i>) em lavoura cafeeira (<i>Coffea arabica</i>) de sequeiro, quanto à face de exposição leste e oeste da planta, no período de dezembro de 2008 a novembro de 2009. UFLA, Lavras, MG, 2011	174

Gráfico 8	Curva do progresso da incidência da cercosporiose (<i>Cercospora coffeicola</i>) em folhas de cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) sobre diferentes níveis de calcário e de cloreto de potássio, na face de exposição das plantas leste e oeste e a média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011	177
Gráfico 9	Curva do progresso da severidade da cercosporiose (<i>Cercospora coffeicola</i>) em folhas de cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) sobre diferentes níveis de calcário e de cloreto de potássio, na face de exposição das plantas leste e oeste e a média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011	178
Gráfico 10	Incidência e severidade (AACPD) da cercosporiose (<i>Cercospora coffeicola</i>) em lavoura cafeeira (<i>Coffea arabica</i>) de sequeiro quanto à face de exposição leste e oeste da planta, no período de dezembro de 2008 a novembro de 2009. UFLA, Lavras, MG, 2011	181

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Correlação entre a concentração de urediniósporos de <i>Hemileia vastatrix</i> em duas lâminas de irrigação (não irrigado e irrigado) e a severidade da ferrugem do cafeeiro, após três períodos. UFLA, Lavras, MG, 2011.....	85
Tabela 2	Correlação entre as variáveis climáticas temperatura média (T °C), umidade relativa do ar (UR%), precipitação (PP mm) e insolação (Ins horas/dia) com a severidade da ferrugem do cafeeiro, em duas lâminas de irrigação (não irrigado e irrigado), após três períodos. UFLA, Lavras, MG, 2011	85
Tabela 3	Correlação entre a concentração de urediniósporos de <i>Hemileia vastatrix</i> com as variáveis climáticas temperatura média (T °C), umidade relativa do ar (UR%), precipitação (PP mm) e insolação (Ins horas/dia), em duas lâminas de irrigação (não irrigado e irrigado), anteriores a três períodos. UFLA, Lavras, MG, 2011	87
Tabela 4	Correlação entre a incidência e a severidade da ferrugem (<i>Hemileia vastatrix</i>) do cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) com as variáveis climáticas temperatura média (T °C), umidade relativa do ar (UR%), precipitação (PP mm) e insolação (Ins horas/dia) e lâminas de irrigação (L.I.), anteriores a três períodos (P.). UFLA, Lavras, MG, 2011.....	96
Tabela 5	Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para severidade da cercosporiose (<i>Cercospora coffeicola</i>) do cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) sob diferentes lâminas de irrigação por pivô central. UFLA, Lavras, MG, 2011	102
Tabela 6	Incidência (%) da cercosporiose (<i>Cercospora coffeicola</i>) em frutos de café (<i>Coffea arabica</i>), localizados no terço superior e mediano da planta sob diferentes lâminas de irrigação por pivô central. UFLA, Lavras, MG, 2011	102
Tabela 7	Correlação entre a incidência e a severidade da cercosporiose (<i>C. coffeicola</i>) do cafeeiro (<i>C. arabica</i>) com as variáveis climáticas temperatura média (T °C), umidade relativa do ar (UR%), precipitação (PP mm) e insolação (Ins horas/dia) e as diferentes lâminas de irrigação (L.I.), anteriores a três períodos (P.). UFLA, Lavras, MG, 2011.....	107

CAPÍTULO 3

Tabela 1	Incidência (AACPD) da cercosporiose (<i>Cercospora coffeicola</i>) em cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) fertirrigado, sobre diferentes doses de adubação (% recomendação). UFLA, Lavras, MG, 2011	131
Tabela 2	Média anual do teor foliar de N e K em cada dose de adubação (% recomendação) e época do ano, em cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) fertirrigado com quatro e doze parcelamentos. Fonte: Sobreira (2010) *. UFLA, Lavras, MG, 2011.....	135
Tabela 3	Correlação entre a incidência da cercosporiose (<i>Cercospora coffeicola</i>) do cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) com as variáveis climáticas temperatura média (T °C), umidade relativa do ar (UR%), precipitação (PP mm) e insolação (Ins horas/dia) com diferentes doses de adubação (% da recomendação), anteriores a três períodos (P.). UFLA, Lavras, MG, 2011	142
Tabela 4	Correlação entre a incidência da cercosporiose (<i>Cercospora coffeicola</i>) do cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) com as variáveis climáticas temperatura média (T °C), umidade relativa do ar (UR%), precipitação (PP mm) e insolação (Ins horas/dia) com diferentes parcelamentos de adubação (% da recomendação), anteriores a três períodos (P.). UFLA, Lavras, MG, 2011	142
Tabela 5	Enfolhamento do cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>) fertirrigado sobre diferentes doses de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2011	145

CAPÍTULO 4

Tabela 1	Correlação entre a incidência da ferrugem (<i>H. vastatrix</i>) do cafeeiro (<i>C. arabica</i>) com as variáveis climáticas temperatura média (T °C), umidade relativa do ar (UR%), precipitação (PP mm) e insolação (Ins horas/dia) com a interação dos diferentes níveis de cloreto de potássio (kg ha ⁻¹) e calcário (T ha ⁻¹), anteriores a três períodos (P.). UFLA, Lavras, MG, 2011	172
Tabela 2	Correlação entre a severidade da ferrugem (<i>H. vastatrix</i>) do cafeeiro (<i>C. arabica</i>) com as variáveis climáticas temperatura média (T °C), umidade relativa do ar (UR%), precipitação (PP mm) e insolação (Ins horas/dia) com diferentes níveis de cloreto de potássio (kg ha ⁻¹) e calcário (T ha ⁻¹), anteriores a três períodos (P.). UFLA, Lavras, MG, 2011	173
Tabela 3	Incidência e severidade da cercosporiose (<i>Cercospora coffeicola</i>) em lavoura cafeeira (<i>Coffea arabica</i>) submetida a níveis de calcário e de cloreto de potássio, no período de dezembro de 2008 a novembro de 2009. UFLA, Lavras, MG, 2011	176

Tabela 4 Correlação entre a incidência e a severidade da cercosporiose (*C. coffeicola*) do cafeeiro (*C. arabica*) com as variáveis climáticas temperatura média (T °C), umidade relativa do ar (UR%), precipitação (PP mm) e insolação (Ins horas/dia) com diferentes níveis de cloreto de potássio (KCl kg ha⁻¹) e calcário (CaCO₃ T ha⁻¹), anteriores a três períodos (P.). UFLA, Lavras, MG, 2011..... 180

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 Irrigação, nutrição mineral e face de exposição ao sol no progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro	23
1	INTRODUÇÃO GERAL	23
2	REFERENCIAL TEÓRICO	26
2.1	<i>Coffea arabica</i> Lineu, 1753.....	26
2.2	Ferrugem do cafeeiro: etiologia, sintomatologia e epidemiologia	28
2.3	Cercosporiose do cafeeiro: etiologia, sintomatologia e epidemiologia	33
2.4	Influência da irrigação como fator ambiental nas doenças do cafeeiro.....	38
2.5	Influência da nutrição mineral como fator ambiental nas doenças do cafeeiro	43
	REFERÊNCIAS	50
	CAPÍTULO 2 Aspectos epidemiológicos da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro irrigado por pivô central	64
1	INTRODUÇÃO	67
2	MATERIAL E MÉTODOS	69
2.1	Campo experimental	69
2.2	Delineamento do campo experimental.....	70
2.3	Sistema e manejo da irrigação.....	70
2.4	Variáveis climatológicas.....	71
2.5	Avaliação das doenças.....	72
2.6	Enfolhamento do cafeeiro	73
2.7	Área abaixo da curva de progresso da doença e do enfolhamento... 74	
2.8	Aerobiologia de propágulos de <i>Hemileia vastatrix</i> e <i>Cercospora coffeicola</i>	74
2.9	Produtividade do cafeeiro irrigado	76
2.10	Tratos culturais.....	76
2.11	Análise estatística.....	77
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
3.1	Ferrugem do cafeeiro	78
3.2	Cercosporiose do cafeeiro	98
4	CONCLUSÕES	111
	REFERÊNCIAS	112
	CAPÍTULO 3 Cercosporiose na formação do cafeeiro fertirrigado	121
1	INTRODUÇÃO	124
2	MATERIAL E MÉTODOS	126
2.1	Campo experimental	126

2.2	Delineamento do campo experimental	127
2.3	Sistema e manejo da irrigação	128
2.4	Variáveis climatológicas	128
2.5	Avaliação da cercosporiose e do enfolhamento	129
2.6	Tratos culturais	130
2.7	Análise estatística	130
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	131
3.1	Cercosporiose do cafeeiro	131
3.2	Enfolhamento do cafeeiro	144
4	CONCLUSÕES	148
	REFERÊNCIAS	149
	CAPÍTULO 4 Progresso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro submetido a níveis de cálcio e de potássio	154
1	INTRODUÇÃO	156
2	MATERIAL E MÉTODOS	158
2.1	Campo experimental	158
2.2	Delineamento experimental	159
2.3	Variáveis climatológicas	159
2.4	Avaliação das doenças	160
2.5	Área abaixo da curva de progresso da doença	161
2.6	Tratos culturais	161
2.7	Análise estatística	162
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	163
3.1	Ferrugem do cafeeiro	163
3.2	Cercosporiose do cafeeiro	175
4	CONCLUSÕES	183
	REFERÊNCIAS	184
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	189
	APÊNDICES	191

CAPÍTULO 1

Irrigação, nutrição mineral e face de exposição ao sol no progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o maior produtor mundial de café, com participação, na safra 2010/2011, estimada em 47,2 milhões de sacas de 60 kg do produto beneficiado (35,87% da produção mundial), produzido em 2,1 milhões de hectares. Além disso, o país é o segundo maior mercado consumidor. Assim, a cultura do cafeeiro tem grande importância sócio-econômica para o país, sendo o estado de Minas Gerais responsável por cerca de 50% da produção nacional e a região sul aquela em que está localizada a maior área plantada (AGRIANUAL, 2011).

A região sul do estado de Minas Gerais tem índices pluviométricos favoráveis à cultura. Entretanto, em trabalhos recentes, concluiu-se que, devido a adversidades climáticas em épocas específicas e à demanda crescente para se obter incrementos de produtividade e da qualidade do café, a técnica da irrigação nessa região é economicamente recomendada aos cafeicultores (LIMA; CUSTÓDIO; GOMES, 2008; COELHO et al., 2009). Apesar dos benefícios, o cultivo em sistema irrigado pode influenciar a intensidade de doenças, como a ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berkeley e Broome) e a cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berkeley e Cooke) do cafeeiro, ocasionando perdas na lavoura (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010). A presença da água fornecida por irrigação, principalmente a do tipo aspersão, pode modificar o microclima da lavoura, com aumento do período de molhamento foliar e da umidade relativa e redução da temperatura na copa do cafeeiro. Tal modificação

do microclima não ocorre em áreas irrigadas por gotejamento (ROTEM; PALTÍ, 1969; XIAO; SUBBARAO, 2000).

Vários outros fatores do ambiente são relatados por pesquisadores como componentes responsáveis por doenças na cafeicultura. Citam-se, entre eles, o tipo de sistema de plantio, o período de molhamento foliar e a intensidade luminosa, a textura e a fertilidade do solo e, por consequência, a nutrição mineral das plantas. Com isso, observa-se que a ferrugem e a cercosporiose do cafeeiro dependem de uma ampla gama de fatores, responsáveis por incrementar essas doenças.

Apesar dos estudos e das hipóteses já formuladas, existem ainda indagações que devem ser esclarecidas sobre a influência dos fatores ambientais mencionados interagindo nos processos epidêmicos. Entre essas indagações, destacam-se os nutrientes minerais, extensamente utilizados na cafeicultura, em todo o país. Além disso, a nutrição mineral de plantas está diretamente relacionada à intensidade de doenças, sendo um fator ambiental passível de ser manipulado (DATNOFF; ELMER; HUBER, 2007). Isso ocorre porque a nutrição mineral de plantas, quando manejada corretamente, pode ser utilizada como complemento ou método alternativo na redução e no controle de enfermidades, por proporcionar às plantas maior resistência ou tolerância às doenças. Associa-se a isso a menor dependência de defensivos agrícolas no sistema.

Pesquisas já relacionaram alguns efeitos da irrigação e da nutrição mineral na intensidade da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro. Porém, escassos são os trabalhos nos quais são feitos relatos da influência dos métodos de irrigação utilizados e de doses e parcelamentos de nutrientes fornecidas no campo.

A produtividade de uma cultura é fortemente influenciada pelo suprimento de água e de nutrientes minerais. Justifica-se, assim, obter

informações nessa linha de pesquisa, na maior região produtora de café do mundo, o sul do estado de Minas Gerais, no Brasil. Pretendeu-se elaborar estratégias para reduzir perdas ao cafeicultor, com um manejo eficaz da água de irrigação e dos fertilizantes, o que refletirá na redução de impactos ambientais, melhor posicionamento de fungicida e maior sustentabilidade do agroecossistema.

De acordo com o apresentado, esta pesquisa foi desenvolvida em três lavouras cafeeiras no município de Lavras, MG, com os seguintes objetivos:

- a) descrever a epidemiologia da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro irrigado por aspersão tipo pivô central, sob diferentes lâminas de água;
- b) avaliar a incidência da cercosporiose na formação do cafeeiro fertirrigado, sobre diferentes parcelamentos e doses de nitrogênio e de potássio;
- c) estudar o progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro sobre diferentes níveis de cálcio e de potássio fornecidos no campo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Coffea arabica* Lineu, 1753

Carvalho (1956) afirma que informações quanto ao número de espécies de café existentes em todo o mundo são incertas, porém, possivelmente seja maior do que cem. Tais espécies são de extrema importância na utilização em programas de melhoramento genético, pois algumas podem apresentar características favoráveis de resistência a fatores bióticos e abióticos (CARVALHO, 1956).

O cafeeiro pertence à família rubiácea, sendo o subgrupo *Erythrocoffea*, do grupo *Eucoffea*, o de maior importância econômica por compreender as espécies *Coffea arabica* Lineu (café arábica) e *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (café robusta), que possuem cafeína e são as mais cultivadas em todo o mundo (KRUG; MENDES; CARVALHO, 1939; CARVALHO, 1952). Juntas, estas espécies dominam o mercado de café, respondendo por cerca de 99% de toda a produção mundial; o consumo de café arábica está em torno de 70% (DAMATTA; RAMALHO, 2006).

Em 1753, Carlos Lineu, criador da nomenclatura binomial (ou binária), descreveu a espécie *Coffea arabica* utilizando como modelo a variedade ‘Típica’, também conhecida por ‘Nacional’, ‘Comum’, ‘Sumatra’ ou ‘Arábica’. As plantas caracterizam-se por serem de porte arbustivo ou arbóreo, podendo atingir até 4,0 m e apresentam uma raiz principal amplamente ramificada nas primeiras camadas de solo. A espécie tem caule lenhoso e lignificado, ramos laterais longos e flexíveis que crescem horizontalmente, denominados plagiotrópicos e um ramo principal que cresce verticalmente, denominado ortotrópico (RENA; MAESTRI, 1986; MELO; BARTHOLO; MENDES, 1998).

O cafeeiro (*Coffea arabica*) é originário das regiões altas da Etiópia (Cafa e Enária), no continente africano, podendo ser a região de Cafa responsável pela origem do nome café. É uma planta de sub-bosque, de nome 'café', sendo este nome também designado ao fruto, à semente, à bebida e aos estabelecimentos que a comercializam (GRANER; GODOY JÚNIOR, 1967).

A espécie *Coffea arabica* é nativa das florestas tropicais da Etiópia, Quênia e Sudão, em altitudes de 1.500 a 2.800 m. Nesta região, a temperatura média do ar situa-se entre 18° e 22°C, com precipitação de 1.600 a 2.000 mm (CAMARGO, 2010). Entretanto, de acordo com Camargo (1985), para o café arábica, a amplitude térmica do ar anual considerada ótima situa-se entre 18° e 23°C. Acima dessa temperatura, o amadurecimento do fruto é acelerado, levando, muitas vezes, à perda de qualidade.

O café arábica é cultivado em mais de 80% dos países produtores, sendo mais difundido no continente americano (CAMARGO, 2010). No Brasil, o cultivo de café arábica é amplamente realizado, sendo adaptado e generalizado para pleno sol devido às altas latitudes (19° a 24° Sul) e altitudes mais baixas (500 a 1.300 m) que do local de origem (FAZUOLI et al., 2007). Atualmente, os seis principais estados produtores de café são, na seguinte ordem: Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia e Paraná. Na safra 2010/2011, foram estimados 73% da produção nacional provenientes de lavouras formadas com cultivares de *Coffea arabica* e 27% de cultivares da espécie *Coffea canephora* (AGRIANUAL, 2011).

Nas condições tropicais brasileiras, a espécie *C. arabica* possui seis fases fenológicas, vegetativas e reprodutivas, que ocorrem de forma simultânea durante 24 meses (CAMARGO; CAMARGO, 2001). São elas: vegetação e formação das gemas vegetativas (1ª fase); indução, crescimento e dormência das gemas florais (2ª fase); florada, chumbinho e expansão dos frutos (3ª fase);

granação dos frutos (4ª fase); maturação dos frutos (5ª fase) e repouso e senescência dos ramos terciários e quaternários (6ª fase).

No Brasil, entre as variedades de cafeeiro arábica extensamente cultivadas, podem-se citar a Rubi, a Catiguá e a Catuaí Amarelo. A cultivar Rubi – MG 1192 é resultado do cruzamento entre os cafeeiros Catuaí e Mundo Novo. Essa cultivar apresenta porte baixo (2,0 a 2,5 m), arquitetura compacta com diâmetro de copa médio (1,8 m), bom vigor vegetativo e produtivo, com brotações terminal bronze, além de frutos maduros vermelhos (MELO; BARTHOLO; MENDES, 1998; FAZUOLI, 1986).

A cultivar Catiguá – MG 3 é suscetível à cercosporiose do cafeeiro e resistente às raças predominantes de *Hemileia vastatrix*, agente etiológico da ferrugem. Essa cultivar apresenta porte baixo (2,0 a 2,5 m), arquitetura cônica com ramificações secundárias abundantes, bom vigor vegetativo e produtivo, com brotações terminal bronze e frutos vermelhos. A denominação Catiguá refere-se ao nome original da cidade de Patrocínio, localizado no oeste de Minas Gerais (SILVA; REZENDE; BOTELHO, 2010; OLIVEIRA; PEREIRA, 2008).

A cultivar Catuaí Amarelo resultou do cruzamento artificial dos cafeeiros Caturra Amarelo e Mundo Novo, em 1949, com distribuição de sementes a partir do ano de 1964. Essa cultivar apresenta porte baixo (2,0 a 2,5 m), arquitetura compacta, bom vigor vegetativo e produtivo, com brotações terminal verde e frutos amarelos (CARVALHO; MÔNACO, 1972; FAZUOLI, 1986; MELO; BARTHOLO; MENDES, 1998).

2.2 Ferrugem do cafeeiro: etiologia, sintomatologia e epidemiologia

Doença de etiologia fúngica, a ferrugem é conhecida desde 1869, na Ásia e na África (KUSHALAPPA; ESKEs, 1989). É, sem dúvida, considerada a mais limitante e devastadora enfermidade do cafeeiro (RAYNER, 1972;

McCOOK, 2006). Segundo Wellman (1970), foi constatada, pela primeira vez no Brasil, em 1970 e encontrada em todos os países latinos cafeicultores, em 1984 (KUSHALAPPA; ESKES, 1989).

Ward (1882b) descreveu pela primeira vez o agente etiológico, o fungo *Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome, estabelecendo a ferrugem do cafeeiro como uma doença clássica (Figura 1A). Porém, o nome do patógeno foi estabelecido, adequadamente, pelo respeitado inglês Berkeley e seu assistente Broome (BERKELEY; BROOME, 1869). Essa espécie é um parasita celular obrigatório (biotrófico), pertencente ao Reino Fungi, Filo Basidiomycota, Ordem Uredinales e Família Chaconiaceae. A fase sexuada do patógeno é formada por teliósporos com curtos pedicelados unicelulares, télio em forma de pústula com teliósporos produzidos em basídios externos. Os urediniósporos (fase assexuada) são formados em urédias supraestomacais, podendo ocasionar a ruptura da epiderme vegetal. Conforme se pode observar na Figura 1B, o formato dos urediniósporos é tipicamente reniforme, sendo metade da superfície côncava e equinulada e a outra, convexa e lisa (CUMMINS; HIRATSUKA, 1983; INDEXFUNGORUM, 2011). São relatados na Etiópia urediniósporos de *Hemileia vastatrix* com dimensões mínimas e máximas, respectivamente, de 29,7 µm x 18,9 e 34,5 µm x 23,7 (HINDORF; OMONDI, 2010).

Conforme Rayner (1961; 1972), a fonte de inóculo é constituída de folhas com lesões infectadas, que formam os urediniósporos responsáveis pela ocorrência de epidemias no campo. A confirmação autêntica da primeira ocorrência de teliósporos (fase sexuada) do patógeno no Brasil foi reportada por Fernandes; Evans; Barreto (2009).

A presença de água no estado líquido, na forma de molhamento foliar, é fator indispensável para a germinação do patógeno, que penetra nos estômatos (WARD, 1882b), situados na face abaxial das folhas (McCain; HENNEN,

1984). Porém, são necessárias, ao menos, 48 horas de molhamento foliar para que ocorra a infecção no hospedeiro (WARD, 1882b).

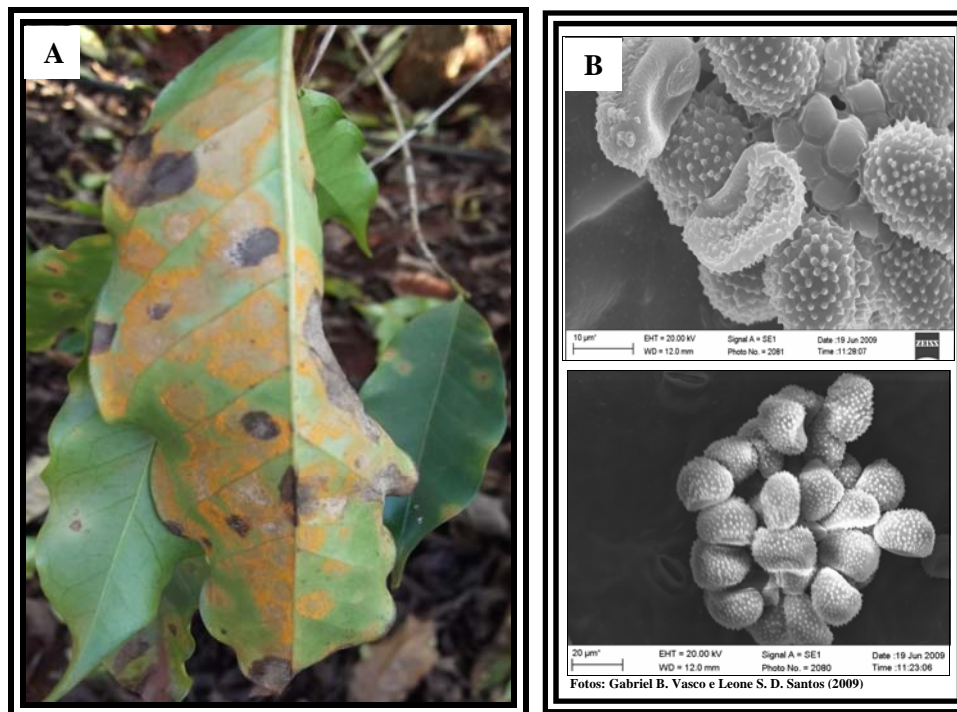


Figura 1 Ferrugem (*Hemileia vastatrix*) em folha de cafeeiro no campo (A) e sob microscopia eletrônica de varredura (B). UFLA, Lavras, MG, 2011

Sob condições ideais, essa germinação pode ocorrer entre 3 a 6 horas, com temperatura ótima de 22,0°C e baixa luminosidade. Ainda, o intervalo de tempo que melhor favorece o processo de infecção ocorre entre às 22 e às 8 horas, principalmente com presença de molhamento foliar durante a noite (RAYNER, 1961, 1972). No campo, a baixa luminosidade ocorre, principalmente, em lavouras estabelecidas em locais sombreados (STAVER et al., 2001).

A influência da temperatura, da umidade e da luminosidade foi também objeto de estudo de Saccas e Charpentier (1971), que fizeram comparações de estudos *in vitro* com o que possivelmente pode ocorrer *in situ*. Os autores afirmam que temperatura ótima entre 22,0° a 24,0°C, presença de uma camada de água e ausência de luz favorecem a germinação dos urediniósporos de *H. vastatrix*.

Resultados semelhantes foram obtidos por Montoya e Chaves (1974). Segundo estes autores, na ausência de luz ou com pouca luminosidade e a temperatura ótima de 23,7°C, houve maiores porcentagens de germinação dos urediniósporos, resultando em períodos de latência mais curtos e, assim, um ciclo mais rápido da doença. Dessa forma, observa-se que o estudo dos fatores climáticos associados ao comportamento do patógeno pode auxiliar na compreensão da ocorrência de epidemias em campo, permitindo aplicações de medidas de controle adequadas (MONTROYA; CHAVES, 1974).

Ward (1882a) caracterizou a aparência externa de uma folha intensamente afetada pela ferrugem do cafeeiro, correspondendo ao modo típico de desenvolvimento dos “sintomas” (o que corresponde aos sinais do patógeno), a exemplo da Figura 1A, que podem ser resumidos como se segue.

Inicialmente, ocorre o surgimento de pequenas manchas levemente amarelas na face inferior da folha, de formato tendendo a circular, espalhando-se por centrifugação a partir de um ponto. Em poucos dias, formam-se corpos granulares pulverulentos de coloração vermelho-alaranjada da “ferrugem”, correspondendo aos esporos desenvolvidos pelo micélio do fungo interno na folha. Com o passar do tempo, a cor amarela torna-se mais escura, apresentando uma tonalidade marrom no centro da lesão, devido à destruição da célula vegetal, resultando, posteriormente, em uma coloração marrom-escura, devido à morte de todo o tecido da área afetada.

As perdas de produção na lavoura atribuídas a essa doença devem-se, basicamente, à desfolha prematura, que reduz a área fotossintética da planta, com conseqüente morte dos ramos plagiotrópicos (GREE, 1993). Nutman e Roberts (1970) reportaram que apenas uma pústula por folha pode ocasionar a sua queda. Após a queda das folhas velhas, as folhas novas são afetadas (SCHIEBER, 1972). Desfolhas prematuras e sucessivas da planta reduzem a vida útil da lavoura, tornando o seu cultivo antieconômico, comprometendo a safra futura (SCHIEBER, 1972; CARVALHO; CHALFOUN, 1998). Embora não seja uma situação comum encontrada em campo, já foi registrada, segundo Schieber (1975), a esporulação de *Hemileia vastatrix* em frutos de café, principalmente na espécie *Coffea liberica* originária da Libéria, pertencente ao subgrupo *Pachycoffea*, do grupo *Eucoffea*.

Zadoks e Schein (1979) afirmam que epidemias de doenças de plantas podem ser consideradas sistemas biológicos constituídos de complexos e interligados processos epidemiológicos. Dessa forma, existem processos policíclicos em que cada um deles é constituído de uma série de processos monocíclicos, na qual são realizados subprocessos acíclicos e subprocessos (ZADOKS; SCHEIN, 1979). Kushalappa e Eskes (1989) citam que, para *Hemileia vastatrix*, três subprocessos podem ser reconhecidos: a infecção (germinação, penetração e colonização), a esporulação e a disseminação (liberação, dispersão e deposição) do patógeno.

O hospedeiro e os fatores ambientais que influenciam a epidemia podem ser compreendidos estudando seus efeitos pelo desenvolvimento de submodelos para cada subprocesso individual, sob condições ambientais controladas. Dessa forma, o manejo da epidemia pode ser realizado diretamente, controlando-se cada subprocesso ou indiretamente, pela manipulação dos fatores que influenciam esses subprocessos, reduzindo a taxa de progresso da doença (ZADOKS; SCHEIN, 1979).

O progresso da ferrugem está relacionado a diversos fatores que influenciam o cafeeiro (hospedeiro), o patógeno (*Hemileia vastatrix*) e o ambiente. Podem ser exemplificados, entre outros, os fatores relativos:

- a) ao hospedeiro: a densidade de plantio (CARVALHO; CHALFOUN, 1998; PAIVA et al., 2011), o sistema de plantio (SOTO-PINTO et al., 2002; SALGADO et al., 2007), a carga pendente da lavoura (SILVA-ACUÑA et al. 1994; CARVALHO et al., 2001; COSTA; ZAMBOLIM; RODRIGUES, 2006; MEIRA; RODRIGUES; MORAES, 2008) e o nível de suscetibilidade das cultivares (CARVALHO, 1956; OLIVEIRA; PEREIRA, 2008);
- b) ao patógeno: principalmente a raças e o nível de inóculo (FLOR, 1971; RODRIGUES JÚNIOR; BETTENCOURT; RIJO, 1975; KUSHALAPPA; ESKES, 1989);
- c) ao ambiente: a textura, a fertilidade do solo e a presença de minerais úteis (FIGUEIREDO; HIROCE; OLIVEIRA, 1976; AVELINO; WILLOCQUET; SAVARY, 2004; MARTINATI et al., 2008; ALVES et al., 2009), a água de irrigação (CARVALHO, 1998; TALAMINI et al., 2001, 2003; BOLDINI, 2001; MIRANDA et al., 2006; PAIVA et al., 2011), o molhamento foliar no campo (SILVA-ACUÑA et al., 1998), o regime de precipitação e a temperatura (KUSHALAPPA; AKUTSU; LUDWIG, 1983; CHALFOUN; CARVALHO; PEREIRA, 2001) e o sombreamento da lavoura (RAYNER, 1961; STAVER et al., 2001).

2.3 Cercosporiose do cafeeiro: etiologia, sintomatologia e epidemiologia

A cercosporiose, cujo agente etiológico é o fungo heminecrotrófico *Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke (= *Mycosphaerella coffeicola* (Cooke)

Stev. & Wellman, 1944), foi descrita, pela primeira vez, em 1881, sendo umas das mais antigas enfermidades (BERKELEY; COOKE, 1881) do cafeeiro (Figura 2A). O primeiro relatado de surtos epidêmicos da cercosporiose no Brasil ocorreu em 1971 (CARVALHO; CHALFOUN, 1998).

Nos dias atuais, a doença é encontrada na maioria das regiões cafeeiras do país e do mundo, podendo ocasionar lesões nas folhas e nos frutos (ECHANDI, 1959; CADENA-GÓMEZ, 1982; CARVALHO; CHALFOUN, 1998; SANTOS et al., 2008; LIMA, 2009). Na Colômbia, a cercosporiose adquiriu grande importância, principalmente devido à modificação do sistema de cultivo, do plantio total ou parcialmente sombreado para campos abertos, à plena exposição solar (LÓPEZ-DUQUE; FERNÁNDEZ-BORRERO, 1969). Ainda citam os autores que o ataque da doença em frutos com quatro meses de idade, após a floração, ocasionou perdas de 55,40%, enquanto em frutos em processo de maturação, as perdas foram de 10,85%. Observa-se, assim, a importância de atrasar o início de epidemias da doença no campo.

A espécie *Cercospora coffeicola* (Figura 2B), específica somente para plantas do gênero *Coffea* sp, é classificada como pertencente ao Reino Fungi, Filo Ascomycota, Classe Dothideomycetes, Ordem Capnodiales e Família Mycosphaerellaceae (ELLIS, 1976).

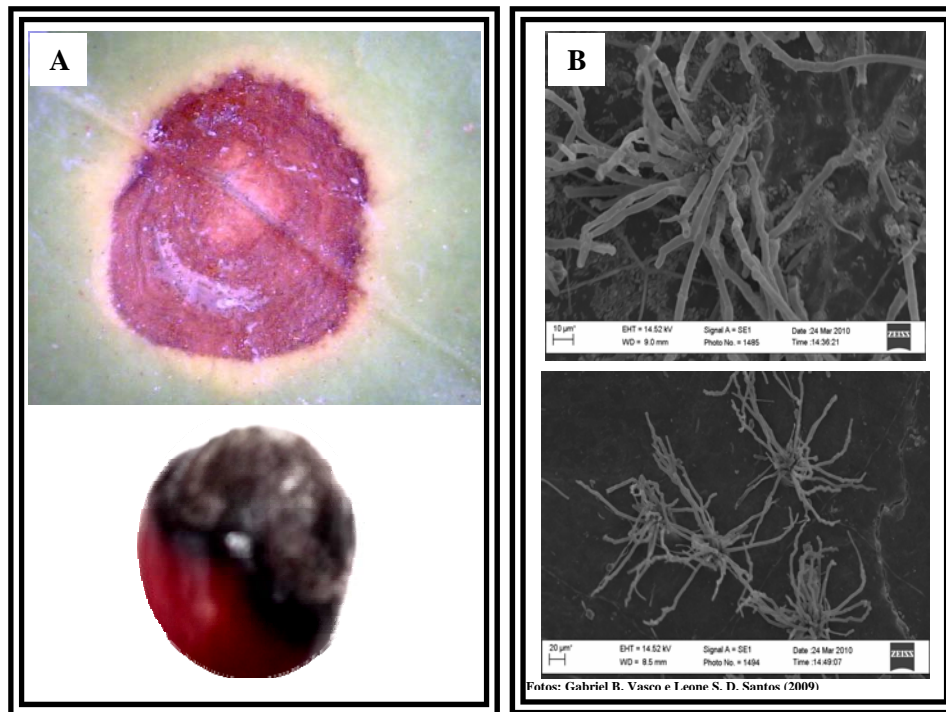


Figura 2 Cercosporiose do cafeeiro em folhas e frutos (A) e *Cercospora coffeicola* sob microscopia eletrônica de varredura (B). UFLA, Lavras, MG, 2011

Atualmente, a fase teleomórfica do patógeno é desconhecida no Brasil. As características do patógeno incluem células conidiogênicas holoblástica integrada com cicatrizes, conídios hialinos e individuais com septos apenas transversais e estroma presente. Os conídios possuem de quatro a sete septos, sendo aciculares a oblavados, com dimensões variando de 50,0 a 100,0 µm de comprimento por 3,0 a 4,0 µm de largura (ELLIS, 1976; INDEX FUNGORUM, 2011).

A temperatura ótima para o crescimento e para a germinação dos conídios é de 24,0° e 30,0°C, respectivamente (ECHANDI, 1959). A umidade relativa do ar entre 75,0% e 85,0% é considerada ideal para a germinação do patógeno, desde que a precipitação total no período seja menor que 15,0 mm

(FERNÁNDEZ-BORRERO; MESTRE; LÓPEZ-DUQUE, 1966). Echandi (1959) ainda cita que duas horas de molhamento foliar são suficientes para a germinação dos conídios.

Recentes estudos do processo de infecção da *Cercospora coffeicola* demonstraram que apenas os conídios depositados na superfície abaxial foram capazes de penetrar no hospedeiro. Tal processo ocorreu somente por fissuras ou por estômatos presentes do limbo foliar, colonizando o tecido vegetal de forma inter e intracelular, culminando no desenvolvimento da doença (SOUZA et al., 2011). Echandi (1959) cita que o fungo é capaz de esporular em toda região abaxial da folha, assim como nos frutos de café, formando esporodóquios que disseminam seus conídios pelo vento, pela água ou pelos insetos. Período de molhamento foliar de 6,0 a 12,0 horas é considerado favorável à severidade da doença, resultando em período de incubação médio entre 17,0 e 20,0 dias, dependendo das condições locais de temperatura, molhamento foliar e umidade do ar (FERNANDES et al., 1991). Em condições naturais de campo, a cercosporiose do cafeeiro apresenta comportamento policíclico (FERNANDES, 1988).

Os sintomas da cercosporiose podem ser observados nas folhas e nos frutos (LÓPEZ-DUQUE; FERNÁNDEZ-BORRERO, 1969), como se observa na Figura 2A. Nas folhas, ocorrem lesões de formato circular, de cor marrom-escura, rodeadas por um halo amarelo-claro, devido à toxina cercosporina produzida pelo fungo, podendo existir anéis concêntricos. Segundo Valência (1970), a resposta da planta à presença da cercosporina é a produção de etileno acima do normal, sendo este precursor de outro hormônio, o ácido abscísico, que provoca a abscisão precoce dos órgãos afetados. Com a desfolha, a planta reduz sua área fotossintética, resultando em morte dos ramos plagiotrópicos do cafeeiro (GREE, 1993; LÓPEZ-DUQUE; FERNÁNDEZ-BORRERO, 1969; DAUB; HERRERO; CHUNG, 2005).

Nos frutos infectados, a doença, inicialmente, surge como pequenas lesões necróticas, que se tornam deprimidas devido ao fato de o tecido exocarpo se aderir ao endocarpo. Posteriormente, as lesões se estendem na direção polar do fruto, atingindo a coloração marrom-escura. A doença resulta na maturação precoce e na deficiência no enchimento dos frutos, o que ocasiona sua queda prematura, principalmente nos estádios iniciais. Assim, os danos ocasionados pela enfermidade podem ser quantitativos, com redução do rendimento e produção da cultura e qualitativos, depreciando o tipo do produto e a qualidade da bebida (FERNÁNDEZ-BORRERO; MESTRE; LÓPEZ-DUQUE, 1966; LÓPEZ-DUQUE; FERNÁNDEZ-BORRERO, 1969; LIMA, 2009).

Como em todo patossistema, diversos fatores que influenciam o hospedeiro, o patógeno e o ambiente estão relacionados à doença (AGRIOS, 2005). Para a cercosporiose do cafeeiro, seja em folhas ou em frutos, podem ser exemplificadas aquelas relacionadas:

- a) ao hospedeiro: a densidade de plantio (CARVALHO; CHALFOUN, 1998; PAIVA, 2008), o sistema de plantio (FERNÁNDEZ-BORRERO; MESTRE; LÓPEZ-DUQUE, 1966; SALGADO et al., 2007; SANTOS et al., 2008), a carga pendente da lavoura (BOLDINI, 2001; SANTOS, 2002; MIRANDA, 2004), a idade e a localização dos frutos na planta (LÓPEZ-DUQUE; FERNÁNDEZ-BORRERO, 1969; BOLDINI, 2001; SANTOS et al., 2008; SANTOS, 2010; VASCO, 2010) e a suscetibilidade de todas as variedades comerciais atualmente cultivadas no Brasil;
- b) ao patógeno: a concentração de inóculo (FERNANDES et al., 1991) e a variabilidade genética da população patogênica (MARTINS; MAFFIA; MIZUBUTI, 2008);
- c) ao ambiente: a fertilização ou a nutrição inadequada das plantas e a presença de minerais úteis (FERNÁNDEZ-BORRERO; MESTRE;

LÓPES-DUQUE, 1966; LÓPEZ-DUQUE, 1972; FERNANDES, 1988; ALEXANDRE-POZZA et al, 2000, 2001, 2004; GARCIA JÚNIOR et al., 2003; POZZA; ALEXANDRE-POZZA, 2003; BOTELHO et al., 2005; RENGIFO-GUZMÁN et al, 2006; ALVES et al., 2009), o sistema de cultivo (SALGADO et al., 2007), a deficiência hídrica do solo (ECHANDI, 1959; SIDDIQI, 1970; FERNANDÉZ-BORRERO; LÓPEZ-DUQUE, 1971; CARVALHO; CHALFOUN, 1998; BOLDINI, 2001; TALAMINI et al., 2001, 2003; SANTOS; SOUZA; POZZA, 2004; PAIVA, 2008) e a intensidade luminosa (ECHANDI, 1959; FERNÁNDEZ-BORRERO; MESTRE; LÓPES-DUQUE, 1966; LÓPEZ-DUQUE; FERNÁNDEZ-BORRERO, 1969; NATARAJ; SUBRAMANIAN, 1975; FERNANDES, 1988; BOLDINI, 2001; DAUB; HERRERO; CHUNG, 2005; ROBERTS; PAUL, 2006).

2.4 Influência da irrigação como fator ambiental nas doenças do cafeeiro

Taiz e Zaiger (2004) citam que, de todos os recursos de que a planta necessita para crescer e se desenvolver, a água é o mais abundante e, ao mesmo tempo, o mais limitante para a produtividade agrícola. Segundo os autores, em condições naturais e agricultáveis, as plantas normalmente são expostas ao estresse ambiental, devido ao excesso ou à falta de água, sendo este último o mais frequente. Gopal (1974) ressalta que a deficiência hídrica no solo tem reflexos negativos no cafeeiro, particularmente sobre as raízes absorventes das plantas, responsáveis pela absorção de água e de nutrientes, limitando o crescimento e a produção da cultura.

Assim, procurando evitar o risco dos baixos índices pluviométricos na lavoura, em áreas com escassez hídrica, o uso da irrigação suplementar torna-se

uma técnica promissora. Burman et al. (1983) citam ser o principal objetivo da irrigação o fornecimento de água às plantas em quantidade suficiente para prevenir o estresse hídrico, que pode ocasionar redução na produção ou baixa qualidade do produto colhido.

Diversos trabalhos em todo o mundo relatam resultados positivos da irrigação, podendo-se citar, entre outras, a cultura da batata (DETAR et al., 1996), da alface (SUBBARAO; HUBBARD; SCHULBACH, 1997), da couve-flor (XIAO; SUBBARAO, 2000), do tomate (HARMANTO et al., 2005), do amendoim (WOORDWARD et al., 2008) e do pêssego (BRYLA et al., 2005; MORALES et al., 2010). De acordo com os autores, entre as principais vantagens da irrigação, podem-se incluir o cultivo em localidades antes impróprias, o aumento da eficiência de utilização de fertilizantes via água de irrigação e, sobretudo, os incrementos significativos de produtividade.

No Brasil, principalmente no estado de Minas Gerais, vários autores também citam que a irrigação na cultura do cafeeiro promove incrementos significativos de produtividade e rendimento, além de favorecer o crescimento e o desenvolvimento da lavoura, justificando técnica e economicamente a sua adoção pelos produtores (GOMES; LIMA; CUSTÓDIO, 2007; SILVA; TEODORO; MELO, 2008; COELHO et al., 2009; ARANTES; FARIA; REZENDE, 2009). O uso da irrigação pode também conferir às plantas maior resistência a algumas doenças. Isso porque, quando comparado ao cultivo não irrigado, devido à falta de umidade no solo, podem ocorrer deficiências e desequilíbrios nutricionais, afetando a quantidade de doenças na área (FERNÁNDEZ-BORRERO; MESTRE; LOPEZ-DUQUE, 1966; SIDDIQI, 1970).

Como desvantagem, a técnica da irrigação pode, muitas vezes, submeter a cultura a um microclima diferenciado em relação ao cultivo não irrigado (ROTEM; PALTI, 1969), resultando em severas epidemias no campo (LUDY;

POWELSON; HEMPHILL JR, 1997; SUBBARAO; HUBBARD; SCHULBACH, 1997; XIAO et al., 1998; XIAO; SUBBARAO, 2000; BROWNE et al., 2002; JEFFERSON; GOSSEN, 2002; OLANYA; PORTER; LAMBERT, 2010), responsáveis por expressivas perdas na lavoura. Entre as explicações, os autores citam que a água fornecida pela irrigação do tipo aspersão pode formar água livre na superfície foliar, aumentando o período de molhamento, favorecendo diferentes etapas da relação patógeno-hospedeiro. Já em lavouras com irrigação localizada, Rotem e Palti (1969) relatam que a ocorrência de doenças foliares limita-se ao hospedeiro, pela emissão de órgãos suscetíveis.

A influência negativa da irrigação no progresso de epidemias do cafeeiro também já foi relatada por alguns pesquisadores, em Minas Gerais. No oeste do estado, Carvalho (1998) e Juliatti et al. (1998) estudaram a influência do método de irrigação no progresso de doenças do cafeeiro. Os autores observaram maior intensidade da ferrugem e da cercosporiose nos tratamentos que receberam irrigação por pivô central, com lâmina única de água (100 mm mês⁻¹), quando comparado ao irrigado por gotejamento, malha perfurada (60, 80 e 100 mm mês⁻¹) ou ao tratamento não irrigado. Constatou-se que o molhamento foliar proporcionado pela irrigação por pivô central favoreceu o progresso das doenças, que apresentou comportamento cíclico, com frequentes picos durante todo o período avaliado.

Gomes et al. (2002) avaliaram a ferrugem do cafeeiro em lavoura irrigada por pivô central sob diferentes lâminas de água, no sul de Minas Gerais. Os autores observaram menor incidência da doença nas lâminas de irrigação de 100%, 120% e 140% da evaporação do tanque classe 'A' (ECA), comparado às lâminas de 60% e 80% ECA ou ao tratamento não irrigado. Verificou-se que, possivelmente, nas maiores lâminas de irrigação houve a remoção dos propágulos da *Hemileia vastatrix* nas folhas infectadas.

Talamini et al. (2001) estudaram a incidência da ferrugem e da cercosporiose em plantas de cafeeiro com um ano de idade irrigado por gotejamento, com lâminas de 0%, 40%, 60%, 80% e 100% ECA. Os autores não verificaram influência de diferentes lâminas de irrigação, assim como de parcelamentos de adubação para ferrugem, porém, houve maior incidência da cercosporiose no tratamento não irrigado, comparado aos irrigados, devido ao fato de a deficiência hídrica dificultar a absorção de nutrientes pela planta.

Em lavoura com doze anos de cultivo, Talamini et al. (2003) também avaliaram a incidência da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro irrigado por gotejamento, com diferentes épocas de início de irrigação e parcelamentos de adubação. Os diferentes parcelamentos de adubação e épocas de irrigação influenciaram somente a cercosporiose do cafeeiro. Segundo os autores, a aplicação em doze parcelamentos de adubação distribuído manualmente e 24 parcelamentos via fertirrigação apresentaram menor incidência da doença, assim como nos tratamentos irrigados entre os meses de junho a outubro.

A incidência da cercosporiose em folhas e frutos, em lavoura de quatro anos e meio de plantio, irrigada por gotejamento sobre diferentes lâminas (0%, 40%, 60%, 80% e 100% ECA) de irrigação e parcelamentos (3, 6 e 9 vezes) de adubação, foi estudada por Santos; Souza; Pozza (2004). Os autores verificaram influência significativa apenas para lâminas de irrigação, sendo registrada tendência de redução da doença com o aumento da lâmina de água fornecida até 100% ECA. Ainda, as parcela não irrigadas apresentaram menor produtividade, menor enfolhamento e maior incidência da cercosporiose.

A severidade da ferrugem em cafeeiro irrigado com diferentes lâminas de irrigação (0%, 40%, 60%, 80% e 100% ECA) por gotejamento foi avaliada em anos distintos, em mesma área experimental, no município de Lavras, MG. No ano agrícola 1999/2000, Boldini (2001) observou menor severidade da doença no tratamento não irrigado e maior na máxima lâmina de irrigação

aplicada (100% ECA). Segundo o autor, isso ocorreu devido ao fato de as maiores lâminas terem proporcionado maior produtividade e enfolhamento da lavoura. Porém, no ano agrícola 2002/2003, Miranda et al. (2006) observaram maior severidade da doença no tratamento não irrigado, quando comparado aos tratamentos irrigados, devido à dificuldade de absorção dos nutrientes pela planta em função do déficit hídrico nos tratamentos não irrigados. Na mesma localidade, os autores ainda verificaram que houve redução do progresso da cercosporiose em folhas do cafeeiro com o aumento do fornecimento da lâmina de irrigação até 100% ECA, o que atribuíram ao fato de a alta umidade do solo tornar os nutrientes disponíveis às plantas, podendo ter dificultado a infecção do patógeno. Citam os autores que em menores lâminas, ou até mesmo no tratamento não irrigado, ocorreu maior incidência da cercosporiose do cafeeiro.

A incidência da cercosporiose em frutos de café, em lavoura adulta irrigada por gotejamento sobre diferentes manejos e em diferentes localizações na planta, foi estudada por Santos (2010). Foi observado pelo autor que houve influência somente da localização do fruto na planta na incidência da doença. Houve, no ano agrícola 2008/2009, maior incidência da cercosporiose no terço superior da planta no manejo que se irrigou o ano todo, tendo nos meses de janeiro, fevereiro, março, julho, outubro, novembro e dezembro sido irrigados apenas quando o teor da água disponível no solo atingiu 75% da disponibilidade total de água na camada de 0-40 cm. Ainda segundo o autor, houve maior incidência da doença no terço mediano das plantas para a face de exposição voltada para o hemisfério norte, ambos devido à maior luminosidade solar.

O manejo da irrigação localizada associada a diferentes densidades de plantio pode influenciar a incidência e a severidade da ferrugem e da cercosporiose em folhas de cafeeiro adulto (PAIVA, 2008; PAIVA et al., 2011). Estes mesmos autores reportam que a ferrugem do cafeeiro foi influenciada apenas para o fator densidades de plantio, ocorrendo incremento linear da

doença com aumento da densidade de plantio até 10.000 plantas ha⁻¹. Ainda, houve maior intensidade da cercosporiose no tratamento não irrigado, comparado aos irrigados, além de a densidade de plantio desfavorecer a doença. Vasco (2010), na mesma área experimental, estudou, por dois anos agrícolas, a incidência da cercosporiose em frutos de café. Segundo este autor, houve, no ano agrícola 2008/2009, nas densidades de plantio de 3.333 e 10.000 plantas ha⁻¹ e no terço superior da planta, maior incidência da cercosporiose em frutos de café. Porém, a maior incidência da doença no ano agrícola 2009/2010 ocorreu no tratamento não irrigado (testemunha) e na densidade de plantio de 2.500 plantas ha⁻¹. Esses resultados confirmam que a modificação microclimática do ambiente em sistema de cultivo irrigado e adensado tem ação determinante sobre a intensidade de doenças em folhas e frutos do cafeeiro.

Conforme Bernardo; Soares; Mantovani (2006), o manejo da irrigação deve ser adequado para cada condição de ambiente, assim como para as características de cada patógeno, a fim de minimizar seus efeitos negativos sobre as doenças no campo. Segundo os autores, deve-se evitar o prolongamento do período de molhamento das folhas e do colo das plantas, fazendo-se a irrigação durante a noite, quando, geralmente, o orvalho já está presente, e aumentar o intervalo (turno) entre os dias de irrigação. Dessa forma, observa-se que, em cultivos irrigados, estudos são necessários para relacionar os métodos e os níveis de água fornecidos pela irrigação e suas variações apresentadas com relação aos aspectos epidemiológicos de doenças de plantas.

2.5 Influência da nutrição mineral como fator ambiental nas doenças do cafeeiro

A produtividade agrícola está diretamente relacionada com a fertilização mineral. As plantas obtêm os nutrientes minerais do solo principalmente por

meio da absorção pelo sistema radicular via fluxo de massa, na forma inorgânica (EPSTEIN, 1999). Segundo critérios estabelecidos por Arnon e Stout (1939), apenas 16 elementos químicos atualmente são determinados como essenciais para o crescimento e o desenvolvimento dos vegetais, sendo 13 classificados como nutrientes minerais. Estes estão divididos em dois grupos de exigência pelas plantas, que são os macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e os micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn) (EPSTEIN, 1999). Entretanto, discussões sobre a essencialidade de alguns elementos químicos minerais, baseada em aspectos bioquímicos e fisiológicos a exemplo do níquel (BROWN; WELSH; CARY, 1987), podem incrementar a lista dos micronutrientes (RICE, 2007).

O efeito da nutrição mineral com macronutrientes e micronutrientes em diversas 'commodities' agrícolas influenciando a intensidade de doenças foi tema intensamente discutido por Datnoff; Elmer; Huber (2007). Segundo os autores, o adequado manejo dos elementos minerais no campo pode auxiliar na sanidade das plantas como também na qualidade dos produtos agrícolas. Assim, os nutrientes minerais podem incrementar ou reduzir a intensidade de doenças de plantas, determinando, muitas vezes, a resistência ou a suscetibilidade do hospedeiro (MARSCHNER, 1995). A nutrição mineral deficiente ou desequilibrada pode predispor as plantas à infecção por patógeno, pelo fato de afetar suas estruturas histológicas, morfológicas e a composição química do tecido vegetal (MARSCHNER, 1995; AGRIOS, 2005).

Em diversos trabalhos, há menção ao fato de que a nutrição mineral, quando bem manejada, promove incrementos significativos de produtividade na lavoura, além de favorecer o crescimento e o desenvolvimento da lavoura, sendo sua adoção solidamente recomendada na agricultura. Especificamente na cultura do cafeeiro, em vários trabalhos há relatos da influência positiva da fertilização mineral e dos níveis adequados de nutrientes na planta ocasionando significativos ganhos de produtividade na lavoura (MARTINEZ et al., 2003;

SILVA; LIMA; TEIXEIRA, 2009; COELHO et al., 2009). Entretanto, como desvantagem, a adubação insuficiente e ou desequilibrada em plantas de cafeeiro pode influenciar a intensidade de severas doenças.

Alexandre-Pozza et al. (2000) avaliaram a intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro com diferentes doses de potássio (K) e nitrogênio (N), cultivado em solução nutritiva. Os autores observaram aumento do progresso do total de lesões e do número de lesões da doença por folha com acréscimo de doses de potássio, por, possivelmente, induzir à deficiência de cálcio e favorecer a entrada do patógeno pela lamela média da parede celular. Assim, pode-se comprovar, em viveiros (ALEXANDRE-POZZA et al., 2001), que doses excessivas de potássio favorecem a cercosporiose do cafeeiro e que a nutrição adequada com nitrogênio é uma medida eficaz no controle da doença.

O efeito da nutrição mineral na intensidade da cercosporiose também foi estudado por Garcia Júnior et al. (2003), em mudas de cafeeiro sobre solução nutritiva. Estes autores trabalharam com diferentes doses de cálcio e de potássio e verificaram redução linear no progresso da doença com o aumento das doses de cálcio, maior absorção de Ca em detrimento do K, devido à competição deste nutriente com o potássio (MARSCHNER, 1995). A incidência da doença nas plantas decresceu linearmente até a dose máxima de cálcio fornecida.

No patossistema *Phoma tarda* x *Coffea arabica*, Lima et al. (2010) observaram que o desequilíbrio da relação N/K influenciou a incidência e a severidade da mancha-de-phoma em mudas, além de alterar o estado nutricional das plantas. Houve aumento linear (34,8%) da intensidade da doença com o incremento das doses de nitrogênio, porém, com o aumento das doses de potássio, verificou-se redução quadrática (34,3%) até a dose de 7,0 mmol L⁻¹. Catarino (2011), estudando a influência de diferentes doses de Ca e de K em solução nutritiva sobre a intensidade da mancha-de-phoma do cafeeiro, observou interação significativa entre os nutrientes. Cita este autor que, na menor dose de

Ca ($2,0 \text{ mmol L}^{-1}$) e na maior de K ($7,0 \text{ mmol L}^{-1}$), houve menor incidência da doença, obtida pelo equilíbrio nutricional desses elementos químicos. Entretanto, a menor severidade da mancha-de-phoma do cafeeiro foi observada nas menores doses de Ca e de K, respectivamente de $2,0 \text{ mmol L}^{-1}$ e $3,0 \text{ mmol L}^{-1}$, obtendo-se, ainda, maior produção de matéria seca total.

No campo, Alves et al. (2009) estudaram a intensidade da ferrugem e da cercosporiose, em folhas e em frutos, em agroecossistema cafeeiro. Segundo os autores, a variabilidade espacial da nutrição mineral das plantas na lavoura, possivelmente, foi um dos fatores que contribuíram para a distribuição das enfermidades, indicando que o manejo das doenças pode ser realizado em pontos específicos na propriedade. Ainda, o efeito da fertilização como prática cultural no aumento da suscetibilidade do cafeeiro à ferrugem foi relatado por Avelino; Willocquet; Savary (2004), pelo fato de incrementar a área foliar das plantas e diminuir o período de latência do patógeno. Os autores observaram que o enfolhamento favorece a germinação, a penetração e a colonização dos urediniósporos, processos monocíclicos essenciais da epidemia, em tecidos tenros do cafeeiro.

Considerado como elemento útil, o silício adicionado na forma de silicato de cálcio em substrato de tubetes de cafeeiro proporcionou redução da cercosporiose em 63,2%, nas folhas e 43,0%, no total de lesões por planta (ALEXANDRE-POZZA et al., 2004). Os autores mencionaram que o silício proporcionou, nas variedades estudadas, distribuição uniforme na superfície abaxial das folhas de cafeeiro, além de formar uma espessa camada de cera epicuticular, podendo ter dificultado a penetração direta do patógeno ou indiretamente pelos estômatos. O silício também reduziu a intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro, quando adubadas, via solo, com silicato de cálcio e silicato de sódio (BOTELHO et al., 2005).

Nutriente mineral mais abundante na matéria seca das plantas, o nitrogênio (N) é reportado como o elemento químico essencial que mais influencia as doenças em plantas. O nitrogênio é um elemento fornecido às plantas em grande quantidade e, frequentemente, deficiente nos solos cultiváveis (HUBER; THOMPSON, 2007). Esse elemento está presente na natureza na forma de gás (N_2) ou como íon na solução do solo ($N-NH_4^+$ ou $N-NO_3^-$). Encontra-se como parte de compostos orgânicos (aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, etc.) da célula vegetal, participando de processos enzimáticos, sendo assimilado na planta por reações de óxido-redução (RICE, 2007).

Condições como taxa e momento de aplicação, forma do N, tipo de solo assim como a interação desses fatores, podem influenciar o incremento ou o decréscimo da doença. Ainda, a fisiologia da planta hospedeira, o crescimento e a virulência do patógeno, assim como a modificação do ambiente biótico ou abiótico também influenciam a intensidade de doenças. Algumas estratégias de manejo da nutrição nitrogenada a fim de reduzir a intensidade da doença e maximizar a produtividade da lavoura podem ser adotadas como parte do controle cultural, citando-se: (i) programar uma adubação balanceada com quantidade suficiente para o melhor crescimento das plantas; (ii) aplicar N evitando períodos de excesso, perda ou condições ambientais que predisõem o patógeno; (iii) utilizar diferentes formas de N para melhor controle da doença e (iv) modificar as condições ambientais para influenciar a forma predominante de N que seja ótima para a resistência da planta ou menos favorável ao patógeno (HUBER; THOMPSON, 2007).

O potássio (K^+) está disponível na solução do solo na forma de íons. Esse elemento possui diversas funções bioquímicas e fisiológicas nas plantas, podendo-se citá-lo como regulador do potencial osmótico de células (a exemplo dos estômatos) e ativador enzimático de proteínas envolvidas na respiração e na

fotossíntese e na permeabilidade de membranas (RICE, 2007). Em algumas culturas, a exemplo da cana de açúcar, o potássio tem maior exigência que o nitrogênio.

O potássio (K^+) é considerado um dos nutrientes que mais influenciam as doenças, podendo apresentar efeito positivo, negativo ou neutro. Em geral, a nutrição adequada em potássio resulta em menor incidência de doenças, devido ao aumento da resistência à penetração e à colonização de muitos patógenos. A deficiência ou o excesso de potássio, os tipos de genótipos de plantas e a concentração de potássio no tecido da planta, assim como a interação desses fatores, podem influenciar de forma expressiva o aumento ou a redução de doenças. Práticas apropriadas de manejo da fertilização potássica podem auxiliar no controle de doenças, ao mesmo tempo, incrementando a produtividade das culturas. Citam-se, como importantes práticas no manejo do potássio, (i) momento, quantidade e método de aplicação adequado; (ii) utilização de cultivares eficientes na absorção de potássio; (iii) incorporação no solo de resíduos culturais; (iv) suprimento adequado de umidade no solo e (v) realizar a adequada calagem de solos ácidos (PRABHU et al., 2007).

Marschner (1995) cita que o potássio, quando presente em grandes quantidades no tecido vegetal, pode ocasionar interferência na translocação e na disponibilidade fisiológica do magnésio e do cálcio, resultando em desordens metabólicas.

Taiz e Zeiger (2004) citam que íons de cálcio (Ca^{+2}), absorvido na solução do solo na forma divalente, são utilizados na síntese de novas paredes celulares na lamela média, assim como no fuso mitótico, durante a divisão celular. O cálcio é requerido em diversos processos bioquímicos e fisiológicos para o funcionamento normal das membranas vegetais, sendo-lhe atribuído o papel de mensageiro secundário em várias respostas das plantas a sinais ambientais, hormonais e na defesa das plantas a patógenos (MARSCHNER,

1995; SANDERS; BROWNLEE; HARPER, 1999). Após o nitrogênio, o cálcio é o nutriente que tem maior influência no manejo de doenças em commodities agrícolas, plantas ornamentais e gramados. Em várias pesquisas já foi relatado o efeito positivo desse elemento, reduzindo enfermidades em diversas espécies vegetais, seja aplicado no solo, nas folhas ou nos frutos.

Embora não se possam fazer generalizações de recomendações da utilização do cálcio nas culturas, sabe-se que o principal papel do cálcio consiste no fortalecimento da parede celular celulósica e sua resistência à penetração por patógenos (RAHMAN; PUNJA, 2007).

Dessa forma, existe a necessidade de se conhecer a influência dos níveis de nutrientes largamente empregados pelos cafeicultores, como o nitrogênio (N-NH₄⁺ ou N-NO₃⁻), o potássio (K⁺) e o cálcio (Ca⁺²), e os reflexos de sua utilização nas principais enfermidades que acometem a cultura.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativos, 2011. 482 p.
- AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. 5.ed. London: Elsevier Academic Press, 2005. 922p.
- ALEXANDRE-POZZA, A. A.; ALVES, E.; POZZA, E. A.; CARVALHO, J. G.; MONTANARI, M.; GUIMARÃES, P. T. G.; SANTOS, D. M. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v. 29, n. 2, p. 185-188, mar./abr. 2004.
- ALEXANDRE-POZZA, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; CAIXETA, S. L.; CARDOSO, A. A.; ZAMBOLIM, L.; POZZA, E. A. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha-de-olho-pardo em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 53-60, jan. 2001.
- ALEXANDRE-POZZA, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; POZZA, E. A.; CAIXETA, S. L.; ZAMBOLIM, L. Intensidade da mancha de olho pardo em mudas de cafeeiro em função de doses de N e de K em solução nutritiva. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 29-33, jan./mar. 2000.
- ALVES, M. C.; SILVA, F. M.; POZZA, E. A.; OLIVEIRA, M. S. Modeling spatial variability and pattern of rust and brown eye spot in coffee agroecosystem. **Journal Pest Science**, Berlin, v.82, n. 2, p. 137-148, may. 2009.
- ARANTES, K. R.; FARIA, M. A. de; REZENDE, F. C. Recuperação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) após recepa, submetido a diferentes lâminas de água e parcelamentos da adubação. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 313-319, abr./jun. 2009.
- ARNON, D. I.; STOUT, P. R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant Physiology**, Rockville, v. 14, n. 2, p. 371-375, apr.1939.
- AVELINO, J.; WILLOCQUET, L.; SAVARY, S. Effects of crop management patterns on coffee rust epidemics. **Plant Pathology**, Malden, v. 53, n. 5, p.541-547, oct. 2004.

BERKELEY, J. M.; BROOME, C. E. *Hemileia vastatrix*. **Gardeners' Chronicle**, London, v. 6, p. 1157, nov. 1869.

BERKELEY, J. M.; COOKE, M. C. *Cercospora coffeicola*. **Grevillea**, v. 9, n. 49-52, p. 99, 1881.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

BOLDINI, J. M. **Epidemiologia da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro irrigado e fertirrigado**. 2001. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

BOTELHO, D. M. S.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G.; BOTELHO, C. E.; SOUZA, P. E. Intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro em função de fontes e doses de silício. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v. 30, n. 6, p. 582-588, nov./dez. 2005.

BROWN, P. H.; WELSH, R. H.; CARY, E. E. Nickel: a micronutrient essential for higher plants. **Plant physiology**, Rockville, vol. 85, n. 3, p. 801-803, nov. 1987.

BROWNE, G. T.; DeTAR, W. R.; SANDEN, B. L.; PHENE, C. J. Comparison of drip and sprinkler irrigation systems for applying metam sodium and managing stem rot on potato. **Plant Disease**, St. Paul, v. 86, n. 11, p. 1211-1218, nov. 2002.

BRYLA, D. R.; DICKSON, E.; SHENK, R.; JOHNSON, R. S.; CRISOSTO, C. H.; TROUT, T. J. Influence of irrigation method and scheduling on patterns of soil and tree water status and Its relation to yield and fruit quality in peach. **HortScience**, Alexandria, v. 40, n. 7, p. 2118-2124, dec. 2005.

BURMAN, R. D.; NIXON, P. R.; WRIGHT, J. L.; PRUITT, W. O. Water requirements. In: JENSEN, M. E (Ed.). **Design and operation of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, Monograph 3, 1983. p. 189-232.

CADENA-GÓMEZ, G. Uso de la pulpa de café para el control de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk y Cooke) en almácigos. **Cenicafé**, Colombia, v. 33, n. 3, p. 76-90, set. 1982.

- CAMARGO, A. P. de. Florescimento e frutificação do café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 831-839, jul. 1985.
- CAMARGO, A. P. de. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 239-247, mar. 2010.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, mar. 2001.
- CARVALHO, A. Distribuição geográfica e classificação botânica do gênero *Coffea* com referência especial à espécie *arabica*. **Boletim da Superintendência dos Serviços do Café**, São Paulo, v. 31, n. 347, p. 1-33, jan. 1956.
- CARVALHO, A. Taxonomia de *Coffea Arabica* L. – V: algumas recombinações genéticas. **Bragantia**, Campinas, v. 12, n. 4-6, p. 171-178, jun. 1952.
- CARVALHO, A.; MONACO, L. C. Transferência do fator *caterra* para o cultivar Mundo Novo de *Coffea arabica*. **Bragantia**, Campinas, v. 31, n. único, p. 379-399, dez. 1972.
- CARVALHO, E. A. M. **Progresso da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) em diferentes sistemas de irrigação**. 1998. 32 p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1998.
- CARVALHO, V. L. de; CHALFOUN, S. M. Manejo integrado das principais doenças do cafeeiro. **Informe Agropecuário**. Cafeicultura: tecnologia para produção. Belo Horizonte: EPAMIG, v. 19, n. 193, p. 27-35, 1998.
- CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M.; CASTRO, H. A.; CARVALHO, V. D. Influência de diferentes níveis de produção sobre a evolução da ferrugem do cafeeiro e sobre teores foliares de compostos fenólicos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 49-54, jan./fev. 2001.
- CATARINO, A. M. **Intensidade da mancha de Phoma em mudas de cafeeiro em função de doses de cálcio e de potássio**. 2011. 52 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. L. de. Controle químico da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) do cafeeiro através de diferentes esquemas de aplicação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 363-367, mar. 1999.

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. L. de.; PEREIRA, M. C. Efeito de alterações climáticas sobre o progresso da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) do cafeeiro (*Coffea arabica* L). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 5, p. 1248-1252, set./out. 2001.

COELHO, G.; SILVA, A. M; REZENDE, F. C.; SILVA, R. A.; CUSTÓDIO, A. A. P. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamentos de adubação sobre a produtividade do cafeeiro 'Catuaí'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 67-73, jan./fev. 2009.

COSTA, M. J. N.; ZAMBOLIM, L.; RODRIGUES, F. A. Efeito de níveis de desbaste de frutos do cafeeiro na incidência da ferrugem, no teor de nutrientes, carboidratos e açúcares redutores. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 564-571, nov./dez. 2006.

CUMMINS, G. B.; HIRATSUKA, Y. **Illustrated genera of rust fungi**. Revised Edition. St. Paul: The American Phytopathological Society. 1983.152 p.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 1, p.55-81, jan./mar. 2006.

DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H; HUBER, D. M. (Ed.). **Mineral Nutrition and Plant Disease**. St. Paul: APS Press, 2007.

DAUB, M. E.; HERRERO, S.; CHUNG, K. Photoactivated perylenequinone toxins in fungal pathogenesis of plants. **FEMS Microbiology Letters**, London, v. 252, n. 2, p. 197-206, nov. 2005.

DeTAR, W. R.; BROWNE, G. T.; PHENE, C. J.; SANDEN, B. L. Real-time irrigation scheduling of potatoes with sprinkler and subsurface drip systems. In: CAMP, C. R.; SADLER, E. J.; YODER, R. E. (Ed.). **Proceedings of the International Conference on Evapotranspiration and Irrigation Scheduling**. American Society of Agricultural Engineers: St. Joseph, Michigan, p. 812-824, 1996.

ECHANDI, E. La chasparria de los cafetos causada por el hongo *Cercospora coffeicola* Berk. e Cooke. **Turrialba**, San Jose, v. 9, n. 2, p. 54-67, abr./jun. 1959.

ELLIS, M. B. **More Dematiaceous Hyphomycetes**. Commonwealth Mycological Institute: Kew, Surrey, England, 1976, 507 p.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, vol. 50, p. 641-664, jun. 1999.

FAZUOLI, L. C. Genética e melhoramento do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, POTAFÓS. p. 87-113.1986.

FAZUOLI, L. C.; SILVAROLA, M. B.; SALVA, T. J. G; GUERREIRO FILHO, O.; MEDINA FILHO, H. P.; GONÇALVES, W. Cultivares de café arábica do IAC. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 12-15, 2007.

FERNANDES, C. D. **Efeito de fatores do ambiente e da concentração de inóculo sobre a cercosporiose do cafeeiro**. 1988. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

FERNANDES, C. D.; PELOSO, M. C. D.; MAFFIA, L. A.; VALLE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L. Influência da concentração de inóculo de *Cercospora coffeicola* e do período de molhamento foliar na intensidade da cercosporiose do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 39-43, mar. 1991.

FERNANDES, R. de C.; EVANS, H. C.; BARRETO, R. W. Confirmation of the occurrence of teliospores of *Hemileia vastatrix* in Brazil with observations on their mode of germination. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 108-113, mar./abr. 2009.

FERNÁNDEZ-BORRERO, O.; LÓPEZ-DUQUE, S. Fertilizacion de plantulas de café e su relacion con la incidência de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*, Berk. & Cooke). **Cenicafé**, Colombia, v. 22, n. 4, p. 95-108, dez.1971.

FERNÁNDEZ-BORRERO, O.; MESTRE, A. M.; LÓPEZ-DUQUE, S. Efecto de la fertilizacion en la incidencia de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) en frutos de café. **Cenicafé**, Colombia, v. 17, n. 1, p. 5-16, mar. 1966.

FIGUEIREDO, P.; HIROCE, R. OLIVEIRA, D. A. Estado nutricional e ataque da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. e Br.). **O Biológico**, São Paulo, v. 42, n. 7-8, p. 164-167, ago. 1976.

FLOR, H. H. Current status of the gene-for-gene concept. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 9, p. 275-296, sep. 1971.

GARCIA JÚNIOR, D.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; SOUZA, P. E.; CARVALHO, J. G.; BALIEIRO, A. C. Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 286-291, mai./jun. 2003.

GOMES, N. M.; CHALFOUN, S. M.; MARTINS, C. P.; VILELA, L. A. A. Evolução da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob diferentes regimes de irrigação por pivô central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambu, MG. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 222-224.

GOMES, N. M.; LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. de P. Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no sul do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 6, p. 564-570, nov./dez. 2007.

GOPAL, N. H. Some physiological factors to be considered for stabilization of arabica coffee production in South India. **Indian Coffee**, Bangalore, v. 38, n. 8, p. 217-221, aug. 1974.

GRANER, E. A.; GODOY JUNIOR, C. **Manual do cafeicultor**. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1967. 320 p.

GREE, G. Epidemiology of coffee leaf rust in the Eastern Highlands. **Newsletter - Coffee Research Institute**, v. 2, p. 16-20, 1993.

HARMANTO; SALOKHE, V. M.; BABEL, M. S.; TANTAU, H. J. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 71, n. 3, p. 225-242, feb. 2005.

HINDORF, H.; OMONDI, C. O. A review of three major fungal diseases of *Coffea arabica* L. in the rainforests of Ethiopia and progress in breeding for resistance in Kenya. **Journal of Advanced Research** (2010), doi:10.1016/j.jare.2010.08.006

HUBER, D. M.; THOMPSON, I. A. Nitrogen and plant disease. In: DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. (Ed.). **Mineral Nutrition and Plant Disease**. St. Paul: APS Press, p. 31-44, 2007.

INDEXFUNGORUM. Disponível em:

<<http://www.indexfungorum.org/names/Names.asp>>, acessado em 22 de fevereiro de 2011.

JEFFERSON, P. G.; GOSSEN, B. D. Irrigation increases Verticillium wilt incidence in a susceptible alfalfa cultivar. **Plant Disease**, St. Paul, v. 86, n. 6, p. 588-592, jun. 2002.

JULIATTI, F. C.; SILVA, A. da; PEIXOTO, A. S.; MOREIRA, J. C.; SANTOS, C. M. Incidência da *Cercospora coffeicola* no café irrigado de Araguari-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas, MG. **Resumos...** Poços de Caldas: MAPA/PROCAFÉ, 1998. p. 212-213.

KRUG, C. A.; MENDES, J. E. T.; CARVALHO, A. **Taxonomia de *Coffea arabica* L.**: descrição das variedades e formas encontradas no Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônômico, 1939. 57 p. (Boletim técnico, 62).

KUSHALAPPA, A. C.; AKUTSU, M.; LUDWIG, A. Application of survival ratio for monocyclic process of *Hemileia vastatrix* in predicting coffee rust infection rates. **Phytopathology**, St. Paul, v. 73, n. 1, p. 96-103, jan. 1983.

KUSHALAPPA, A. C.; ESKES, A. B. Advances in coffee rust research. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 27, p. 503-531, sep. 1989.

LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P.; GOMES, N. M. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1832-1842, nov./dez. 2008.

LIMA, L. M. de. **Variabilidade espacial da mancha de phoma relacionada à nutrição do cafeeiro e incidência da cercosporiose na qualidade do café**. 2009. 102 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

LIMA, L. M.; POZZA, E. A.; TORRES, H. N.; POZZA, A. A. A.; SALGADO, M.; PFENNING, L. H. 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, aug. 2010.

LÓPEZ-DUQUE, S. Fertilización del café y su relación con la incidencia de mancha de hierro. **Avances Técnicos Cenicafé**, Colombia, n. 13, p. 1, 1972.

LÓPEZ-DUQUE, S.; FERNÁNDEZ-BORRERO, O. Epidemiología de la mancha de hierro del café (*Cercospora coffeicola* Berk. y Cook.). **Cenicafé**, Colombia, v. 20, n. 1, p. 3-19, mar. 1969.

LUDY, R. L.; POWELSON, M. L.; HEMPHILL JR, D. D. Effect of sprinkler irrigation on bacterial soft rot and yield of broccoli. **Plant Disease**, St. Paul, v. 81, n. 6, p. 614-618, jun. 1997.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 1995. 887 p.

MARTINATI, J. C.; HARAKAVA, R.; GUZZO, S. D.; TSAI, S. M. The potential use of a silicon source as a component of an ecological management of coffee plants. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 156, n. 7-8, p. 458-463, aug. 2008.

MARTINEZ, H. E. P.; MENEZES, J. F. S.; SOUZA, R. B. de; VENEGAS, V. H. A.; GUIMARÃES, P. T. G. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 703-713, jun. 2003.

MARTINS, R. B.; MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. G. Genetic variability of *Cercospora coffeicola* from organic and conventional coffee plantings, characterized by vegetative compatibility. **Phytopathology**, St. Paul, v. 98, n. 11, p. 1205-1211, nov. 2008.

McCAIN, J. W.; HENNEN, F. Development of uredinial thallus and sorus in the orange coffee rust fungus *Hemileia vastatrix*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 74, n. 6, p. 714-721, jun. 1984.

McCOOK, S. Global rust belt: *Hemileia vastatrix* and the ecological integration of world coffee production since 1850. **Journal of Global History**, Cambridge, v. 1, n. 2, p. 177-195, jul. 2006.

MEIRA, C. A. A.; RODRIGUES, L. H. A.; MORAES, S. A. Análise da epidemia da ferrugem do cafeeiro com árvore de decisão. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 114-124, mar./abr. 2008.

MELO, B.; BARTHOLO, G. F.; MENDES, A. N. G. Café: variedades e cultivares. **Informe Agropecuário**. Cafeicultura: tecnologia para produção, Belo Horizonte, v. 19, n. 193, p. 92-96, 1998.

MIRANDA, J. C. **Intensidade de doenças foliares na cafeicultura fertirrigada**. 2004. 52 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

MIRANDA, J. C.; SOUZA, P. E.; POZZA, E. A.; FARIA, M. A. de; SANTOS, F. S.; BARRETO, S. S.; SILVA, M. L. O. e. Intensidade da ferrugem em cafeeiro fertirrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 885-891, set./out. 2006.

MONTOYA, R. H.; CHAVES, G. M. Influência da temperatura e da luz na germinação, infectividade e período de geração de *Hemileia vastatrix* Berk & Br. **Experientiae**, Viçosa, v. 18, n. 11, p. 239-266, dez. 1974.

MORALES, P.; GARCÍA-PETILLO, M.; HAYASHI, R.; PUPPO, L. Respuesta del duraznero a diferentes patrones de aplicación del agua. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.1, p.17-24, jan. 2010.

NATARAJ, T.; SUBRAMANIAN, S. Effect of shade and exposure in the incidence of brown-eye-spot of coffee. **Indian Coffee**, Bangalore, v. 39, n. 7/8, p. 179-180, 1975.

NUTMAN, F. J.; ROBERTS, F. M. Coffee leaf rust. **Pans**, London, v. 16, n. 4, p. 606-624, 1970.

OLANYA, O. M.; PORTER, G. A.; LAMBERT, D. H. Supplemental irrigation and cultivar effects on potato tuber diseases. **Australian Journal of Crop Science**, Australia, v. 4, n. 1, p. 29-36, jan. 2010.

OLIVEIRA, A. C. B. de; PEREIRA, A. A. **Cultivares de café portadoras de fatores de resistência à ferrugem indicadas para o plantio em Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2008. (EPAMIG. Circular Técnico, n. 34, ago. 2008).

PAIVA, B. R. T. L. **Progresso da ferrugem e da cercosporiose na cultura do cafeeiro irrigado em várias densidades de plantio**. 2008. 50 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

PAIVA, B. R. T. L.; SOUZA, P. E.; SCALCO, M. S.; ALVARENGA, L. S. Progresso da ferrugem do cafeeiro irrigado em diferentes densidades de plantio pós-poda. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 137-143, jan./fev. 2011.

POZZA, E. A.; ALEXANDRE-POZZA, A. A. Manejo de doenças de plantas com macro e micronutrientes. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28 (Suplemento), p. 52-54, jul. 2003.

POZZA, E. A.; CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M. Sintomas de injúrias causadas por doenças em cafeeiro. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; BALIZA, D. P. **Semiologia do cafeeiro**: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas. Lavras: UFLA, 2010. p 69-101.

PRABHU, A. S.; FAGERIA, N. K.; HUBER, D. M.; RODRIGUES, F. A. Potassium and plant disease. In: DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. (Ed.). **Mineral Nutrition and Plant Disease**. St. Paul: APS Press, p. 57-78, 2007.

RAHMAN, M.; PUNJA, Z. K. Calcium and plant disease. In: DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. (Ed.). **Mineral Nutrition and Plant Disease**. St. Paul: APS Press, p. 79-93, 2007.

RAYNER, R. W. Germination and penetration studies on coffee rust (*Hemileia vastatrix* B. & Br.). **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 49, n. 3, p. 493-505, oct. 1961.

RAYNER, R. W. **Micologia, historia y biologia de la roya del cafeto**. Publicación Miscelánea, n. 94, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica. 1972. 68 p.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p. 13-85.

RENGIFO-GUZMÁN, H. G.; LEGUIZAMÓN-CAYCEDO, J. E.; RIAÑO-HERRERA, N. M. Incidencia y severidad de la mancha de hierro en plantulas de *Coffea arabica* en diferentes condiciones de nutrición. **Cenicafé**, Colombia, v. 57, n. 3, p. 232-242, set. 2006.

RICE, R. W. The physiological role of minerals in the plant. In: DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. (Ed.). **Mineral Nutrition and Plant Disease**. St. Paul: APS Press, p. 9-29, 2007.

ROBERTS, M. R.; PAUL, N. D. Seduced by the dark side: integrating molecular and ecological perspectives on the influence of light on plant defence against pests and pathogens. **New Phytologist**, Malden, v. 170, n. 4, p. 677-699, jun. 2006.

RODRIGUES JUNIOR, C. J.; BETTENCOURT, A. J.; RIJO, J. Races of the pathogen and resistance to coffee rust. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 13, p. 49-70, sep. 1975.

ROTEM, J.; PALTI, J. Irrigation and plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 7, n. 1, p. 267-288, sep. 1969.

SACCAS, A. M.; CHARPENTIER, J. La rouille des caféiers due a *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. **Bulletin Institut Français du Café et du Cacao**, n. 10, p. 1-123, 1971.

SALGADO, B. G.; MACEDO, R. L. G.; CARVALHO, V. L. de; SALGADO, M.; VENTURIN, N. Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro consorciado com grevilea, com ingazeiro e a pleno sol em Lavras - MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1067-1074, jul./ago. 2007.

SANDERS, D.; BROWNLEE, C.; HARPER, J. F. Communicating with calcium. **The Plant Cell**, Rockville, v. 11, n. 4, p. 691-706, apr. 1999.

SANTOS, F. da S.; SOUZA, P. E.; POZZA, E. A. Epidemiologia da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) fertirrigado. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 30, n. 1, p. 31-37, jan./mar. 2004.

SANTOS, F. da S.; SOUZA, P. E.; POZZA, E. A.; MIRANDA, J. C.; BARRETO, S. S.; THEODORO, V. C. Progresso da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke) em cafeeiros sob cultivos orgânico e convencional. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, n. 1, p. 48-54, jan./fev. 2008.

- SANTOS, F. S. **Progresso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado**. 2002. 71 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.
- SANTOS, L. S. D. **Incidência da cercosporiose em frutos de cafeeiro irrigado**. 2010. 42 p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
- SCHIEBER, E. Economic impact of coffee rust in Latin America. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 10, p. 491-510, sep. 1972.
- SCHIEBER, E. Present status of coffee rust in South America. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 13, p. 375-382, sep. 1975.
- SIDDIQI, M. A. Incidence, development and symptoms of *Cercospora* disease of coffee in Malawi. **Transactions of the British Mycological Society**, London, v. 54, n. 3, p. 415-421, jun. 1970.
- SILVA, C. A. da; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 387-394, mar. 2008.
- SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; TEIXEIRA, M. M. Variabilidade espacial da produtividade e teores de macronutrientes nas folhas de duas variedades de café arábica. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 5, p. 337-345, set./out. 2009.
- SILVA, V. A.; REZENDE, J. C. de; BOTELHO, C. E. **Novas cultivares de café desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético da EPAMIG**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2010.
- SILVA-ACUÑA, R.; ZAMBOLIM, L.; CRUZ, C. D.; VALE, F. X. R. do. Estudo epidemiológico da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) utilizando a análise de trilha. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 425-430, dez. 1998.
- SILVA-ACUÑA, R.; ZAMBOLIM, L.; GONZALEZ-MOLINA, E. de C. Estratégias de controle químico da ferrugem em cafeeiros sombreados na Venezuela. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 377-383, set. 1994.

SOTO-PINTO, L.; PERFECTO, I.; CABALLERO-NIETO, J. Shade over coffee: its effects on berry borer, leaf rust and spontaneous herbs in Chiapas, Mexico. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 55, n. 1, p. 37–45, jun. 2002.

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**, Berlin, v. 159, n. 1, p. 6-11, jan. 2011.

STAVER, C.; GUHARAY, F.; MONTERROSO, D.; MUSCHLER, R. G. Designing pest-suppressive multistrata perennial crop systems: shade-grown coffee in Central America. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 53, n. 2, p. 151-170, nov. 2001.

SUBBARAO, K. V.; HUBBARD, J. C.; SCHULBACH, K. F. Comparison of lettuce diseases and yield under subsurface drip and furrow irrigation. **Phytopathology**, St. Paul, v.87, n. 8, p. 877-883, aug. 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TALAMINI, V.; POZZA, E. A.; SOUZA, P. E.; SILVA, A. M. Progresso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com diferentes épocas de início e parcelamentos da fertirrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 141-149, jan./fev. 2003.

TALAMINI, V.; SOUZA, P. E.; POZZA, E. A.; SILVA, A. M.; BUENO FILHO, J. S. S. Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em diferentes lâminas de irrigação e diferentes parcelamentos de adubação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 55-62, jan./fev. 2001.

VALENCIA, A. G. Estudio fisiológico de la defoliación causada por *Cercospora coffeicola* en el cafeto. **Cenicafé**, Colombia, v. 21, n. 3, p. 105-114, set. 1970.

VASCO, G. B. **Incidência da cercosporiose em frutos de café irrigado sobre diferentes densidades de plantio**. 2010. 37 p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

WARD, H. M. On the morphology of *Hemileia vastatrix* Berk and Br. (the fungus of the coffee disease of Ceylon). **Quarterly Journal of Microscopical Science** (New Series) v. 22, p. 1-11, and plate I-III, apr. 1882a.

WARD, H. M. Research on the life history of *Hemileia vastatrix*, the fungus of the coffee leaf disease. **Journal of the Linnean Society of London, Botany**, London, v. 19, n. 121, p. 299-335, aug. 1882b.

WELLMAN, F. L. The rust *Hemileia vastatrix* now firmly established on coffee in Brazil. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 54, n. 7, p. 539-541, sep. 1970.

WOODWARD, J. E.; BRENNEMAN, T. B.; KEMERAIT Jr., R. C.; SMITH, N. B.; CULBREATH, A. K.; STEVENSON, K. L. Use of resistant cultivars and reduced fungicide programs to manage peanut diseases in irrigated and nonirrigated fields. **Plant Disease**, St. Paul, v. 92, n. 6, p. 896-902, jun. 2008.

XIAO, C. L.; SUBBARAO, K. V. Effects of irrigation and *Verticillium dahliae* on cauliflower root and shoot growth dynamics. **Phytopathology**, St. Paul, v. 90, n. 9 p. 995-1004, sep. 2000.

XIAO, C. L.; SUBBARAO, K. V.; SCHULBACH, K. F.; KOICE, S. T. Effects of crop rotation and irrigation on *Verticillium dahliae* microsclerotia in soil and wilt in cauliflower. **Phytopathology**, St. Paul, v. 88, n. 10, p. 1046-1055, out. 1998.

ZADOKS, J. C.; SCHEIN, R. D. **Epidemiology and plant disease management**. Oxford: University Press Inc. New York. 427 p. 1979.

CAPÍTULO 2

Aspectos epidemiológicos da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro irrigado por pivô central

RESUMO

A técnica da irrigação vem sendo cada vez mais adotada na cafeicultura. Assim, necessita-se conhecer o fornecimento eficaz de água para as plantas no progresso de enfermidades na lavoura, visando à redução das perdas. Dessa forma, objetivou-se, nesta pesquisa, entender como a irrigação por aspersão tipo pivô central, utilizando-se diferentes lâminas de água (% Kc), pode influenciar a análise temporal de epidemias da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro, em folhas e frutos. O trabalho foi conduzido em Lavras, MG, amostrando-se as doenças foliares do cafeeiro no terço mediano da planta, em cada face de exposição da lavoura. Nos frutos, a cercosporiose foi amostrada no terço superior e mediano da planta. Fez-se, também, o monitoramento da concentração de esporos dos patógenos dispersos no ar, durante a avaliação das doenças. Observou-se que diferentes lâminas de irrigação, pelo método da aspersão por pivô central, influenciaram a intensidade da ferrugem e da cercosporiose em folhas de cafeeiro. A maior intensidade da ferrugem ocorreu no tratamento não irrigado, e a menor, nas maiores lâminas de irrigação. A irrigação por pivô central reduziu a concentração de propágulos de *Hemileia vastatrix* dispersos no ar, devido ao impacto das gotas de água, refletindo em menor severidade da ferrugem do cafeeiro na lâmina de 100% Kc. Observou-se maior progresso da intensidade da ferrugem no tratamento não irrigado, enquanto a menor intensidade ocorreu nas maiores lâminas de irrigação de 100%, 120% e 140% Kc. Houve maior intensidade da doença na face sul de exposição da lavoura à luz solar. Ao contrário, notou-se que a cercosporiose aumentou com o fornecimento de maiores lâminas de irrigação por pivô central, registrando-se as maiores incidências da doença nas lâminas de 100% e 140% Kc e menor no tratamento não irrigado. O enfolhamento do cafeeiro também aumentou de forma linear com o incremento das lâminas de irrigação. Não houve influência de lâminas de irrigação e do terço das plantas do cafeeiro na incidência da cercosporiose nos frutos. Ainda, observou-se maior progresso da cercosporiose na face de exposição norte do cafeeiro, devido à maior luminosidade. Do ponto de vista epidemiológico, pode-se observar que o comportamento da ferrugem e da cercosporiose, em

cada face de exposição do cafeeiro à luz solar, ocorre como em lavouras distintas.

Palavras-chave: Irrigação por aspersão. Molhamento foliar. Aerobiologia.

ABSTRACT

Irrigation has been used widely on coffee growth in Brazil. Knowledge of water effects on plant diseases is necessary to better manage irrigation. This research evaluated the center pivot irrigation, with different water levels, on the time analysis of leaf rust and brown eye spot at coffee leaves and fruits. The experiment was carried out in Lavras-MG (Brazil), monitoring plant diseases at medium third part of plant height. Number of spores dispersed in air was also evaluated. It was observed that different water depths applied through center pivot irrigation influenced the intensity of leaf rust and brown eye spot in coffee plants. Largest intensity of leaf rust was observed at non irrigated plants and the lowest at irrigated ones. Irrigation by center pivot decreased the concentration of *Hemileia vastatrix* spores, possibly due to water drop impact, reflecting on lesser severity at plants irrigated with 100% of crop coefficient – Kc value. It was observed that the largest leaf rust progress was observed at non irrigated plants and the lowest at plants irrigated with water depths equivalent to 100%, 120% and 140% Kc. Larger incidence was observed on those plants less exposed to sun radiation such as those exposed to South direction. On the other hand, leaf brown eye was larger when more water was applied, with largest incidences at plants irrigated with 100 and 140% Kc while the incidence was the lowest at non irrigated plants. It was observed that number of leaves on coffee increased linearly as water depth increased. Considering brown eye spot, no difference was observed among water levels neither the position at the plant (low, medium or higher third part). Larger progress of this disease was observed on those plants exposed to North direction, possibly due to larger sun exposition. Comparing South and North direction, leaf rust and brown eye spot incidence occurred as if different coffee fields were being evaluated.

Keywords: Sprinkler irrigation. Leaf wetting. Air-biology.

1 INTRODUÇÃO

Técnicas de irrigação beneficiam, significativamente, sistemas de cultivos vegetais em todo o mundo (HARMANTO et al., 2005; TANG; LI; ZHANG, 2005; BRYLA et al., 2005; MORALES et al., 2010). Entre as principais vantagens citam-se o incremento de produtividade e o aumento da eficiência do uso de água e de fertilizantes, além de possibilitar a fungigação como prática de manejo de doenças (AJWA et al., 2002; BROWNE et al., 2002; BRYLA et al., 2005; WOODWARD et al., 2008). Porém, o cultivo em sistema irrigado pode influenciar a intensidade de doenças (ROTEM; PALTI, 1969; LUDY; POWELSON; HEMPHILL JR, 1997; JEFFERSON; GOSSEN, 2002; BROWNE et al., 2002), responsáveis por perdas na cultura.

O fornecimento de água por meio da irrigação por aspersão pode modificar o microclima da lavoura e ocasionar aumento do período de molhamento foliar, da umidade relativa do ar e reduzir a temperatura na copa das plantas (ROTEM; PALTI, 1969; LUDY; POWELSON; HEMPHILL JR, 1997; BROWNE et al., 2002), proporcionando um ambiente favorável ao progresso de doenças. Tais modificações microclimáticas não ocorrem em lavouras irrigadas por gotejamento (SUBBARAO; HUBBARD; SCHULBACH, 1997; XIAO et al., 1998; XIAO; SUBBARAO, 2000).

No cafeeiro, o fornecimento de lâminas de irrigação por gotejamento aumenta a intensidade da ferrugem (MIRANDA et al., 2006) e diminui a de cercosporiose (TALAMINI et al., 2003; SANTOS; SOUZA; POZZA, 2004). Porém, não promove formação de água livre na superfície foliar. No Brasil, a irrigação pelo método da aspersão também é uma técnica economicamente viável (LIMA; CUSTÓDIO; GOMES, 2008; SILVA; TEODORO; MELO, 2008; SILVA, 2009), tornando-se necessários estudos detalhados sobre o comportamento das doenças do cafeeiro nesse sistema de cultivo, devido ao

molhamento foliar ocasionado. Conhecendo-se o efeito da irrigação por aspersão com diferentes níveis de lâminas sobre as doenças e os patógenos no cafeeiro, táticas de fuga podem ser obtidas, evitando-se condições predisponentes às epidemias em campo, com a escolha adequada do método de fornecimento de água.

Dessa forma, neste trabalho, objetivou avaliar alguns aspectos epidemiológicos da ferrugem e da cercosporiose em lavoura cafeeira irrigada por pivô central, sob diferentes lâminas de água, com base no valor do coeficiente da cultura (% Kc).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Campo experimental

O estudo foi realizado no período de abril a setembro de 2009, em área experimental localizada no Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) (Figura 1 A), em Lavras, MG, situada na latitude 21°13'43" Sul, longitude 44°58'38" Oeste e altitude de 918 m. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico, possuindo o terreno 14% de declividade no sentido norte/sul, caracterizado como textura do tipo muito argilosa, com 76% de argila, 22% de areia e 2% de silte. Considerando a primeira camada de 0 a 25 cm, o solo possui densidade aparente média igual a 1,29 g cm⁻³ e densidade de partículas de 2,67 g cm⁻³ (CUSTÓDIO et al., 2009).

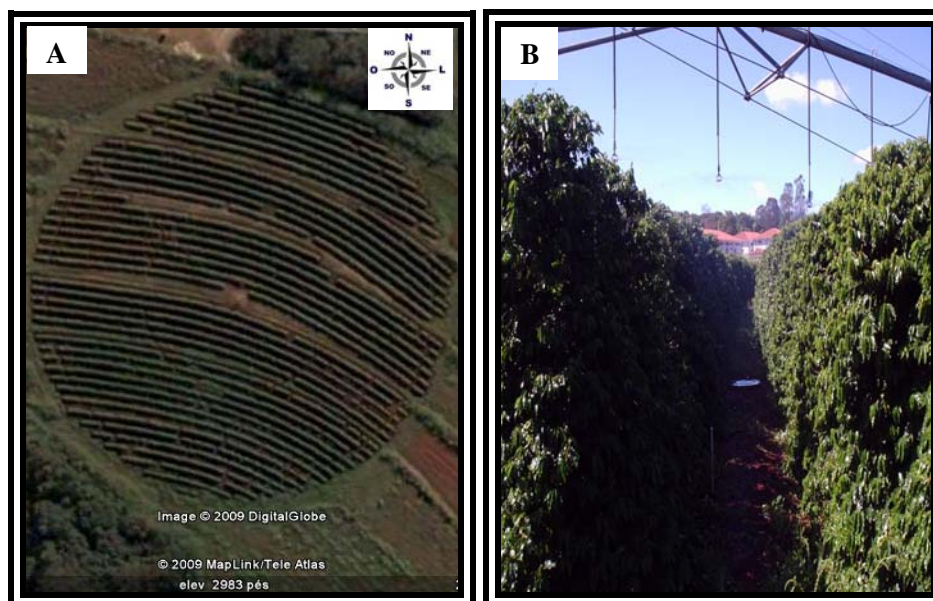


Figura 1 Imagem de satélite (A) e vista parcial do campo experimental (B). UFLA, Lavras, MG, 2011. (A) Fonte: <http://earth.google.com>

A cultivar plantada na área, suscetível à ferrugem e à cercosporiose do cafeeiro, foi a ‘Rubi – MG 1192’ (*Coffea arabica* Lineu, 1753). O plantio foi realizado, em nível, no mês de março de 1999, no espaçamento de 3,5 m entre as linhas e 0,8 m entre as plantas, ocupando área útil de 2,8 m² planta⁻¹ e densidade populacional de 3.571 plantas ha⁻¹.

2.2 Delineamento do campo experimental

O delineamento foi em blocos casualizados, com três repetições e seis tipos de tratamentos nas parcelas. As lâminas de água aplicadas em função do coeficiente da cultura (Kc) corresponderam aos tratamentos sendo lâminas de 0% (não irrigado), 60%, 80%, 100%, 120% e 140% de valores pré-definidos de Kc (jan-mar = 1,10, abr-jul = 0,90, ago-out=1,30 e nov-dez=1,15). A área experimental circundada pelo pivô central foi dividida em áreas menores (segmentos de 20°), em formato esquema “fatias de pizza”, as quais constituíram as 18 parcelas. Cada parcela foi formada por oito plantas distribuídas em fileira, sendo todas consideradas úteis. Como todas as parcelas se localizaram completamente dentro da lavoura e um número significativo de plantas de cada extremidade serviu como bordadura.

2.3 Sistema e manejo da irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi por aspersão, tipo pivô central. A área irrigada correspondeu a 1,6 ha, contendo dois vãos que totalizam 67,5 m de extensão e um lance em balanço de 4 m, perfazendo um raio molhado de 71,5 m. O pivô central foi equipado com emissores tipo difusor (spray), distanciados, aproximadamente, 2,20 m entre si e 2,0 m das copas das plantas (Figura 1 B).

A lâmina de água aplicada foi definida em função da evapotranspiração acumulada no período entre as irrigações. Foi adotado turno de rega fixo, com irrigações realizadas às segundas, quartas e sextas-feiras. A evapotranspiração da cultura foi obtida a partir da evaporação do tanque Classe “A” (ECA), de acordo com as exigências hídricas da cultura sugeridas por Santinato; Fernandes; Fernandes (2008). Foram considerados, para o cálculo da irrigação, os coeficientes do tanque, da cultura (K_c) e a precipitação que possa ter ocorrido no período, ao longo dos anos de 2007, 2008 e 2009. Quando o balanço entre a ECA e a precipitação foi nulo ou a favor das precipitações, não foram realizadas irrigações. As diferentes lâminas de água, controladas mediante o ajuste da velocidade do pivô correspondentes aos tratamentos, sendo lâminas de 0% (não irrigado), 60%, 80%, 100%, 120% e 140% de valores pré-definidos de K_c , conforme o ciclo fenológico do cafeeiro (01/janeiro a 30/março = 1,10; 01/abril a 31/julho = 0,90; 01/agosto a 31/outubro = 1,30 e 01/novembro a 31/dezembro = 1,15). No tratamento não irrigado (testemunha), o pivô central deslocou-se sobre as parcelas, sem aplicar água. A fonte de água utilizada na irrigação foi proveniente de uma barragem situada nas proximidades da área experimental.

2.4 Variáveis climatológicas

Os dados utilizados foram obtidos da estação climatológica principal de Lavras (ECP), localizada no campus da UFLA, a uma distância de 380 m do local do experimento, pertencente ao 5º Distrito em Meteorologia, em convênio entre o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a mesma universidade. Os dados corresponderam aos valores diários, obtidos da média de, pelo menos, três das quatro observações meteorológicas, de acordo com o Tempo Médio de Greenwich (TMG). O período de monitoramento ocorreu entre os meses de abril e setembro de 2009.

Os dados obtidos foram das variáveis ambientais temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima, umidade relativa do ar, precipitação e horas de insolação. Em seguida, fez-se a correlação de Pearson com a intensidade das doenças, com auxílio do programa SAS versão 8.1 (SAS Institute, Cary, NC).

2.5 Avaliação das doenças

Avaliaram-se a ferrugem e a cercosporiose nas folhas do cafeeiro, observando-se os sintomas e sinais pertinentes às doenças, em intervalos de 19 dias, pelo método não destrutivo, feito na própria planta. Amostraram-se oito folhas por planta, sendo quatro folhas em cada face de exposição das plantas, voltadas para os hemisférios norte e sul, que corresponderam aos tratamentos secundários. As folhas foram tomadas aleatoriamente no terço mediano da planta, entre o 3º ao 4º par de folhas dos ramos plagiotrópicos, conforme metodologia proposta por Lima (1979). Avaliou-se a incidência das doenças por quantificação do número de folhas com presença de lesões em relação ao total amostrado (Talamini et al., 2001), conforme a Equação 1.

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

em que

I (%) = incidência em porcentagem;

NFD = número de folhas doentes;

NTF = número total de folhas.

Avaliou-se também a severidade da ferrugem e da cercosporiose, nas folhas com incidência das doenças, estimadas, respectivamente, com auxílio das escalas diagramáticas propostas por Kushalappa e Chaves (1981) e por Oliveira et al. (2001).

Realizou-se a amostragem da incidência da cercosporiose em frutos de café quando os frutos atingiram o estágio próximo à maturidade fisiológica, correspondente ao fruto “cereja”, pelo método destrutivo. Os frutos foram coletados aleatoriamente, em ramos plagiotrópicos do terço superior e mediano da planta, conforme realizado por Vasco (2010) e Santos (2010). No terço superior, foram amostrados 160 frutos por parcela, sendo 20 frutos em cada uma das 8 plantas úteis, provenientes dos 4 pontos cardeais. No terço mediano, também foram amostrados 20 frutos por planta, sendo 10 frutos em cada face de exposição (nas 8 plantas úteis), totalizando 80 frutos por face e 160 frutos por parcela. Em seguida, as amostras foram levadas ao Laboratório de Epidemiologia e Manejo, no Departamento de Fitopatologia da UFLA, para contagem da incidência.

A incidência da cercosporiose foi obtida a partir da relação do número de frutos com sintomas e o número total de frutos amostrada, conforme Santos; Souza; Pozza (2004), no final do mês de maio do ano agrícola de 2008/2009. A partir desses valores, foram realizadas análises de variância da incidência da doença.

2.6 Enfolhamento do cafeeiro

Concomitante à avaliação das doenças, também foi avaliado o enfolhamento das parcelas, atribuindo notas nas parcelas experimentais com auxílio da escala desenvolvida por Boldini (2001). A escala diagramática é composta por notas de 1 a 5, de acordo com a porcentagem de enfolhamento das

plantas, sendo 1 (0% a 20 % de enfolhamento); 2 (21% a 40%); 3 (41% a 60%); 4 (61% a 80%) e 5 (81% a 100%).

2.7 Área abaixo da curva de progresso da doença e do enfolhamento

Os valores obtidos da avaliação da ferrugem e da cercosporiose nas folhas do cafeeiro e do enfolhamento das parcelas ao longo do tempo foram previamente transformados em área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e do enfolhamento (AACPE), segundo Shaner e Finney (1977), conforme a Equação 2. Em seguida, com os resultados, foram realizadas as análises de variância.

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

em que

AACP= área abaixo da curva de progresso da doença (D) ou enfolhamento (E);

Y_i = proporção da doença na i-ésima observação;

T_i = tempo em dias na i-ésima observação;

n= número total de observações.

2.8 Aerobiologia de propágulos de *Hemileia vastatrix* e *Cercospora coffeicola*

Fez-se o monitoramento da concentração de urediniósporos de *Hemileia vastatrix* e de conídios de *Cercospora coffeicola* dispersos no ar, na lavoura cafeeira experimental, no período de abril a julho de 2009. Para a amostragem, foi utilizado o coletor ‘Rotorod Sampler’ modelo 20, que possui duas hastes

coletoras de acrílico transparente, com dimensões de 1,54 x 1,52 x 22 mm. As hastes foram untadas com vaselina líquida para retenção dos esporos fúngicos. A concentração de esporos (C) foi obtida a partir da fórmula $C = P/V$, sendo P o número de esporos mensurados e V, o volume de ar amostrado. O equipamento foi ligado durante 15 minutos em cada avaliação, tendo sido amostrado o volume de ar correspondente a 0,00632 m³.

No presente estudo, o equipamento foi posicionado a 1,50 m de altura em relação ao nível do solo, no centro da parcela experimental, entre duas fileiras de cafeeiro, realizando a coleta dos propágulos entre os meses de abril e julho de 2009, no horário compreendido entre às 08h00 e 10h00, conforme proposto por Oliveira (2005). Fizeram-se todas as coletas dos esporos nas proximidades das mesmas parcelas experimentais, correspondendo ao tratamento não irrigado (testemunha) e irrigado (100% Kc), antes e após o deslocamento do pivô central sob as plantas (Figura 2). A lâmina de água aplicada foi definida em função da evapotranspiração acumulada no período entre as irrigações, conforme mencionado no item 2.1.2.

Em seguida, fez-se a contagem do número de esporos dos patógenos no Laboratório de Epidemiologia e Manejo (DFP/UFLA), com auxílio de microscópio óptico de luz, com objetiva de aumento em 40 vezes. Utilizando-se o software SAS versão 8.1 (SAS Institute, Cary, NC), foram realizadas correlações entre as concentrações de esporos nas duas lâminas de irrigação com as variáveis ambientais e com a severidade da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro, por meio do teste de correlação de Pearson.

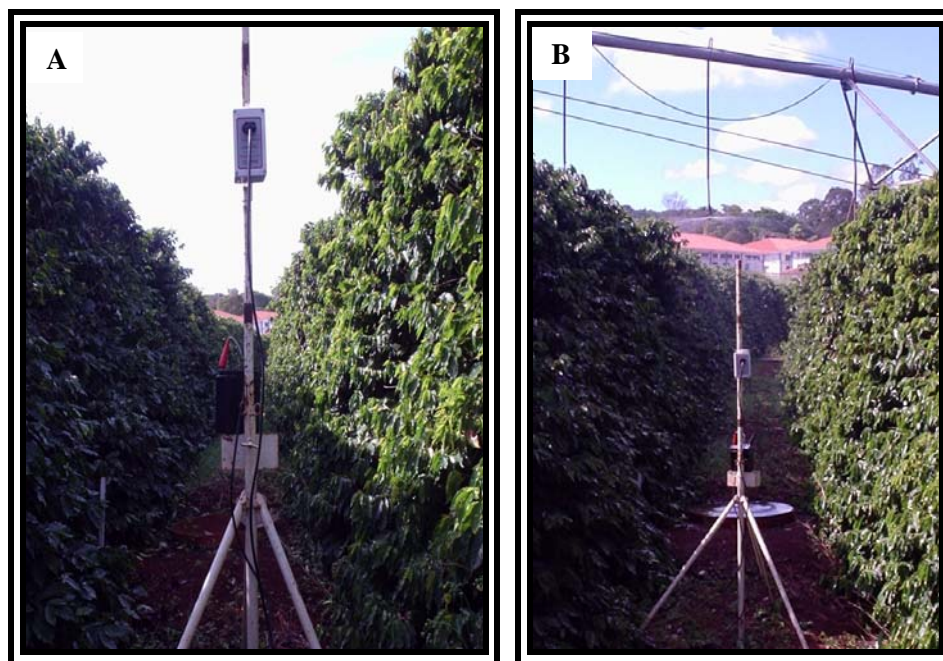


Figura 2 Equipamento para coleta de esporo instalado na lavoura cafeeira, antes (A) e após (B) a irrigação por pivô central com lâmina de 100% Kc (AT4). UFLA, Lavras, MG, 2011

2.9 Produtividade do cafeeiro irrigado

A colheita das parcelas experimentais foi feita de forma manual sobre “pano”, iniciando-se quando houve 10% de frutos verdes nas plantas. Após a derriça, o volume, em litros do café, colhido da lavoura foi registrado. Em seguida, estimou-se a produtividade (sacas de 60 kg ha⁻¹) referente à safra do ano agrícola 2008/2009, com base em volume do café da lavoura.

2.10 Tratos culturais

Os tratos culturais do campo experimental foram feitos de maneira convencional. As adubações da cultura foram realizadas com base nos resultados

da análise química do solo, complementadas conforme o laudo da análise química foliar e interpretadas de acordo com Santinato; Fernandes; Fernandes (2008). Nas parcelas em que foram avaliadas as doenças, não foram realizadas aplicações de fungicidas.

2.11 Análise estatística

Realizou-se a análise de variância da área abaixo da curva de progresso das doenças foliares e do enfolhamento, da incidência da cercosporiose em frutos e da produtividade das parcelas. A análise de variância ($p < 0,05$) foi realizada com auxílio do programa SISVAR[®] (FERREIRA, 2000). As variáveis significativas quantitativas no teste de F foram submetidas à análise de regressão, ajustando-se o modelo estatístico adequado. Os cálculos foram efetuados e os gráficos plotados utilizando-se o software Microsoft[®] Excel[®] 2007.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ferrugem do cafeeiro

Lâminas de irrigação por pivô central

Houve influência significativa das diferentes lâminas de irrigação, pelo método da aspersão por pivô central, na incidência ($p < 0,01$) e na severidade ($p < 0,05$) da ferrugem do cafeeiro. Houve maior intensidade da doença no tratamento não irrigado e menor nas lâminas de irrigação acima de 100% Kc (Gráficos 1 e 2).

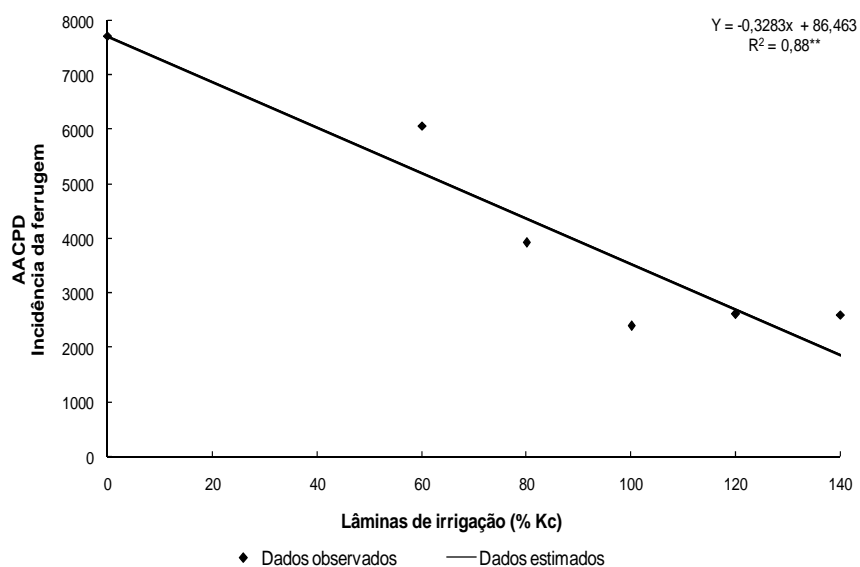


Gráfico 1 Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) na incidência da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) do cafeeiro (*Coffea arabica*), sob diferentes lâminas de irrigação por pivô central. UFLA, Lavras, MG, 2011

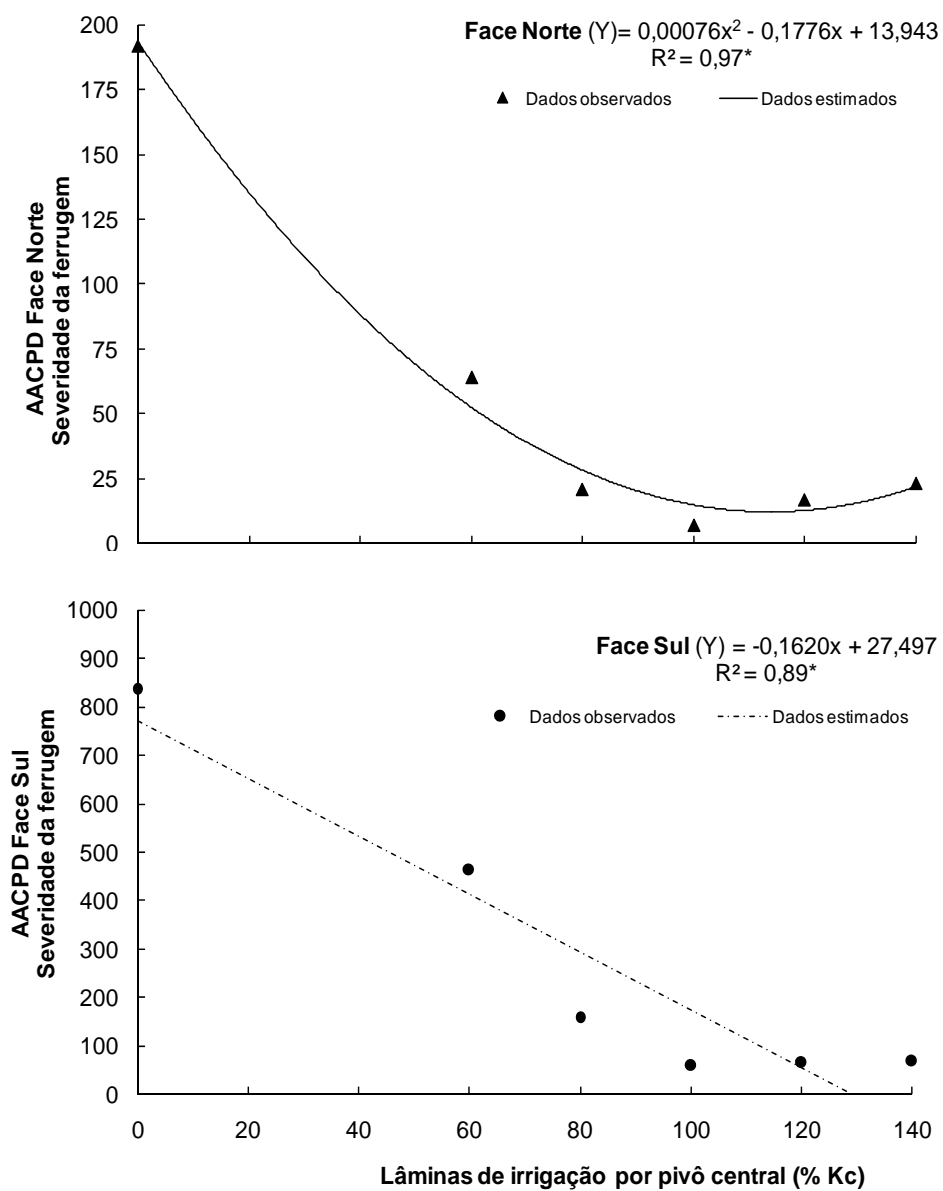


Gráfico 2 Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) na severidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) do cafeeiro (*Coffea arabica*), em cada face de exposição da planta (norte e sul), sob diferentes lâminas de irrigação por pivô central. UFLA, Lavras, MG, 2011

Foi registrada maior incidência da ferrugem (7727,35) no tratamento não irrigado e tendência de redução linear da doença com o aumento das lâminas de irrigação. Nos tratamentos irrigados, houve maior incidência (6078,13) da ferrugem na lâmina de 60% Kc e menor incidência (2402,08) na lâmina de 100% Kc (Gráfico 1).

Quanto à severidade da ferrugem, houve interação significativa entre os fatores lâminas de irrigação e face de exposição da planta, ocorrendo maior severidade da doença na face de exposição sul da planta, quando comparada à face norte (Gráfico 2). Verificaram-se, na face sul, valores de AACPD máximo e mínimo, respectivamente, de 834,28, no tratamento não irrigado e de 58,63, na lâmina de 100% do Kc, enquanto, na face norte da planta, os valores máximos e mínimos foram, nos mesmos tratamentos, respectivamente, de 191,78 e 6,91. Verificou-se que, na face de exposição sul da planta, o modelo linear foi o que melhor se ajustou ($R^2 = 0,89$). Já na face norte, o melhor ajuste apresentado ($R^2 = 0,97$) correspondeu ao modelo polinomial quadrático (Gráfico 2).

No presente estudo, os resultados obtidos discordam dos relatados em diversos trabalhos conduzidos em campo, em vários países de diferentes localidades do mundo, citando-se a Nicarágua (STAVÉR et al., 2001), a Costa Rica (STAVÉR et al., 2001), o México (SOTO-PINTO et al., 2002) e Honduras (AVELINO; WILLOCQUET; SAVARY, 2004) na América Central; a Colômbia (JARAMILLO-ROBLEDO; GÓMEZGÓMEZ, 1989) e o Brasil (CARVALHO, 1998; CHALFOUN; CARVALHO; PEREIRA, 2001; SALGADO et al., 2007; PAIVA et al., 2011), na América do Sul; o Quênia (BOCK, 1962) e a Etiópia (HINDORF; OMONDI, 2010), no leste da África e o sul da Índia (MAYNE, 1930). Em todos os casos, os autores mencionam que o aumento do período de molhamento foliar, ocasionando uma fina camada de água, seja pelo orvalho, pela neblina, pela chuva ou pela irrigação, é responsável

por maior intensidade da ferrugem do cafeeiro na lavoura, por favorecer a sua taxa de progresso.

Gomes et al. (2002), na mesma área experimental do presente estudo, observaram que, nas lâminas de irrigação acima de 100% ECA, houve menor incidência da ferrugem do cafeeiro, possivelmente pela remoção dos urediniósporos da *Hemileia vastatrix* nas folhas infectadas. Porém, esses resultados não ocorrem em cafeeiro irrigado por gotejamento (TALAMINI et al., 2001; BOLDINI, 2001; Santos, 2002 e Miranda et al.; 2006). No sul de Minas Gerais, os autores não verificaram efeito das diferentes lâminas de água (0%, 40%, 60%, 80% e 100% ECA) sobre a incidência da doença, atribuindo esse resultado à distribuição de água, realizada de forma localizada. Citam os autores que a falta de molhamento foliar provavelmente desfavoreceu a germinação e a disseminação do patógeno na lavoura. Tais benefícios do método da irrigação por gotejamento, comparado ao método da aspersão, foi relatado por Roltem e Palti (1969).

Ao avaliar a ferrugem do cafeeiro no oeste de Minas Gerais, Carvalho (1998) também observou maior incidência na área irrigada por pivô central com lâmina única de água (100 mm mês⁻¹), comparada àquela irrigada por gotejamento (60, 80 e 100 mm mês⁻¹) ou ao tratamento não irrigado. O autor cita que, devido ao molhamento foliar, houve um microclima favorável ao progresso da ferrugem.

Resultados semelhantes aos obtidos no presente experimento foram observados por Miranda et al. (2006), em lavoura irrigada por gotejamento, no ano agrícola 2002/2003. Os autores observaram maior severidade da ferrugem do cafeeiro no tratamento não irrigado, comparado aos irrigados (% ECA), atribuindo esse fato à dificuldade de absorção dos nutrientes pela planta em função do déficit hídrico no tratamento não irrigado. Entretanto, esses resultados discordam dos observados por Boldini (2001), ano agrícola 1999/2000, na

mesma área experimental. O autor observou menor severidade da doença no tratamento não irrigado e maior na lâmina de 100% ECA, devido à maior produtividade e enfolhamento das parcelas. Observa-se, portanto, variação na severidade da ferrugem em lavoura irrigada por gotejamento, em anos distintos de produção.

Custódio (2008) avaliou a intensidade da ferrugem em cafeeiro irrigado por pivô central, sob diferentes lâminas de água no sul de Minas Gerais, adotando no cálculo das diferentes lâminas de água diferentes porcentagens da evaporação do tanque classe 'A' (% ECA) e coeficiente da cultura (Kc) fixo nos diferentes estádios fenológicos da lavoura. O autor observou, no ano agrícola 2004/2005, maior incidência da ferrugem no tratamento não irrigado e menor na lâmina de 140% ECA. Já o maior progresso para severidade da ferrugem ocorreu na lâmina de 80% ECA e o menor, também na lâmina de 140% ECA.

Análise aerobiológica e de correlação de urediniósporos

Na avaliação aerobiológica de urediniósporos de *Hemileia vastatrix*, antes e após a irrigação ou não das parcelas, foi registrada concentração máxima no dia 10/06/2009 no tratamento não irrigado (testemunha) e na lâmina 100% Kc, respectivamente, de 4,6 e 1,6 esporos/m³ de ar (Gráfico 3). Registrou-se, nas datas 29/04/2009, 10/06/2009 e 24/06/2009, menor concentração de urediniósporos após a irrigação da lâmina de 100% Kc. Observaram-se, ainda, altos índices de severidade da ferrugem, durante todo o período de avaliação aerobiológica, principalmente no tratamento não irrigado (Gráfico 4).

Detectou-se, no tratamento não irrigado, maior severidade da ferrugem na primeira avaliação (16,84%), no dia 30/04/2009, e menor severidade na última avaliação, no dia 08/07/2009 (1,86%). Os índices de severidade da

doença na lâmina de 100% Kc permaneceram durante todo o período, inferiores a 0,20% (Gráfico 4).

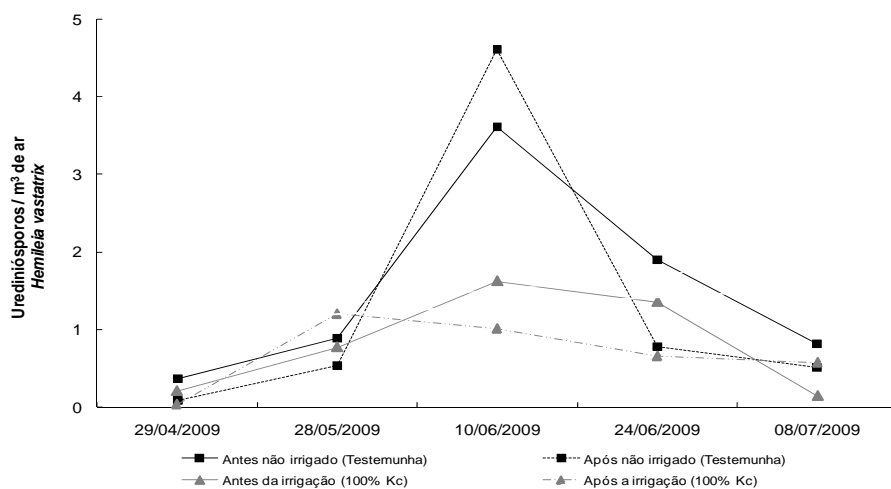


Gráfico 3 Concentração de urediniósporos de *Hemileia vastatrix* em café irrigado por pivô central, no período de abril a julho de 2009. UFLA, Lavras, MG, 2011

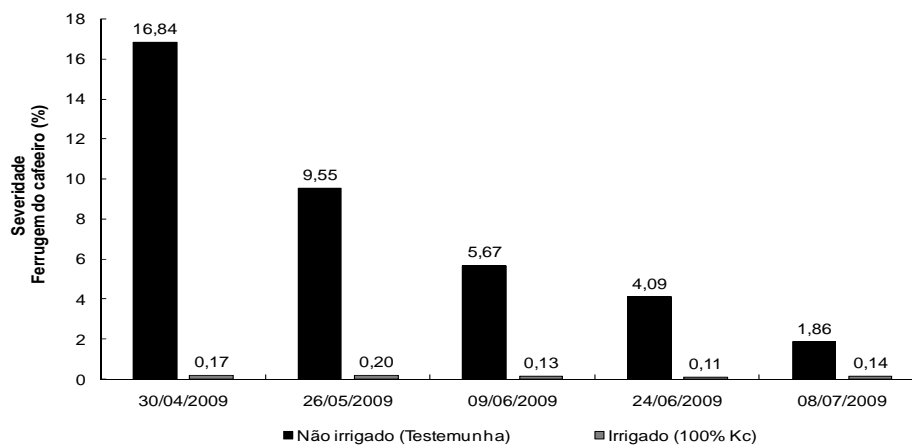


Gráfico 4 Severidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) em café (*Coffea arabica*) irrigado por pivô central, no período de abril a julho de 2009. UFLA, Lavras, MG, 2011

Na mesma área do presente experimento, Gomes et al. (2002) observaram menor incidência da ferrugem do cafeeiro nas lâminas de irrigação acima de 100% da evaporação do tanque classe “A” (ECA), sendo esse fato atribuído, possivelmente, à remoção dos esporos do fungo nas folhas infectadas.

Hirst (1953) afirma que, no início das chuvas, frequentemente ocorre aumento da concentração de inóculo nas amostras volumétricas, devido ao desalojamento de esporos nas lesões existentes nas plantas. Esse fato foi registado na quantificação de urediniósporos de *Puccinia arachidis*, agente etiológico da ferrugem do amendoim, coletado por rotorods (SAVARY; JANEAU, 1986). Sendo assim, justifica-se haver, nos dias 28/05/2009 e 08/07/2009, maior concentração de propágulos de *Hemileia vastatrix* capturados após a irrigação das parcelas experimentais, na lâmina de 100% Kc.

Na comparação entre a concentração de propágulos de *Hemileia vastatrix* dispersos no ar com a severidade da ferrugem do cafeeiro, pode-se observar que houve correlação negativa significativa ($p < 0,05$) apenas no tratamento irrigado com lâmina de 100% Kc, aos 30 dias após a coleta dos urediniósporos (Tabela 1). Verificou-se também correlação negativa significativa ($p < 0,05$) somente entre a variável climática precipitação (PP mm) e a concentração de propágulos aéreos de *Hemileia vastatrix* aos 15 e 30 dias após as avaliações aerobiológica (Tabela 2). Dessa forma, o aumento do fornecimento de chuvas de forma artificial pela irrigação com lâmina de 100% Kc, como maiores precipitações ocasionadas pelas chuvas de forma natural, reduziu a severidade da ferrugem do cafeeiro no campo.

Os resultados no presente estudo estão de acordo com os observados por Oliveira (2005), em cafeeiro não irrigado na região de Lavras, MG. Segundo o autor, não houve correlação entre a severidade da ferrugem no mesmo dia, assim como 15 dias anteriores à coleta dos propágulos aéreos. Durante o período de

coleta dos propágulos aéreos, entre 30/04/2009 e 05/08/2009, foram registradas precipitações acumuladas de 119 mm (Gráfico 5).

Tabela 1 Correlação entre a concentração de urediniósporos de *Hemileia vastatrix* em duas lâminas de irrigação (não irrigado e irrigado) e a severidade da ferrugem do cafeeiro, após três períodos. UFLA, Lavras, MG, 2011

Lâminas	Período	Correlação com a severidade
Não irrigado (testemunha)	Mesmo dia	-0,36
	15 dias após	-0,26
	30 dias após	-0,37
Irigado (100% Kc)	Mesmo dia	-0,23
	15 dias após	0,04
	30 dias após	-0,66*

*significativo, a 5% de probabilidade

Tabela 2 Correlação entre as variáveis climáticas temperatura média (T °C), umidade relativa do ar (UR%), precipitação (PP mm) e insolação (Ins horas/dia) com a severidade da ferrugem do cafeeiro, em duas lâminas de irrigação (não irrigado e irrigado), após três períodos. UFLA, Lavras, MG, 2011

Lâminas	Períodos	T	UR	PP	Ins
Não irrigado (testemunha)	Mesmo dia	-0,29	0,11	-	-0,42
	15 dias após	-0,39	0,36	-0,50	-0,62
	30 dias após	-0,32	0,21	-0,43	-0,09
Irigado (100% Kc)	Mesmo dia	0,07	-0,26	-	-0,12
	15 dias após	-0,54	0,57	-0,75*	-0,51
	30 dias após	-0,42	-0,18	-0,65*	0,20

*significativo a 5% de probabilidade

Kushalappa e Eskes (1989) citam que fortes chuvas podem conduzir a maior parte dos urediniósporos para o chão. Dessa forma, esses resultados respaldam a influência da chuva assim como da irrigação por aspersão tipo pivô central em reduzir a concentração de urediniósporos do fungo dispersos no ar, pela sua deposição ao solo. Como consequência, houve menor severidade da ferrugem na lâmina de 100% Kc.

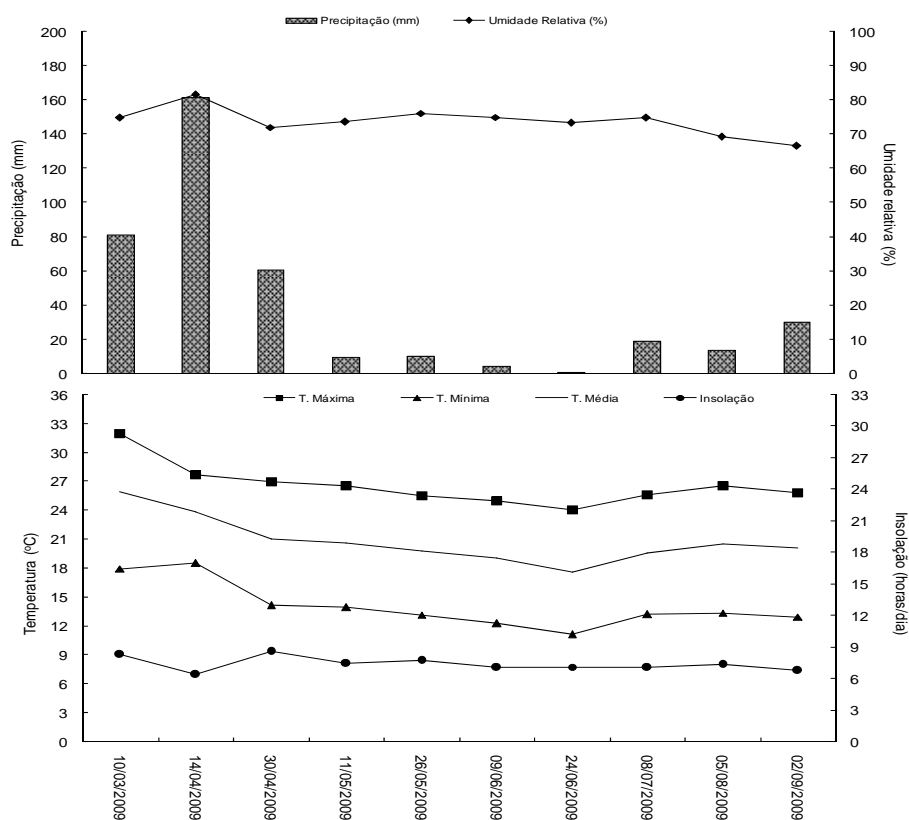


Gráfico 5 Média das variáveis climatológicas entre as avaliações da ferrugem do cafeeiro, no período de março a setembro de 2009. UFLA, Lavras, MG, 2011

Rotem e Palti (1969) afirmam que a chuva é o principal agente de dispersão de patógenos por respingos, assim como a água de irrigação. Os autores ainda citam que a remoção do inóculo das folhas superiores, promovido pela “lavagem” da água de irrigação por aspersão, sem dúvida, é responsável por grande parte das infecções que ocorrem nas folhas inferiores. Os resultados obtidos também concordam com Gregory (1973) que afirma que a chuva pode ser um importante fator na deposição de patógenos dispersos sem água (seco), a exemplo da *Hemileia vastatrix*, por ser um método muito eficiente de remoção

de partículas da atmosfera. Porém, o autor ressalta que o tamanho das partículas aéreas, assim como o da gota de chuva, compromete a deposição.

Houve também correlação negativa significativa entre a concentração de urediniósporos e a precipitação na lâmina de 100% Kc ($p < 0,01$), aos 15 e aos 30 dias anteriores à coleta dos urediniósporos, assim como no tratamento não irrigado ($p < 0,05$), aos 15 dias anteriores.

Ainda, houve maiores valores de correlação no tratamento irrigado, comparado ao não irrigado (Tabela 3). Observa-se, novamente, a influência determinante da precipitação em reduzir o número de urediniósporos suspensos no ar, nos tratamentos estudados.

Tabela 3 Correlação entre a concentração de urediniósporos de *Hemileia vastatrix* com as variáveis climáticas temperatura média (T °C), umidade relativa do ar (UR%), precipitação (PP mm) e insolação (Ins horas/dia), em duas lâminas de irrigação (não irrigado e irrigado), anteriores a três períodos. UFLA, Lavras, MG, 2011

Lâminas	Períodos	T	UR	PP	Ins
Não Irrigado (Testemunha)	Mesmo dia	-0,275	0,107	-	-0,410
	15 dias antes	-0,378	0,349	-0,479*	-0,603**
	30 dias antes	-0,308	0,204	-0,414	-0,088
Irigado (100% Kc)	Mesmo dia	0,065	-0,254	-	-0,115
	15 dias antes	-0,537*	0,559*	-0,738**	-0,504*
	30 dias antes	-0,417	-0,173	-0,637**	0,194

*significativo, a 5% de probabilidade; **significativo, a 1% de probabilidade

Assim, entre as explicações pela menor intensidade da ferrugem do cafeeiro na lâmina de 100% Kc, comparada ao tratamento não irrigado, cita-se a deposição ao solo dos urediniósporos dispersos no ar e sua remoção das folhas infectadas, proporcionada pelo impacto das gotas de água de irrigação por aspersão. Isso ocorre devido às vibrações bruscas da superfície foliar, ocasionando, em um primeiro momento, a liberação e a dispersão dos propágulos pelo impacto das gotas de água (BOCK, 1962; NUTMAN;

ROBERTS; CLARKE, 1963), depois a sua deposição ao solo (INGOLD, 1971; FITT; McCARTNEY; WALKLATE, 1989), diminuindo, assim, a intensidade da doença.

Enfolhamento da lavoura

O enfolhamento do cafeeiro apresentou influência estatística significativa ($p < 0,01$) para o fator lâminas de irrigação por aspersão. Houve aumento linear do enfolhamento do cafeeiro com o incremento das lâminas de irrigação fornecidas, sendo registrado o menor enfolhamento (2.206,2) no tratamento não irrigado e o maior enfolhamento (5998,2) na lâmina de 120% Kc (Gráfico 6, Figura 3).

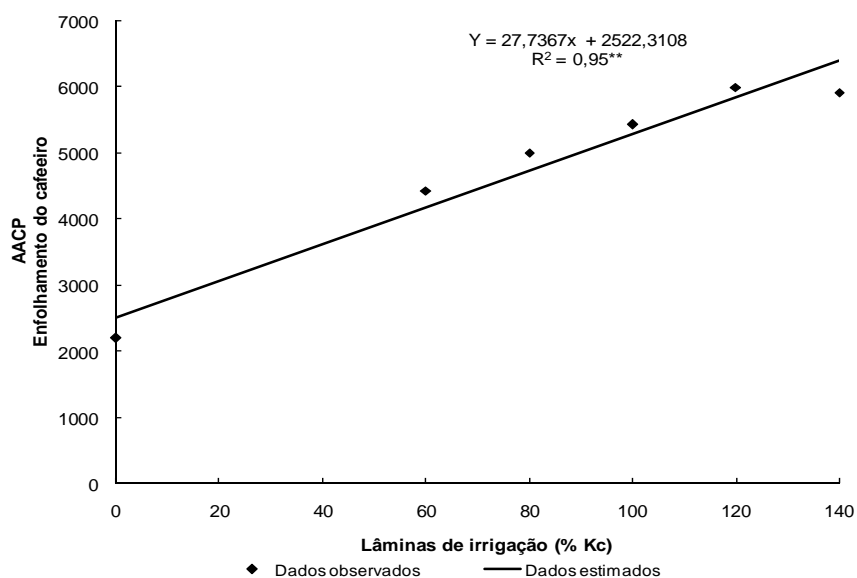


Gráfico 6 Área abaixo da curva do progresso do enfolhamento (AACPE) do cafeeiro (*Coffea arabica*) irrigado por pivô central, no período de abril a julho de 2009. UFLA, Lavras, MG, 2011



Figura 3 Grau de enfolhamento das parcelas experimentais não irrigada (AT1) e irrigada por pivô central com lâmina de 100% Kc (AT4). UFLA, Lavras, MG, 2011

Silva-Acuña et al. (1994) citam existir relação direta entre o progresso da ferrugem e a queda de folhas do cafeeiro. Segundo os autores, maiores desfolhas ocorrem em tratamentos com maiores índices de infecção que refletem na produção da safra seguinte, reduzindo a níveis baixos ou muito baixos os rendimentos da produção. Ainda, Nutman e Roberts (1970) afirmam que uma pústula pode ocasionar a queda da folha do cafeeiro. Depois das folhas mais velhas, as novas são afetadas (SCHIEBER, 1972).

Os resultados obtidos corroboram os observados em lavoura irrigada por gotejamento (BOLDINI, 2001; SANTOS; SOUZA; POZZA, 2004; MIRANDA et al., 2006). Os autores observaram tendência de incremento do enfolhamento da lavoura com o fornecimento de maiores lâminas de irrigação (% ECA). Foi observado o menor enfolhamento no tratamento não irrigado e o maior enfolhamento nas lâminas de 80% e 100% ECA. Assim, os resultados obtidos caracterizam haver associação entre a maior intensidade da ferrugem do cafeeiro

no tratamento não irrigado e a menor intensidade da doença, com o aumento do fornecimento das lâminas de irrigação (Gráficos 1 e 2). Ainda, o fornecimento de água pela irrigação em períodos críticos de déficit hídrico na cultura pode ter favorecido diferentes etapas fenológicas, beneficiando o enfolhamento, evitando o depauperamento da lavoura (SCHIEBER, 1972; CARVALHO; CHALFOUN, 1998).

Produtividade da lavoura

Observou-se influência estatística significativa ($p < 0,05$) da produtividade do cafeeiro sobre as diferentes lâminas de irrigação. Houve maior produtividade no tratamento não irrigado (32,7 sacas ha^{-1}) e menor produtividade (1,5 sacas ha^{-1}) na lâmina de 100% Kc (Gráfico 7).

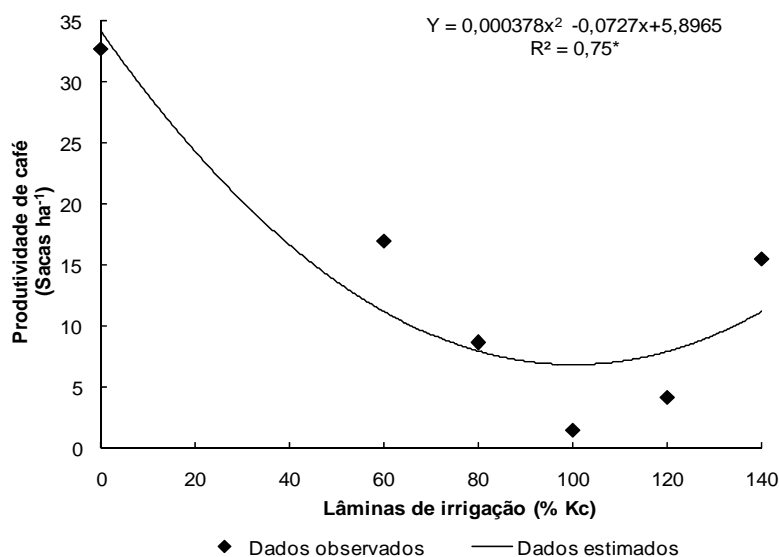


Gráfico 7 Produtividade (sacas ha^{-1}) do cafeeiro (*Coffea arabica*) irrigado por pivô central, na safra referente ao ano agrícola 2008/2009. UFLA, Lavras, MG, 2011

Frequentes relatos na literatura inferem que a produtividade e a carga pendente da lavoura predispõem o cafeeiro à maior intensidade da ferrugem, devido ao desequilíbrio nutricional ocasionado (COSTA; ZAMBOLIM; RODRIGUES, 2006; MEIRA; RODRIGUES; MORAES, 2008), sendo um fator a determinar maior ou menor grau de infecção pelo patógeno. Dessa forma, associa-se que a maior carga pendente das plantas no tratamento não irrigado pode ser um dos fatores responsáveis pela maior intensidade da ferrugem, comparada aos irrigados (Gráfico 7).

Ainda, diferente do que pode ocorrer em solos arenosos, devido ao fato de o solo da área experimental possuir textura do tipo muito argilosa, com 76% de argila, possivelmente não houve significativa lixiviação de nutrientes com o incremento de maiores lâminas de irrigação, o que poderia culminar em menor produtividade das plantas.

Os resultados obtidos discordam dos observados por Boldini (2001), Santos (2002) e Miranda et al. (2006), em lavoura irrigada por gotejamento. Citam os autores que houve tendência de maior produtividade e enfolhamento das parcelas com o incremento das lâminas de irrigação até 100% ECA, sendo registrados menor produtividade e enfolhamento no tratamento não irrigado e maiores produtividade e enfolhamento na lâmina de 100% Kc.

Justifica-se, assim, haver, no tratamento não irrigado, maior intensidade da ferrugem do cafeeiro (Gráficos 1 e 2), devido ao fato de a maior carga pendente das plantas ser um dos fatores determinantes que concorreram com o incremento da doença no campo. Entretanto, experimentos nos quais se avalie a produtividade em lavouras irrigadas por pivô central devem ser conduzidos ao menos durante cinco anos, para se obter conclusões sobre essa variável (LIMA; CUSTÓDIO; GOMES, 2008). Esse fato corrobora aos resultados obtidos por Silva (2009), na mesma área do presente estudo. O autor registrou produtividade

acumulada, nas safras de 2007 e 2008, superior na lâmina de 100% do Kc (149,7 sacas ha^{-1}) e menor no tratamento não irrigado (58,6 sacas ha^{-1}).

Curva de progresso da doença

Foram plotadas as curvas de progresso da incidência e a severidade da ferrugem, em cada face de exposição das plantas amostradas (norte e sul), assim como para a média de ambas as faces. Pode-se observar que, em todos os tratamentos durante o período avaliado, houve maior intensidade da doença na face de exposição das plantas voltadas ao sul, sendo registrados índices de até 97,0% de incidência no dia 14/04/2009 e 14,8% de severidade no dia 30/04/2009 (Gráficos 8 e 9).

Pelo gráfico de incidência e de severidade média, observa-se maior intensidade da doença no tratamento não irrigado, com índices máximos acima de 80,0% de incidência e de 8,0% de severidade na primeira avaliação (14/04/2009). Pode-se também observar que, entre os tratamentos irrigados, foram registrados maiores índices de intensidade da ferrugem na lâmina de 60% Kc, apresentando valores próximos a 60,0% de incidência em 26/05/2009 e de 4,0% de severidade em 30/04/2009. Por outro lado, observou-se que, no decorrer do período avaliado, foi registrada menor intensidade da ferrugem do cafeeiro nas maiores lâminas de irrigação, 100%, 120% e 140% Kc (Gráficos 8 e 9).

Durante a avaliação da doença, as variáveis climáticas foram favoráveis ao desenvolvimento do patógeno e da doença. Foram registrados valores de temperatura iguais a 27,0°C para a máxima, 14,0°C para a mínima e 19,0°C para a média. Registraram-se também valores médios iguais a 74,0% para a umidade relativa, 39,0 mm para a precipitação e de 7,0 horas/dia de insolação (Gráfico 5).

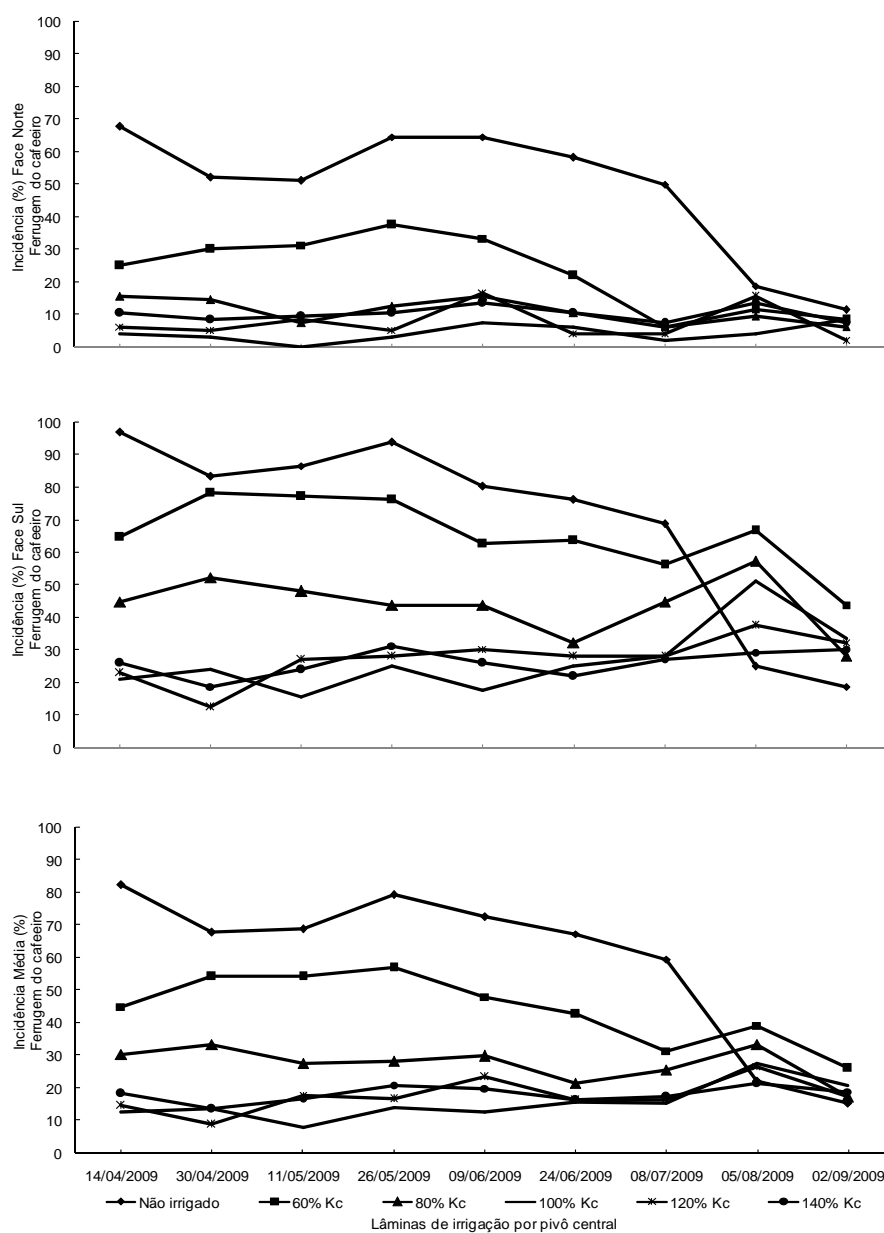


Gráfico 8 Curva do progresso da incidência da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) em cafeeiro (*Coffea arabica*) irrigado sob pivô central, quanto à face de exposição das plantas (norte e sul) e à média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011

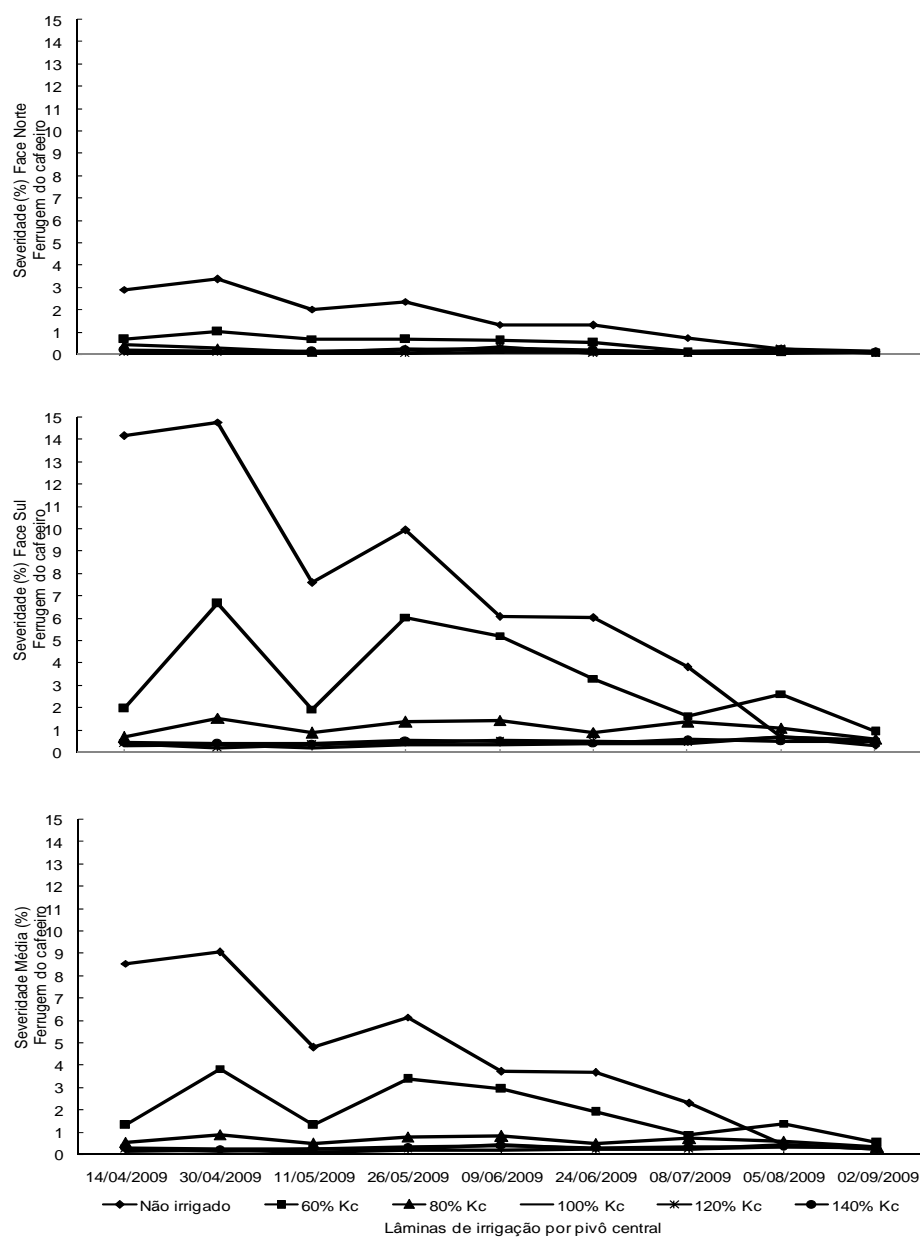


Gráfico 9 Curva do progresso da severidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) em cafeeiro (*Coffea arabica*) irrigado sob pivô central, quanto à face de exposição das plantas (norte e sul) e à média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011

Observou-se, ainda, correlação negativa significativa entre a incidência da ferrugem para a variável climática temperatura média no mesmo dia de avaliação da doença, no tratamento não irrigado (Tabela 4). Essa correlação negativa indica uma relação inversa, ou seja, à medida que a temperatura média diminui, a intensidade da ferrugem no campo aumenta (Tabela 4).

Observaram-se correlações positivas significativas entre a intensidade da ferrugem do cafeeiro no tratamento não irrigado com a umidade relativa no período avaliado, indicando uma relação direta. Assim, provavelmente, à medida que umidade relativa do ar aumentou, houve maior intensidade da doença no campo. Relação direta entre a precipitação e a insolação com ferrugem também foram observadas no tratamento não irrigado e na lâmina de 60% Kc (Tabela 4).

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) na área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) da ferrugem do cafeeiro quanto à face da planta. Foi registrada maior incidência da doença na face sul (6626,7), quando comparada à face norte (2499,3) de exposição da planta à luz solar (Gráfico 10).

Esse resultado está de acordo com os observados por Custódio (2008), na mesma área do presente estudo, nos anos agrícolas 2004/2005 e 2005/2006. Staver et al. (2001) mencionam que a ferrugem ocorre principalmente em lavouras estabelecidas em locais sombreados. Esse fato ocorre devido à ausência de luz aumentar o molhamento foliar, diminuindo o déficit pressão de vapor de água da atmosfera assim como a sua evaporação, fatores essenciais à germinação e à penetração dos urediniosporos da *H. vastatrix* (CARAMORI; ANDROCIOLI; LEAL, 1996), estabelecendo assim suas relações parasíticas no interior da célula vegetal (HOCKING, 1968).

Tabela 4 Correlação entre a incidência e a severidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) do cafeeiro (*Coffea arabica*) com as variáveis climáticas temperatura média (T °C), umidade relativa do ar (UR%), precipitação (PP mm) e insolação (Ins horas/dia) e lâminas de irrigação (L.I.), anteriores a três períodos (P.). UFLA, Lavras, MG, 2011

L.I.	P.	T Média		U.R.		P.P.		Ins.	
		Inc.	Sev.	Inc.	Sev.	Inc.	Sev.	Inc.	Sev.
0	No dia	-0,45**	-0,10	0,39**	0,20	0,27*	0,25	-0,03	-0,05
	15 dias	0,02	0,20	0,47**	0,22	0,16	0,20	0,40*	0,30*
	30 dias	0,17	0,33*	0,67**	0,40**	0,29*	0,38**	0,16	0,09
60	No dia	-0,07	-0,08	0,09	-0,01	0,02	-0,09	0,07	0,08
	15 dias	0,05	-0,05	0,04	-0,01	-0,06	-0,14	0,27*	0,31*
	30 dias	0,13	0,06	0,19	0,16	0,10	0,04	0,26	0,25
80	No dia	-0,07	-0,11	0,14	0,07	0,04	-0,04	-0,12	-0,05
	15 dias	0,13	-0,01	-0,03	-0,00	-0,00	-0,07	0,13	0,17
	30 dias	0,11	0,00	0,11	0,11	0,09	0,01	0,09	0,09
100	No dia	0,13	0,12	-0,09	-0,14	-0,08	-0,10	-0,10	-0,06
	15 dias	0,02	-0,03	-0,19	-0,17	-0,07	-0,07	-0,17	-0,19
	30 dias	-0,08	-0,11	-0,24	-0,24	-0,13	-0,15	-0,09	-0,12
120	No dia	-0,02	-0,04	0,01	0,01	-0,06	-0,04	-0,05	-0,08
	15 dias	-0,02	-0,02	-0,07	-0,05	-0,09	-0,08	-0,12	-0,13
	30 dias	-0,11	-0,10	-0,11	-0,08	-0,16	-0,15	0,02	-0,01
140	No dia	0,04	-0,07	0,02	0,04	0,00	-0,03	-0,04	-0,04
	15 dias	0,02	-0,04	0,02	0,03	-0,00	-0,03	-0,09	-0,02
	30 dias	-0,03	-0,07	-0,05	0,01	-0,07	-0,08	-0,00	0,00

*significativo, a 5% de probabilidade; **significativo, a 1% de probabilidade

Dessa forma, a maior intensidade da ferrugem do cafeeiro na face de exposição das plantas voltadas ao sul, nas coordenadas geográficas do presente estudo, provavelmente ocorreu devido à menor exposição à luz solar para a folhagem das plantas que estão localizadas no hemisfério sul do globo terrestre (VIANELLO; ALVES, 1991), diferente da folhagem da face sul das plantas

localizadas no hemisfério norte do globo terrestre, exposta à maior insolação (ROBERTS; PAUL, 2006).

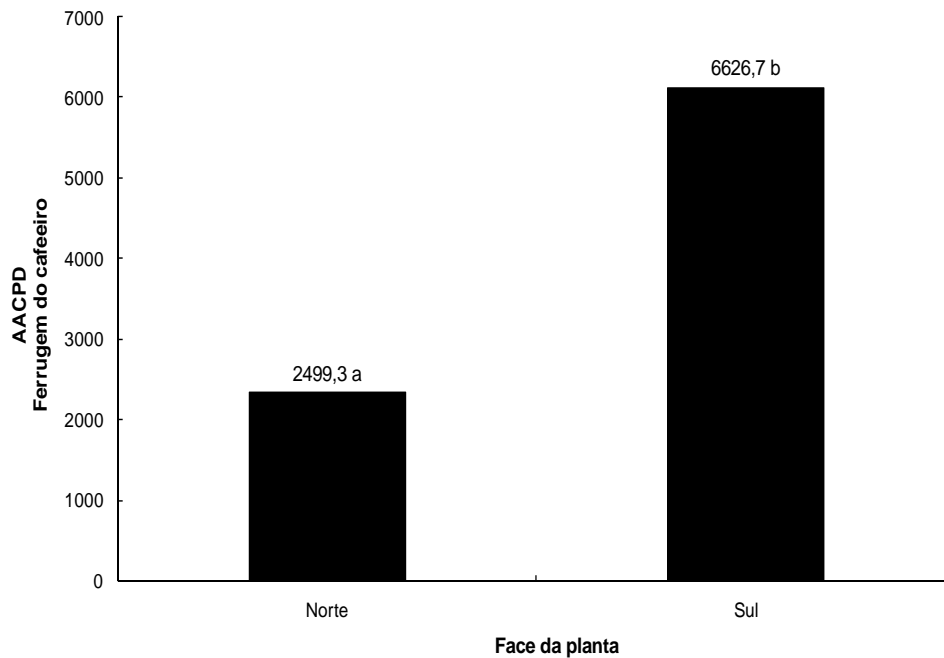


Gráfico 10 Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) na incidência da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) em cafeeiro (*Coffea arabica*) irrigado por pivô central, quanto à face de exposição norte e sul da planta. UFLA, Lavras, MG, 2011

Montoya e Chaves (1974) estudaram a influência de exposições iniciais de urediniósporos de *Hemileia vastatrix* à luz e ao escuro em mudas de cafeeiro, com períodos de permanência de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 horas. Os autores observaram que a luz afetou negativamente o processo germinativo, enquanto a exposição ao escuro estimulou, principalmente quando aplicado inicialmente. Houve aumento da germinação dos urediniósporos do fungo com o incremento da permanência ao escuro, resultando em menor período de latência, e

diminuição com o incremento da permanência à luz (MONTROYA; CHAVES, 1974).

Ainda, a ocorrência de menor exposição à luz solar associada a temperaturas amenas na face sul da planta, sombreada, provavelmente contribuiu no incremento do período de molhamento foliar no cafeeiro (CARAMORI; ANDROCIOLI; LEAL, 1996; SANTOS et al., 2008a). Maior período de molhamento pode ter favorecido a infecção da *Hemileia vastatrix*, resultando em menor período de latência em relação à face das plantas voltadas ao norte, promovendo, assim, maior taxa de progresso da doença.

3.2 Cercosporiose do cafeeiro

Lâminas de irrigação

Diferentes lâminas de irrigação, pelo método da aspersão por pivô central, influenciaram de forma significativa ($p < 0,05$) a incidência da cercosporiose em folhas de cafeeiro (Gráfico 11). Observou-se maior progresso da doença nos tratamentos irrigados e menor no tratamento não irrigado. Foi registrada maior incidência da cercosporiose nas lâminas de 100% (2.151,56) e 140% Kc (2.185,68) e menor incidência no tratamento não irrigado (863,00). Ainda, o melhor modelo estatístico ajustado ($R^2 = 0,94$) foi o polinomial quadrático (Gráfico 11).

Os resultados obtidos no presente trabalho discordam dos observados por vários pesquisadores em diferentes países e localidades do mundo, citando-se a Costa Rica (ECHANDI, 1959), na América Central; a Colômbia (LÓPEZ-DUQUE; FERNÁNDEZ-BORRERO, 1969; FERNÁNDEZ-BORRERO; LÓPEZ-DUQUE, 1971) e o Brasil (CARVALHO; CHALFOUN, 1998; BOLDINI, 2001; TALAMINI et al., 2001, 2003; SANTOS; SOUZA; POZZA,

2004; MIRANDA, 2004), na América do Sul e o Malawi (SIDDIQI, 1970), no leste da África. Os autores citam ser a deficiência hídrica associada à má absorção de nutrientes como uma das principais causas da elevada intensidade da cercosporiose do cafeeiro, por tornar as plantas suscetíveis à infecção da *Cercospora coffeicola*.

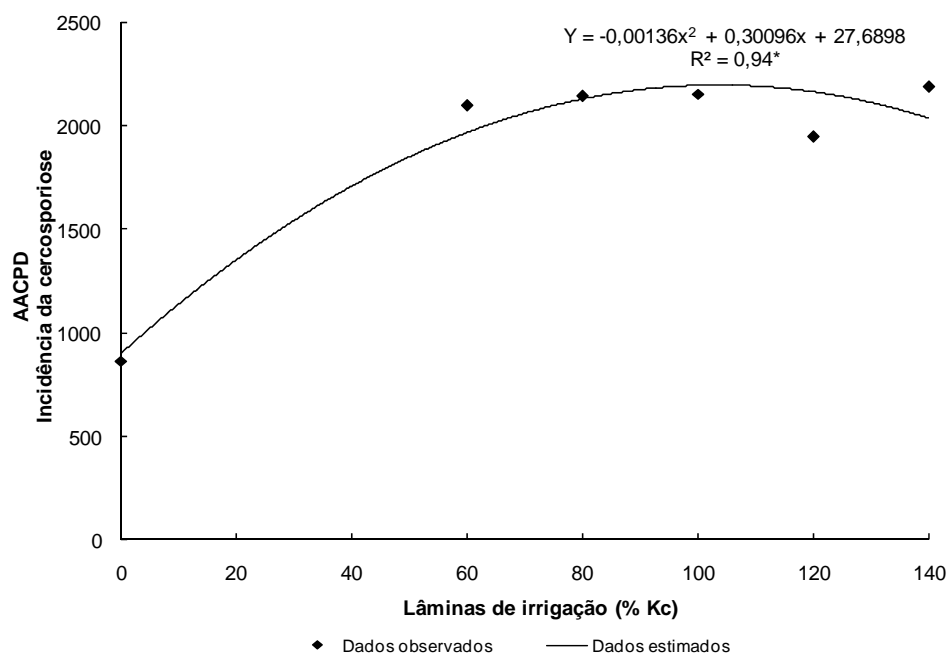


Gráfico 11 Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) na incidência da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em cafeeiro (*Coffea arabica*) sob diferentes lâminas de irrigação por pivô central. UFLA, Lavras, MG, 2011

Esses resultados ainda contrapõem-se aos observados em lavoura irrigada por gotejamento, em mesma localidade experimental no sul de Minas Gerais, no Brasil (TALAMINI et al., 2001; BOLDINI, 2001; SANTOS; SOUZA; POZZA, 2004; MIRANDA, 2004). Os autores observaram, em lavoura irrigada por gotejamento, redução da AACPD com o aumento do fornecimento

da lâmina de irrigação até 100% ECA, devido ao fato de a alta umidade do solo tornar os nutrientes disponíveis às plantas, podendo ter dificultado a infecção do patógeno. Citam os autores que, em menores lâminas, ou até mesmo no tratamento não irrigado, ocorreu maior incidência da cercosporiose do cafeeiro. Ainda, Boldini (2001); Santos; Souza; Pozza (2004) e Miranda (2004) mencionam que o baixo enfolhamento observado nas parcelas não irrigadas, aumentando a exposição das plantas à luminosidade, pode ter contribuído para a maior incidência da doença no tratamento não irrigado.

O cultivo utilizando a irrigação localizada não incrementa o período de molhamento foliar, conforme observado por diversos autores em diferentes patossistemas (SUBBARAO; HUBBARD; SCHULBACH, 1997; XIAO et al., 1998; XIAO; SUBBARAO, 2000). Esse método de irrigação desfavorece o progresso da cercosporiose do cafeeiro (TALAMINI et al., 2003; SANTOS; SOUZA; POZZA, 2004; MIRANDA, 2004). Porém, ao utilizar o método de irrigação por aspersão, tipo pivô central, provavelmente, houve modificação do microclima da lavoura, aumentando o período de molhamento foliar e a umidade relativa do ar, com decréscimo da temperatura da copa da árvore (ROTEM; PALTI, 1969; LUDY; POWELSON; HEMPHILL JR, 1997; BROWNE et al., 2002), aumentando assim o progresso da doença. Observa-se que a irrigação por aspersão pode ter favorecido diferentes etapas do ciclo de vida do patógeno, principalmente em benefício da germinação dos conídios do fungo.

Os resultados obtidos estão de acordo com os relatados por Juliatti et al. (1998), no oeste de Minas Gerais, que observaram maior incidência da cercosporiose nos tratamentos que receberam irrigação por pivô central (lâmina única de 100 mm mês⁻¹), em comparação ao localizado, tipo gotejamento. Com isso, concluíram que o maior período de molhamento foliar resultou em um microclima favorável ao progresso da doença.

Custódio (2008), no ano agrícola 2004/2005, em cafeeiro irrigado por pivô central, no mesmo experimento do presente estudo, também observou o mesmo comportamento epidemiológico, porém, sendo considerados no manejo de irrigação a porcentagem da evaporação do tanque classe 'A' (% ECA) e o coeficiente da cultura do cafeeiro (Kc) fixo. O autor observou maior incidência da cercosporiose em folhas de cafeeiro nas lâminas de 100% e 140% ECA e menor no tratamento não irrigado.

A severidade da doença em folhas, assim como a incidência da cercosporiose em frutos de café localizados no terço superior e mediano da planta, não foi influenciada pelas diferentes lâminas de irrigação por pivô (Tabelas 5 e 6).

Foram registrados baixos índices da doença, com valores de severidade foliar entre 16,53% e 39,56% (Tabela 5) e a incidência média da cercosporiose nos frutos foi de 17,23% (Tabela 6). Esses resultados discordam dos observados por Boldini (2001), Santos; Souza; Pozza (2004) e Miranda (2004), em lavoura irrigada por gotejamento com diferentes lâminas (% ECA). Estes autores observaram maior severidade da cercosporiose em folhas e maior incidência da doença nos frutos nos tratamentos não irrigados, comparado aos irrigados, além do incremento de maiores lâminas de água reduzir a intensidade da cercosporiose em folhas e nos frutos. Segundo os autores, esse fato indica a influência positiva da quantidade de água disponibilizada para a planta na redução da doença, deixando de predispor a planta à infecção do patógeno.

Pelos dados da Tabela 6 pode-se também observar que não houve influência significativa da incidência da cercosporiose em frutos de café, entre o terço superior (15,48%) e mediano (18,96%) da planta. Esse resultado concorda com os observados por Santos (2010), em lavoura cafeeira irrigada por gotejamento sobre diferentes manejos. Explica o autor que o enfolhamento homogêneo entre ambos os terços da planta pode ter contribuído para esse

resultado, por não ocasionar diferenças de luminosidade nas diferentes localizações da planta.

Tabela 5 Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para severidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) do cafeeiro (*Coffea arabica*) sob diferentes lâminas de irrigação por pivô central. UFLA, Lavras, MG, 2011

Lâmina (% Kc)	AACPD Severidade
0	16,53
60	39,56
80	31,64
100	28,10
120	26,54
140	31,38

Tabela 6 Incidência (%) da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em frutos de café (*Coffea arabica*), localizados no terço superior e mediano da planta sob diferentes lâminas de irrigação por pivô central. UFLA, Lavras, MG, 2011

Terço da planta	Lâminas de irrigação (% Kc)						Média
	0	60	80	100	120	140	
Superior (S)	18,96	20,00	11,67	13,73	13,13	15,42	15,48
Mediano (M)	24,79	21,25	16,46	19,58	18,75	12,92	18,96
Média (SM)	21,88	20,63	14,07	16,67	15,94	14,17	17,23

Porém, em lavoura irrigada com diferentes manejos e densidade de plantio, Vasco (2010) observou influência significativa do terço da planta na incidência da cercosporiose em frutos de café. Segundo o autor, houve, no ano agrícola 2008/2009, maior incidência da doença no terço superior da planta comparado ao mediano, com índices de cercosporiose de 26,63% e 17,58%, respectivamente, nas densidades de plantio de 3.333 e 10.000 plantas ha⁻¹. Observa-se, assim, que, nas menores densidades de plantio, ocorre maior interceptação de luminosidade, favorecendo a doença nos frutos (Vasco, 2010).

Ainda, conforme Santos et al. (2008b), em lavoura convencional não irrigada e com espaçamento 2,0 m x 1,0 m, não houve diferenças significativas dos terços (superior, médio e inferior) da planta na incidência da cercosporiose nos frutos. Entretanto, citam os autores, existe relação entre o terço da planta e a severidade da doença nos frutos, ocorrendo índices mais elevados no terço superior (42,5%) comparado ao terço mediano (25,7%) e inferior (18,2%), por ser a porção da planta mais exposta ao sol. Assim, se observa que a luminosidade é um fator ambiental determinante para a cercosporiose do cafeeiro (ECHANDI, 1959; LOPEZ-DUQUE; FERNÁNDEZ-BORRERO, 1969).

Análise aerobiológica e de correlação de conídios

A concentração de *Cercospora coffeicola* foi pouco expressiva e muito variável durante o período de avaliação aerobiológica, possivelmente devido à influência da mobilidade do ar. Foram registrados valores abaixo de 1,0 conídios/m³ de ar. Observou-se, ainda, que a severidade da cercosporiose, durante todo o período de avaliação, foi inferior a 1%.

Os resultados no presente estudo discordam dos observados por Oliveira (2005). Em cafeeiro não irrigado na região de Lavras, MG, cita o autor que houve presença de conídios do patógeno, entre os meses de setembro de 2003 a agosto de 2004. Porém, segundo o autor, o período de maior quantidade de conídios de *Cercospora coffeicola* ocorre entre os meses de fevereiro a maio, para coletores posicionados a 1,5 m de altura (OLIVEIRA, 2005). Assim, justifica-se a baixa concentração de propágulos aéreos do fungo, bem como a baixa severidade da doença observada em campo, referente à análise aerobiológica realizada entre os meses de abril e julho de 2009.

Curva de progresso da doença

A curva de progresso da cercosporiose, para a incidência e a severidade da doença, foi variável na face de exposição norte e sul das plantas amostradas (Gráficos 12 e 13). Observou-se, durante o período avaliado, maior intensidade da doença na face de exposição das plantas voltadas ao hemisfério norte, sendo registrados índices máximos próximos a 40,0% de incidência e 1,0% de severidade.

Pode-se observar, pelo gráfico de incidência e de severidade média, menor intensidade da doença durante todo o período avaliado, no tratamento não irrigado, sendo registrado índice máximo de 11,0% de incidência nos dias 08/07/2009 e 02/09/2009. Observou-se também que, entre os tratamentos irrigados, foram registrados índices máximos de incidência da doença de 23,0% de incidência nas lâminas de 100% e 140% Kc, em 02/09/2009 (Gráficos 12).

Durante a avaliação da doença, foram registradas condições de temperatura máxima entre 24,0° e 32,0°C, favorável ao progresso da cercosporiose (ECHANDI, 1959; LÓPEZ-DUQUE; FERNÁNDEZ-BORRERO, 1969; FERNANDES et al., 1991). Porém, ocorreram valores de umidade relativa do ar entre 67,0% e 82,0% e índices médios de precipitação de 39,0 mm em todo o período, desfavoráveis à cercosporiose do cafeeiro (Gráfico 5).

Na análise de correlação entre as diferentes variáveis climáticas com a intensidade da cercosporiose, observou-se influência negativa significativa, mesmo com baixos valores, somente para os tratamentos irrigados, principalmente aos 30 dias anteriores à avaliação (Tabela 7).

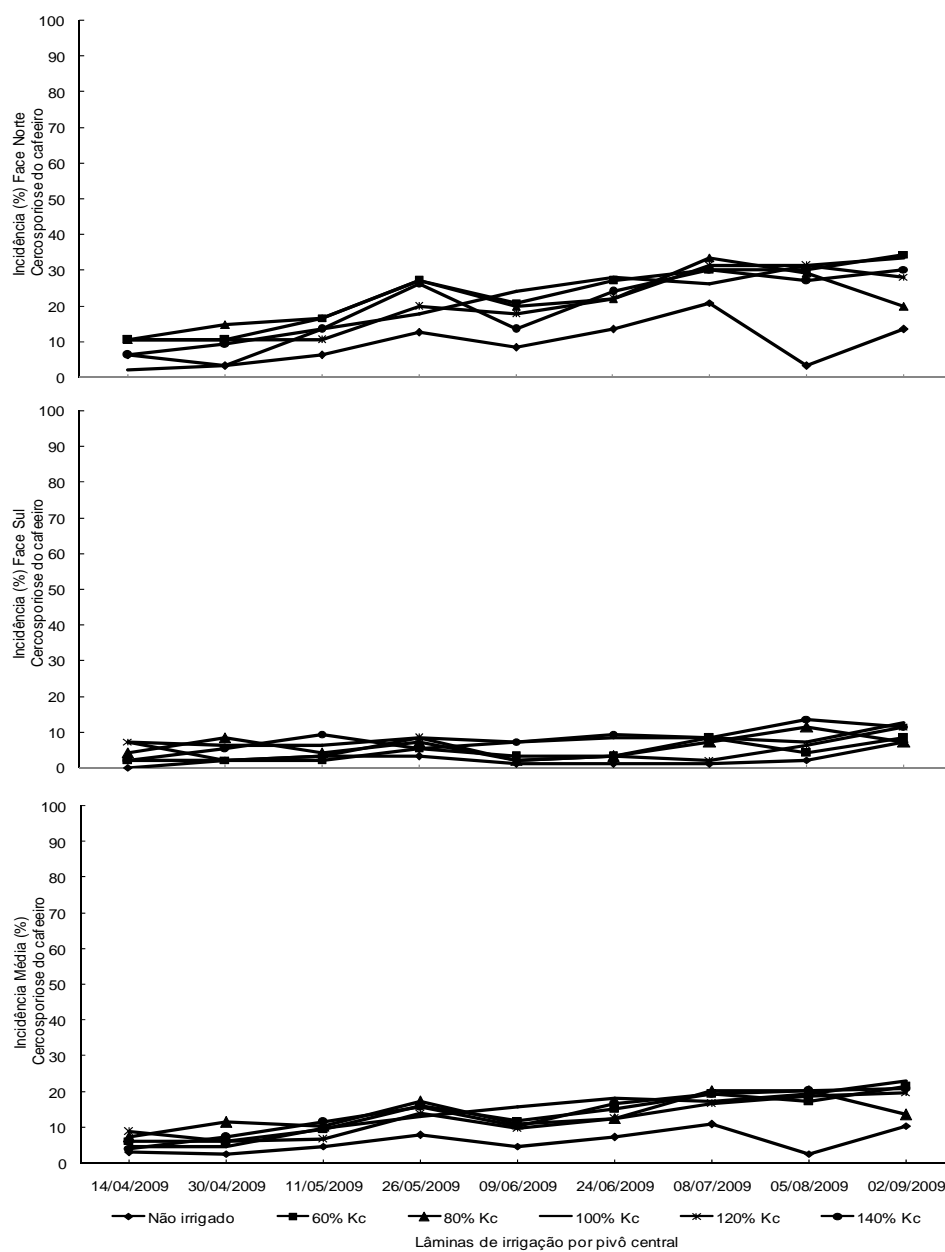


Gráfico 12 Curva do progresso da incidência da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em cafeeiro (*Coffea arabica*) irrigado sob pivô central quanto à face de exposição das plantas (norte e sul) e à média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011

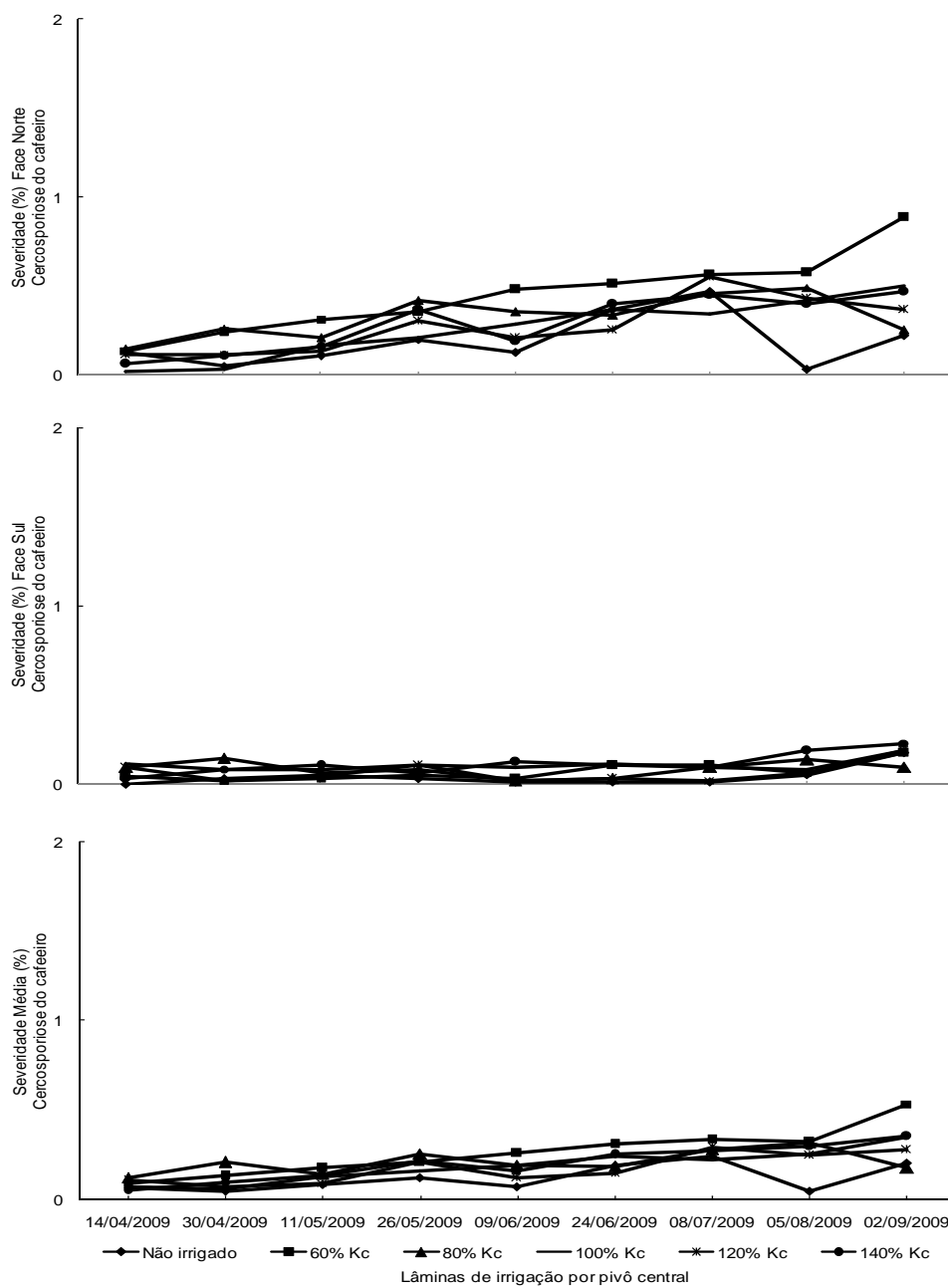


Gráfico 13 Curva do progresso da severidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em cafeeiro (*Coffea arabica*) irrigado sob pivô central, quanto à face de exposição das plantas (norte e sul) e à média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011

Tabela 7 Correlação entre a incidência e a severidade da cercosporiose (*C. coffeicola*) do cafeeiro (*C. arabica*) com as variáveis climáticas temperatura média (T °C), umidade relativa do ar (UR%), precipitação (PP mm) e insolação (Ins horas/dia) e as diferentes lâminas de irrigação (L.I.), anteriores a três períodos (P.). UFLA, Lavras, MG, 2011

LI	P.	T Média		UR		PP		Ins	
		Inc.	Sev.	Inc.	Sev.	Inc.	Sev.	Inc.	Sev.
0	No dia	0,03	-0,03	-0,14	-0,13	-0,13	-0,11	0,13	0,10
	15 dias	-0,23	-0,24	0,06	0,05	-0,03	-0,02	-0,16	-0,16
	30 dias	-0,25	-0,26	-0,16	-0,13	-0,20	-0,18	-0,12	-0,17
60	No dia	0,08	0,15	-0,16	-0,25	-0,20	-0,19	0,07	0,11
	15 dias	-0,19	-0,19	-0,09	-0,13	-0,12	-0,10	-0,21	-0,25
	30 dias	-0,27*	-0,24	-0,28*	-0,32*	-0,29*	-0,25	-0,08	-0,12
80	No dia	-0,02	-0,04	-0,00	0,02	-0,19	-0,15	-0,05	-0,08
	15 dias	-0,09	-0,05	-0,16	-0,15	-0,17	-0,15	-0,02	0,03
	30 dias	-0,20	-0,14	-0,18	-0,11	-0,22	-0,16	0,04	0,05
100	No dia	0,09	0,15	-0,26	-0,29*	-0,27*	-0,23	0,12	0,12
	15 dias	-0,28*	-0,25	-0,17	-0,16	-0,21	-0,15	-0,29*	-0,33*
	30 dias	-0,37**	-0,33*	-0,38**	-0,39**	-0,40**	-0,36**	-0,09	-0,14
120	No dia	0,13	0,09	-0,13	-0,08	-0,13	-0,13	-0,03	-0,05
	15 dias	-0,09	-0,09	-0,10	-0,08	-0,06	-0,04	-0,28*	-0,24
	30 dias	-0,21	-0,33*	-0,30*	-0,39**	-0,25	-0,36**	-0,15	-0,14
140	No dia	0,11	0,15	-0,22	-0,28*	-0,31*	-0,30*	0,11	0,12
	15 dias	-0,25	-0,26	-0,23	-0,22	-0,24	-0,21	-0,21	-0,26
	30 dias	-0,36**	-0,35**	-0,41**	-0,43**	-0,40**	-0,39**	-0,03	-0,08

*significativo, a 5% de probabilidade; **significativo, a 1% de probabilidade

Provavelmente, à medida que houve acréscimos na temperatura média, umidade relativa, precipitação e insolação, menores foram os incrementos de incidência e/ou severidade da cercosporiose em folhas do cafeeiro irrigado por pivô central nas diferentes lâminas de irrigação (Tabela 7).

Pode-se observar diferença significativa ($p < 0,05$) na área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) da cercosporiose do cafeeiro quanto à face de exposição da planta. Foram registradas maiores incidência (3071,70) e

severidade (46,22) da doença nas folhas da face norte, quando comparada à incidência (891,94) e à severidade (11,70) da face de exposição sul das plantas (Gráfico 14). Houve também maior incidência da doença nos frutos (Gráfico 15) das plantas voltadas para a face de exposição norte (24,4%), quando comparada à face sul (13,5%).

Santos (2010), em lavoura cafeeira irrigada por gotejamento sobre diferentes manejos, obteve resultados semelhantes. Segundo o autor, no ano agrícola 2008/2009, a maior incidência da cercosporiose em frutos de café ocorreu na face de exposição das plantas voltada ao hemisfério norte (33,1%), comparada à face voltada para o hemisfério sul (24,9%). Diferente do hemisfério norte do globo terrestre (ROBERTS; PAUL, 2006), a maior exposição de luz solar no hemisfério sul ocorre na face de exposição das plantas voltadas para o norte (VIANELLO; ALVES, 1991). Assim, a maior incidência da doença nas folhas e frutos do terço mediano da planta com face voltada para o hemisfério norte ocorreu devido à maior exposição à luz solar. Relatos na literatura confirmam existir estreita associação entre a cercosporiose do cafeeiro e a luminosidade (ECHANDI, 1959; LOPEZ-DUQUE; FERNÁNDEZ-BORRERO, 1969; SALGADO et al., 2007).

Ainda, a relação entre toxinas fotosensitivas produzida por fungos fitopatogênicos, em diversas culturas, foi revisada por Daub; Herrero; Chung (2005). Dessa forma, o incremento da luminosidade na face das plantas voltadas ao norte provavelmente contribui para a ativação da toxina cercosporina produzida pelo fungo necrotrófico *Cercospora coffeicola*, resultando em necrose da célula vegetal (DAUB; EHRENSHAFT, 2000).

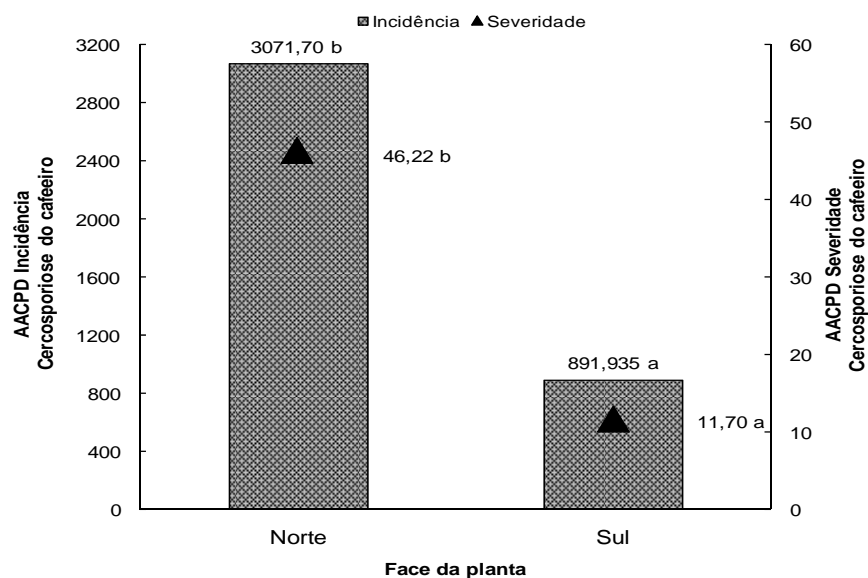


Gráfico 14 Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para incidência e severidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em cafeeiro (*Coffea arabica*) irrigado por pivô central quanto à face de exposição norte e sul da planta. UFLA, Lavras, MG, 2011

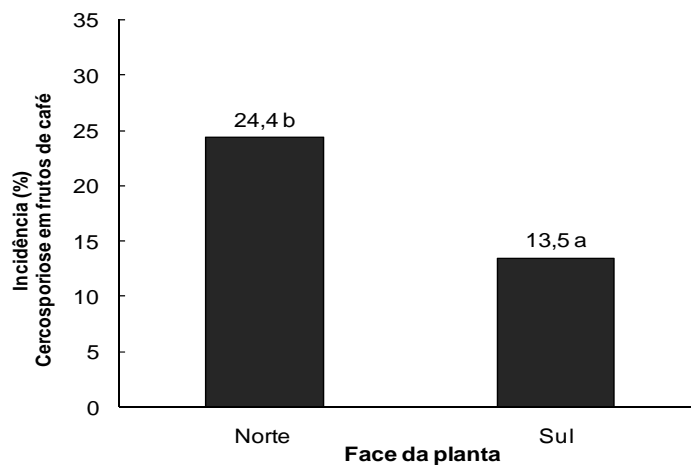


Gráfico 15 Incidência em porcentagem da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em frutos de café (*Coffea arabica*) localizados no terço mediano da planta, em cada face de exposição (norte e sul), em lavoura irrigada por pivô central. UFLA, Lavras, MG, 2011

Os resultados obtidos para cercosporiose em folhas de cafeeiro repetem os observados por Custódio et al. (2011), em mesma área experimental, no ano agrícola de 2004/2005.

Pode-se observar que, do ponto de vista epidemiológico, o comportamento das doenças em cada face de exposição do cafeeiro à luz solar, situado no local de amostragem no terço mediano das plantas (LIMA, 1979), ocorreu como duas lavouras completamente distintas. Assim, faz-se necessário, sempre que possível, considerar a face de exposição das plantas mais favorável às enfermidades no campo, para o melhor entendimento da curva de progresso das doenças. Essa adoção possibilitará também elaborar estratégias para reduzir perdas do agricultor, a exemplo do posicionamento no momento adequado e à diminuição da resistência de patógenos a defensivos agrícolas (CUSTÓDIO et al., 2011). Pretende-se, com isso, obter melhor representatividade por reduzir o erro amostral, reproduzindo indiretamente as mesmas características da população de plantas amostrada (MOOD; GRAYBILL; BOES, 1974).

Houve, no Brasil, a partir de 1970, redução do espaçamento na cultura do cafeeiro. O padrão de 3,5 a 4,0 m entre plantas e entre linhas utilizado pelos produtores anteriormente a esse período (MIGUEL et al., 1986) passou, nos dias atuais, para 3,5 a 3,8 m entre linhas e 0,5 a 0,8 m entre plantas. Essa atual estrutura e o arranjo do cafeeiro no campo formam, em plantas adultas, uma barreira vegetativa contínua, que ocasiona interferências na interceptação e no balanço da radiação, assim como na temperatura, na umidade, no sombreamento e no regime de molhamento na copa da planta (AJWA et al., 2002; MADEIRA et al., 2002; CAMPANHA et al., 2004; SENTELHAS et al., 2005; SANTOS et al., 2008a), promovendo comportamento diferenciado das doenças em cada face de exposição da planta à luz solar.

4 CONCLUSÕES

- a) maiores lâminas de irrigação proporcionaram maior enfolhamento do cafeeiro e menor incidência e severidade da ferrugem, sendo verificada maior intensidade da doença no tratamento não irrigado e menor na lâmina de 100% Kc;
- b) menores lâminas de irrigação proporcionaram menor enfolhamento do cafeeiro e menor incidência da cercosporiose em folhas. Foi registrada menor incidência da doença no tratamento não irrigado e maior nas lâminas de 100% e 140% Kc;
- c) a irrigação pelo método da aspersão, tipo pivô central, reduziu a concentração de urediniósporos de *Hemileia vastatrix* dispersos no ar, refletindo em menor severidade da ferrugem do cafeeiro na lâmina de 100% Kc;
- d) o aumento da temperatura média, da umidade relativa e da precipitação proporcionou aumento da ferrugem apenas no tratamento não irrigado, enquanto, para a cercosporiose, proporcionou decréscimos nas lâminas de 60%, 100% e 140%;
- e) maior intensidade da ferrugem ocorre na face de exposição do cafeeiro voltada para o hemisfério sul. Maior intensidade da cercosporiose, em folhas e frutos, ocorre na face de exposição do cafeeiro voltada para o hemisfério norte.

REFERÊNCIAS

- AJWA, H. A.; TROUT, T.; MUELLER, J.; WILHELM, S.; NELSON, S. D.; SOPPE, R.; SHATLEY, D. Application of alternative fumigants through drip irrigation systems. **Phytopathology**, St. Paul, v. 92, n. 12, p. 1349-1355, dez. 2002.
- AVELINO, J.; WILLOCQUET, L.; SAVARY, S. Effects of crop management patterns on coffee rust epidemics. **Plant Pathology**, Malden, v. 53, n. 5, p.541-547, oct. 2004.
- BOCK, R. Seasonal periodicity of coffee leaf rust and factors affecting the severity of outbreaks in Kenya colony. **Transactions of the British Mycological Society**, London, v. 45, n. 3, p. 289-300, sep. 1962
- BOLDINI, J. M. **Epidemiologia da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro irrigado e fertirrigado**. 2001. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- BROWNE, G. T.; De TAR, W. R.; SANDEN, B. L.; PHENE, C. J. Comparison of drip and sprinkler irrigation systems for applying metam sodium and managing stem rot on potato. **Plant Disease**, v. 86, p. 1211-1218, nov. 2002.
- BRYLA, D. R.; DICKSON, E.; SHENK, R.; JOHNSON, R. S.; CRISOSTO, C. H.; TROUT, T. J. Influence of irrigation method and scheduling on patterns of soil and tree water status and Its relation to yield and fruit quality in peach. **HortScience**, Alexandria, v. 40, n. 7, p. 2118-2124, dez. 2005.
- CAMPANHA, M. M.; SANTOS, R. H. S.; FREITAS, G. B. de; MARTINEZ, H. E. P.; GARCIA, S. L. R.; FINGER, F. L. Growth and yield of coffee plants in agroforestry and monoculture systems in Minas Gerais, Brazil. **Agroforestry Systems**, Dorbrecht, v. 63, n. 1, p. 75-82, dec. 2004.
- CARAMORI, P. H.; ANDROCIOLI, A.; LEAL, A. C. Coffee shade with *Mimosa scabrella* Benth. for frost protection in southern Brazil. **Agroforestry Systems**, Dorbrecht, v. 33, n. 3, p. 205–214, mai. 1996.
- CARVALHO, E. A. M. **Progresso da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) em diferentes sistemas de irrigação**. 1998. 32 p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1998.

CARVALHO, V. L. de; CHALFOUN, S. M. Manejo integrado das principais doenças do cafeeiro. **Informe Agropecuário**. Cafeicultura: tecnologia para produção. Belo Horizonte: EPAMIG, v. 19, n. 193, p. 27-35, 1998.

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. L. de.; PEREIRA, M. C. Efeito de alterações climáticas sobre o progresso da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) do cafeeiro (*Coffea arabica* L). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 5, p. 1248-1252, set./out. 2001.

COSTA, M. J. N.; ZAMBOLIM, L.; RODRIGUES, F. A. Efeito de níveis de desbaste de frutos do cafeeiro na incidência da ferrugem, no teor de nutrientes, carboidratos e açúcares redutores. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 564-571, nov./dez. 2006.

CUSTÓDIO, A.A.P. **Epidemiologia da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro irrigado sob pivô central**. 2008. 71p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2008.

CUSTÓDIO, A.A.P.; POZZA, E.A.; CUSTÓDIO, A.A.P.; SOUZA, P.E.; LIMA, L.A.; LIMA, L.M. Intensidade da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro quanto à face de exposição das plantas. **Coffee Science**, v.5, n.3, p. 214-228, set./dez. 2011.

CUSTÓDIO, A. A. P.; MORAES, J. C.; CUSTÓDIO, A. A. P.; LIMA, L. A.; FARIA, M. A. de; GOMES, N. M. Incidência do bicho-mineiro do cafeeiro em lavoura irrigada sob pivô central. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 16-26, jan./jun. 2009.

DAUB, M. E.; EHRENSHAFT, M. The photoactivated *Cercospora* toxin cercosporin: Contributions to plant disease and fundamental biology. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 38, p. 461-490, set. 2000.

DAUB, M. E.; HERRERO, S.; CHUNG, K. Photoactivated perylenequinone toxins in fungal pathogenesis of plants. **FEMS Microbiology Letters**, London, v. 252, n. 2, p. 197-206, nov. 2005.

ECHANDI, E. La chasparria de los cafetos causada por el hongo *Cercospora coffeicola* Berk. e Cooke. **Turrialba**, San Jose, v. 9, n. 2, p. 54-67, abr./jun. 1959.

FERNANDES, C. D.; PELOSO, M. C. D.; MAFFIA, L. A.; VALLE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L. Influência da concentração de inóculo de *Cercospora coffeicola* e do período de molhamento foliar na intensidade da cercosporiose do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 39-43, mar. 1991.

FERNÁNDEZ-BORRERO, O.; LÓPEZ-DUQUE, S. Fertilizacion de plantulas de cafe e su relacion con la incidência de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*, Berk. & Cooke). **Cenicafé**, Colombia, v. 22, n. 4, p. 95-108, dez.1971.

FERREIRA, D. S. Análise estatística por meio do programa SISVAR para windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos, MG: UFScar, 2000. p. 255-258.

FITT, B. D. L.; McCARTNEY, H. A.; WALKLATE, P. J. The role of rain in dispersal of pathogen inoculum. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v. 27, p. 241-270, set. 1989.

GOMES, N. M.; CHALFOUN, S. M.; MARTINS, C. P.; VILELA, L. A. A. Evolução da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob diferentes regimes de irrigação por pivô central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambu, MG. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 222-224.

GREGORY, P. H. **The Microbiology of the Atmosphere**. London: Leonard Hill. 2nd ed. 377 p. 1973.

HARMANTO; SALOKHE, V. M.; BABEL, M. S.; TANTAU, H. J. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 71, n. 3, p. 225-242, feb. 2005.

HINDORF, H.; OMONDI, C. O. A review of three major fungal diseases of *Coffea arabica* L. in the rainforests of Ethiopia and progress in breeding for resistance in Kenya. **Journal of Advanced Research** (2010), doi:10.1016/j.jare.2010.08.006

HIRST, J. M.; STEDMAN, O. J. The epidemiology of *Phytophthora infestans*. I. Climate, ecoclimate and the phenology of disease outbreak. **Annals of Applied Biology**, London, v. 48, n. 3, p. 471-488, 1960.

HOCKING, D. Effects of light on germination and infection of coffee rust (*Hemileia vastatrix*). **Transactions of the British Mycological Society**, London, v. 51, n. 1, p. 89-93, jan. 1968.

INGOLD, C. T. **Fungal spores. Their liberation and dispersal**. Oxford, Clarendon Press, 1971. 302 p.

JARAMILLO-ROBLEDO, A.; GÓMEZ-GÓMEZ, L. Microclima en plantaciones a libre exposición solar y bajo sombrero. **Cenicafé**, v. 15, p.65-79, 1989.

JEFFERSON, P. G.; GOSSEN, B. D. Irrigation increases Verticillium wilt incidence in a susceptible alfalfa cultivar. **Plant Disease**, St. Paul, v. 86, n. 6, p. 588-592, jun. 2002.

JULIATTI, F. C.; SILVA, A. da; PEIXOTO, A. S.; MOREIRA, J. C.; SANTOS, C. M. Incidência da *Cercospora coffeicola* no café irrigado de Araguari-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas, MG. **Resumos...** Poços de Caldas: MAPA/PROCAFÉ, 1998. p. 212-213.

KUSHALAPPA, A. C.; CHAVES, G. M. An analysis of the development of coffee rust in the field. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.6, n.1, p.95-113, 1981.

KUSHALAPPA, A. C.; ESKES, A. B. Advances in coffee rust research. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 27, p. 503-531, sep. 1989.

LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P.; GOMES, N. M. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1832-1842, nov./dez. 2008.

LIMA, P. C. **Método de amostragem para a avaliação do índice de infecção da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*, Berk. e Br.)**. 1979. 65 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agronômica) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1979.

LÓPEZ-DUQUE, S.; FERNÁNDEZ-BORRERO, O. Epidemiologia de la mancha de hierro del café (*Cercospora coffeicola* Berk. y Cook.). **Cenicafé**, Colombia, v. 20, n. 1, p. 3-19, mar. 1969.

LUDY, R. L.; POWELSON, M. L.; HEMPHILL JR, D. D. Effect of sprinkler irrigation on bacterial soft rot and yield of broccoli. **Plant Disease**, St. Paul, v. 81, n. 6, p. 614-618, jun. 1997.

MADEIRA, A. C.; KIM, K. S.; TAYLOR, S. E.; GLEASON, M. L. A simple cloud-based energy balance model to estimate dew. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 111, n. 1, p. 55-63, mar. 2002.

MAYNE, W. W. Seasonal periodicity of coffee leaf disease *Hemileia vastatrix*. **Bull. Mysore Coffee Exp. Stn.**: 16p, 1930.

MEIRA, C. A. A.; RODRIGUES, L. H. A.; MORAES, S. A. Análise da epidemia da ferrugem do cafeeiro com árvore de decisão. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 114-124, mar./abr. 2008.

MIGUEL, A. E.; ALMEIDA, S. R.; MATIELLO, J. B.; CARVALHO, S. B. Efeito da redução do espaçamento entre plantas na linha, nas cultivares Catuaí Vermelho e Mundo Novo, plantados no sistema adensado e no convencional. Resultados das três primeiras colheitas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12., 1986, São Lourenço, MG. **Trabalhos apresentados...** São Lourenço: IBC, 1986. p. 138-139.

MIRANDA, J. C. **Intensidade de doenças foliares na cafeicultura fertirrigada**. 2004. 52 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

MIRANDA, J. C.; SOUZA, P. E.; POZZA, E. A.; FARIA, M. A. de; SANTOS, F. S.; BARRETO, S. S.; SILVA, M. L. O. e. Intensidade da ferrugem em cafeeiro fertirrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 885-891, set./out. 2006.

MONTOYA, R. H.; CHAVES, G. M. Influência da temperatura e da luz na germinação, infectividade e período de geração de *Hemileia vastatrix* Berk & Br. **Experientiae**, Viçosa, v. 18, n. 11, p. 239-266, dez. 1974.

MOOD, A. M.; GRAYBILL, F. A.; BOES, D. C. **Introduction to the theory of statistics**. 3. ed. Singapore: McGraw-Hill International, 1974. 480 p.

MORALES, P.; GARCÍA-PETILLO, M.; HAYASHI, R.; PUPPO, L. Respuesta del duraznero a diferentes patrones de aplicación del agua. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.1, p.17–24, jan. 2010.

NUTMAN, F. J.; ROBERTS, F. M. Coffee leaf rust. **Pans**, London, v. 16, n. 4, p. 606-624, 1970.

NUTMAN, F. J.; ROBERTS, F. M.; CLARKE, R. T. Studies on the biology of *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. **Transactions of the British Mycological Society**, London, v. 46, n. 1, p.27–44, mar. 1963.

OLIVEIRA, C. A.; POZZA, E. A.; OLIVEIRA, V. B.; SANTOS, E. C.; CHAVES, Z. M. Escala diagramática para avaliação da severidade de cercosporiose em folhas de cafeeiro. In: SIMPÓSIO DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória, ES. **Resumos...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 2001. p. 80.

OLIVEIRA, F. A. **Validação de modelos de previsão da ferrugem do cafeeiro e monitoramento de esporos de *Hemileia vastatrix* e *Cercospora coffeicola* em Lavras, MG.** 2005. 98 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

PAIVA, B. R. T. L.; SOUZA, P. E.; SCALCO, M. S.; ALVARENGA, L. S. Progresso da ferrugem do cafeeiro irrigado em diferentes densidades de plantio pós-poda. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 137-143, jan./fev. 2011.

ROBERTS, M. R.; PAUL, N. D. Seduced by the dark side: integrating molecular and ecological perspectives on the influence of light on plant defence against pests and pathogens. **New Phytologist**, Malden, v. 170, n. 4, p. 677-699, jun. 2006.

ROTEM, J.; PALT, J. Irrigation and plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 7, n. 1, p. 267-288, sep. 1969.

SALGADO, B. G.; MACEDO, R. L. G.; CARVALHO, V. L. de; SALGADO, M.; VENTURIN, N. Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro consorciado com grevilea, com ingazeiro e a pleno sol em Lavras - MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1067-1074, jul./ago. 2007.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2.ed. Campinas: O Lutador, 2008. 476 p.

SANTOS, E. A.; SENTELHAS, P. C.; PEZZOPANE, J. E. M.; ANGELOCCI, L. R.; MONTEIRO, J. E. B. A. Spatial variability of leaf wetness duration in cotton, coffee and banana crop canopies **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 65, n. spe, p. 18–25, 2008a.

SANTOS, F. da S. **Progresso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado**. 2002. 71 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

SANTOS, F. da S.; SOUZA, P. E.; POZZA, E. A. Epidemiologia da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) fertirrigado. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 30, n. 1, p. 31-37, jan./mar. 2004.

SANTOS, F. da S.; SOUZA, P. E.; POZZA, E. A.; MIRANDA, J. C.; BARRETO, S. S.; THEODORO, V. C. Progresso da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke) em cafeeiros sob cultivos orgânico e convencional. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, n. 1, p. 48-54, jan./fev. 2008b.

SANTOS, L. S. D. **Incidência da cercosporiose em frutos de cafeeiro irrigado**. 2010. 42 p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

SAS Institute. SAS language and procedures: usage. Version 8.1. Cary: SAS Institute 2000. CD-ROM.

SAVARY, S.; JANEAU, J. L. Rain-induced dispersal in *Puccinia arachidis*, studied by means of a rainfall simulator. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, The Netherlands, v. 92, n. 4, p. 163-174, jul. 1986.

SCHIEBER, E. Economic impact of coffee rust in Latin America. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 10, p. 491-510, sep. 1972.

SENTELHAS, P. C.; GILLESPIE, T. J.; BLATZER, J. C.; GLEASON, M. L.; MONTEIRO, J. E. B. A; PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JUNIOR, M. J. Spatial variability of leaf wetness duration in different crop canopies. **International Journal of Biometeorology**, New York, v. 49, n. 6, p. 363-370, jul. 2005.

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

SIDDIQI, M. A. Incidence, development and symptoms of *Cercospora* disease of coffee in Malawi. **Transactions of the British Mycological Society**, London, v. 54, n. 3, p. 415-421, jun. 1970.

SILVA, A. C. **Consumo de água e viabilidade técnica e econômica da cafeicultura irrigada por pivô central**. 2009. 92 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SILVA, C. A. da; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 387-394, mar. 2008.

SILVA-ACUÑA, R.; ZAMBOLIM, L.; GONZALEZ-MOLINA, E. del C. Estratégias de controle químico da ferrugem em cafeeiros sombreados na Venezuela. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 377-383, set. 1994.

STAYER, C.; GUHARAY, F.; MONTERROSO, D.; MUSCHLER, R. G. Designing pest-suppressive multistrata perennial crop systems: shade-grown coffee in Central America. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 53, n. 2, p. 151-170, nov. 2001.

SOTO-PINTO, L.; PERFECTO, I.; CABALLERO-NIETO, J. Shade over coffee: its effects on berry borer, leaf rust and spontaneous herbs in Chiapas, Mexico. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 55, n. 1, p. 37-45, jun. 2002.

SUBBARAO, K. V.; HUBBARD, J. C.; SCHULBACH, K. F. Comparison of lettuce diseases and yield under subsurface drip and furrow irrigation. **Phytopathology**, St. Paul, v.87, n. 8, p. 877-883, aug. 1997.

TALAMINI, V.; POZZA, E. A.; SOUZA, P. E.; SILVA, A. M. Progresso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com diferentes épocas de início e parcelamentos da fertirrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 141-149, jan./fev. 2003.

TALAMINI, V.; SOUZA, P. E.; POZZA, E. A.; SILVA, A. M.; BUENO FILHO, J. S. S. Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em diferentes lâminas de irrigação e diferentes parcelamentos de adubação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 55-62, jan./fev. 2001.

TANG, L., LI, Y., ZHANG, J. Physiological and yield responses of cotton under partial root zone irrigation. **Field Crops Research**, v. 94, n. 2/3, p. 214-223, nov. 2005.

VASCO, G. B. **Incidência da cercosporiose em frutos de café irrigado sobre diferentes densidades de plantio**. 2010. 37 p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: UFV, 1991. 449p.

WOODWARD, J. E.; BRENNEMAN, T. B.; KEMERAIT Jr., R. C.; SMITH, N. B.; CULBREATH, A. K.; STEVENSON, K. L. Use of resistant cultivars and reduced fungicide programs to manage peanut diseases in irrigated and nonirrigated fields. **Plant Disease**, St. Paul, v. 92, n. 6, p.896-902, jun. 2008.

XIAO, C. L.; SUBBARAO, K. V. Effects of irrigation and *Verticillium dahliae* on cauliflower root and shoot growth dynamics. **Phytopathology**, St. Paul, v. 90, n. 9 p. 995-1004, sep. 2000.

XIAO, C. L.; SUBBARAO, K. V.; SCHULBACH, K. F.; KOICE, S. T. Effects of crop rotation and irrigation on *Verticillium dahliae* microsclerotia in soil and wilt in cauliflower. **Phytopathology**, St. Paul, v. 88, n. 10, p. 1046-1055, out. 1998.

CAPÍTULO 3

Cercosporiose na formação do cafeeiro fertirrigado

RESUMO

A disponibilidade de água e de nutrientes minerais para o cafeeiro, por meio da irrigação localizada em quantidades adequadas, pode ser uma medida de controle altamente hábil no manejo integrado de importantes doenças que acometem essa cultura. Nesse sentido, avaliou-se, na presente pesquisa, o progresso da cercosporiose em lavoura cafeeira fertirrigada, no segundo ano de formação, sobre diferentes parcelamentos e doses de adubação nitrogenada e potássica. A incidência da doença foi amostrada no terço mediano da planta, nas faces de exposição noroeste e sudeste da lavoura, durante o período de 07 de fevereiro de 2009 a 14 de janeiro de 2010. Estudaram-se, de forma simultânea, cinco doses de nitrogênio e potássio, conforme porcentagem da recomendação de adubação (70%, 100%, 130%, 160% e 190%) e dois parcelamentos de adubação (4 e 12 aplicações ao ano). Não houve influência entre a interação de doses e parcelamentos de adubação, assim como não houve efeito significativo das diferentes doses de adubação, na incidência da cercosporiose do cafeeiro. Esse resultado pode ter ocorrido devido à fertirrigação e à irrigação suplementar, que favoreceram a absorção de N e K pelas plantas, conferindo-lhes maior resistência à cercosporiose. Porém, houve influência significativa dos diferentes parcelamentos de adubação nitrogenada e potássica por meio da fertirrigação na incidência da cercosporiose. Foi verificada maior área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) realizando-se quatro aplicações dos fertilizantes em relação a doze aplicações. Além disso, notou-se menor enfolhamento das plantas devido ao maior teor foliar de potássio associado ao menor teor foliar de nitrogênio, favorecendo a incidência da doença no cafeeiro fertirrigado. Observou-se, durante todo o período avaliado, maior incidência da cercosporiose entre os meses de maio e agosto de 2009. Além disso, houve maior incidência da doença na face de exposição sudeste da lavoura, provavelmente devido à maior exposição das folhas do cafeeiro da face sudeste à luz solar, nas diferentes épocas do ano. À medida que a temperatura média do ar diminuiu, a incidência da cercosporiose aumentou, coincidindo com o intervalo de maior progresso da doença. O fornecimento de nitrogênio e potássio em doze parcelamentos via fertirrigação é uma técnica de controle cultural recomendada no controle da epidemia de cercosporiose na formação da lavoura cafeeira, por condicionar

maior teor foliar de nitrogênio e níveis adequados de potássio a planta, por minimizar perdas e reduzir impactos ambientais.

Palavras-chave: Táticas de manejo. *Cercospora coffeicola*. Controle cultural.

ABSTRACT

Nutrient and water availability to coffee plants, supplied by drip irrigation in adequate levels, can be very powerful to help on disease control. For example, this research evaluated progress of brown eye spot on coffee plants at second year, subject to different frequency and rates of Nitrogen and Potassium applications. Disease monitoring was done at the medium third part of plants, exposed to Northwest and Southeast directions, from February 07, 2009 to January 14th, 2010. Five application rates were evaluated (70%, 100%, 130%, 160% and 190% of recommended levels) and two frequencies (4 and 12 applications per year). Significant interaction between rates and frequency was not observed, as well as isolated application rates upon disease incidence. This result might have resulted as irrigation was supplied as a supplementary action resulting in higher resistance to brown eye spot attacks. Significant results were obtained when evaluating the effects of fertigation frequency on the disease incidence. The area under the disease progress curve (AUDPC) was higher for four applications compared to twelve. Number of leaves was also smaller, possibly due to higher leaf Potassium levels compared to Nitrogen, allowing higher incidence of the disease. Along the evaluated period, disease attack was more incident from May to August, 2009. Plant side exposed to Southeast direction was more attacked. As air temperature decreased, disease incidence was higher. Supply of Nitrogen and Potassium in twelve fertigations can be recommended as a cultural practice to control brown eye spot, since it results in higher Nitrogen uptake and appropriated levels of Potassium, minimizing crop losses and environmental impacts.

Key-words: Disease management. *Cercospora coffeicola*. Cultural practices.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, 25% da produção nacional de café são provenientes de áreas irrigadas, correspondendo apenas a 240 mil ha, ou seja, 10% da área total. O estado de Minas Gerais é responsável por 50% da produção nacional, sendo a região sul a maior área cafeeira do país e do mundo (AGRIANUAL, 2011).

Os significativos incrementos de produtividade da lavoura cafeeira são o principal argumento da utilização da técnica da irrigação. Citam-se também, entre os benefícios, a melhoria da qualidade do produto colhido, o cultivo em localidades antes inadequadas e o uso eficaz dos recursos hídricos (SILVA et al., 2008; LIMA; CUSTÓDIO; GOMES, 2008; SILVA; TEODORO; MELO, 2008; COELHO et al., 2009), além de possibilitar o fornecimento e o parcelamento de fertilizantes via fertirrigação, reduzindo o custo de produção da lavoura (SILVA; FARIA; REIS, 2003).

Ainda, estudos no sul de Minas Gerais inferem que a irrigação por gotejamento, comparado ao cultivo não irrigado, pode ser utilizada como método alternativo no controle de importantes doenças, como a cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cook.) do cafeeiro (TALAMINI et al., 2001, 2003; SANTOS; SOUZA; POZZA, 2004). Isso ocorre devido ao fato de a nutrição mineral das plantas de forma adequada contribuir para elevar principalmente os níveis de resistência horizontal da planta (ALEXANDRE-POZZA et. al, 2001; GARCIA JÚNIOR et al., 2003), pois a falta de umidade do solo pode ocasionar deficiências e desequilíbrios nutricionais (FERNÁNDEZ-BORRERO; MESTRE; LOPEZ-DUQUE, 1966; SIDDIQI, 1970).

Pesquisas sobre a cercosporiose em cafeeiro fertirrigado foram realizadas com diferentes lâminas e épocas de irrigação, associadas a parcelamentos de adubação. Entretanto, não foi caracterizado se o fornecimento de diferentes quantidades de fertilizantes pode influenciar a epidemia da doença.

Assim, é justificável que se obtenham informações sobre o comportamento dessa doença em cafeeiro fertirrigado, na maior região produtora de café do mundo, o sul do estado de Minas Gerais, no Brasil.

Conhecer a influência de diferentes doses e parcelamentos de fertilizantes pode auxiliar na adoção de estratégias alternativas para reduzir perdas na lavoura, com o manejo eficaz da fertirrigação. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a incidência da cercosporiose na formação do cafeeiro fertirrigado sobre diferentes parcelamentos e doses de nitrogênio e de potássio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Campo experimental

As características do campo, o sistema e manejo da irrigação, o delineamento experimental e os tratos culturais realizados foram similares aos de Sobreira (2010). Assim, o presente trabalho foi conduzido no período de fevereiro de 2009 a janeiro de 2010, na área experimental do Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situado à latitude 21°13'33''Sul, longitude 44°58'18'' Oeste e altitude de 936 metros (Figura 1A).



Figura 1 Vista parcial do campo experimental (A) e severos sintomas da cercosporiose em folhas do cafeeiro na lavoura (B). UFLA, Lavras, MG, 2011

A cultivar plantada na área foi a ‘Catiguá – MG 3’ (*Coffea arabica* Lineu, 1753), suscetível à cercosporiose do cafeeiro (Figura 1B) e resistente às raças predominantes de *Hemileia vastatrix*, agente etiológico da ferrugem. O

solo do campo experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro distroférico, com textura do tipo argilosa a muito argilosa. As plantas foram conduzidas com apenas uma haste, sendo realizada a desbrota de novos ramos ortotrópicos. O plantio das mudas de cafeeiro ocorreu no mês de abril de 2007, no espaçamento de 2,5 m entre as linhas e 0,6 m entre as plantas, ocupando área útil de $1,5 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ e densidade populacional de 6.667 plantas ha^{-1} (SOBREIRA, 2010).

2.2 Delineamento do campo experimental

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os fatores em estudo foram cinco doses de nitrogênio e de potássio nas parcelas, fornecidas via fertirrigação, pela porcentagem da recomendação de adubação (70%, 100%, 130%, 160% e 190%) associadas a dois parcelamentos de adubação (quatro e doze aplicações ao ano), formando um fatorial 5 x 2. Esses tratamentos foram fornecidos durante os anos de 2007, 2008 e 2009. Para isso, foram implantadas duas lavouras em mesmo local e época. Adotou-se como dose padrão (100%) a recomendada por Guimarães et al. (1999) para a cultura do cafeeiro, com base na análise química do solo. O parcelamento em quatro adubações ao ano foi realizado no período das chuvas, nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro.

O parcelamento em doze adubações ao ano foi realizado uma vez ao mês, com início em novembro e término em outubro. Cada parcela foi formada por dez plantas distribuídas em fileira, sendo as oito plantas centrais consideradas úteis e as duas plantas laterais como bordadura. Também foram implantadas duas linhas de cafeeiro, sendo uma acima e outra abaixo de cada bloco da área experimental, como bordadura.

2.3 Sistema e manejo da irrigação

O método de irrigação utilizado foi o localizado, tipo gotejamento. A água foi distribuída às plantas por meio de gotejadores Katif distanciados em 0,30 m entre si e vazão de 3,80 L h⁻¹. O sistema de fertirrigação constituiu de uma unidade central de controle, com adutora de tubos PVC (PN 80) e de derivação de PVC (PN40), linhas laterais de tubo flexível de polietileno (PN 40) com registros e cavaletes setoriais, entre outros acessórios comumente encontrados nesse sistema de irrigação. O sistema foi avaliado periodicamente quanto à uniformidade de distribuição de água. A irrigação de cada tratamento em cada unidade foi controlada com registros referente às quatro repetições. A unidade de controle foi constituída de filtros de areia e tela, bomba injetora de fertilizantes, conexões e manômetro.

O manejo da irrigação foi realizado a partir de sensores de umidade (tensiômetros) instalados na área para a determinação do potencial matricial de água no solo. O momento de irrigar e a quantidade de água a ser reposta foram estabelecidos a partir da curva característica de retenção de água no solo, por meio da correlação entre a umidade e a tensão de água no solo. O controle do tempo de irrigação, assim como o cálculo da lâmina de reposição de água aplicada, foi realizado considerando-se a média das leituras dos tensiômetros instalados nas profundidades de 0-10 cm, 0-25 cm, 0-40 cm e 0-60 cm.

2.4 Variáveis climatológicas

Coletaram-se os dados climatológicos no Setor de Agrometeorologia do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Os dados meteorológicos utilizados foram obtidos da estação climatológica principal de Lavras (ECP), localizada no campus da UFLA, a 840 m do local do

experimento, pertencente ao 5º Distrito em Meteorologia, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a universidade.

Os dados corresponderam aos valores diários, obtidos da média de pelo menos três das quatro observações meteorológicas, de acordo com o Tempo Médio de Greenwich (TMG). O período de monitoramento foi de janeiro de 2009 a janeiro de 2010. Os dados obtidos foram das variáveis: temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima, umidade relativa do ar, precipitação e horas de insolação. Fez-se a correlação de Pearson com a incidência da cercosporiose, com o auxílio do programa SAS versão 8.1 (SAS Institute, Cary, NC).

2.5 Avaliação da cercosporiose e do enfolhamento

Foi avaliada a incidência da cercosporiose em folhas de cafeeiro, por quantificação do número de folhas com presença de lesões em relação ao total amostrado, conforme realizado por Talamini et al. (2001). Os sintomas e os sinais pertinentes à doença foram observados em intervalos de 29 dias pelo método não destrutivo, feito na própria planta. Assim, após dois anos de influência dos tratamentos, amostrou-se a cercosporiose na lavoura, no período de janeiro de 2009 a janeiro de 2010. Oito folhas por planta foram amostradas, sendo quatro folhas em cada face de exposição das plantas (noroeste e sudeste), que corresponderam aos tratamentos secundários. As folhas foram tomadas aleatoriamente no terço mediano da planta, entre o 3º e 4º par de folhas dos ramos plagiotrópicos, conforme proposto por Lima (1979) para ferrugem. O enfolhamento das parcelas experimentais foi avaliado concomitantemente com a avaliação das doenças, atribuindo-se notas de porcentagem, com auxílio da escala diagramática desenvolvida por Boldini (2001), sendo nota de 1 (0% a 20%); nota 2 (21% a 40%); nota 3 (41% a 60%); nota 4 (61% a 80%) e nota 5

(81% a 100%). Em seguida, os valores obtidos foram previamente transformados em área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e do enfolhamento (AACPE), segundo fórmula proposta por Shaner e Finney (1977).

2.6 Tratos culturais

As recomendações de adubações foram realizadas segundo Guimarães et al. (1999), com base nos resultados da análise química do solo coletada em todas as parcelas. A nutrição mineral das plantas foi complementada conforme o laudo da análise química foliar, segundo Martinez; Carvalho; Souza (1999). As fontes de nitrogênio e potássio utilizadas foram, respectivamente, a ureia pecuária (45% de N-NH₄⁺) e o nitrato de potássio (13% de N e 44% de K₂O).

Durante toda a condução do experimento, foi realizado, de acordo com as necessidades da cultura, o controle do mato assim como o controle fitossanitário. Assim, fizeram-se as seguintes aplicações de fungicidas na área visando o controle da cercosporiose: epoxiconazol (triazol) + piraclostrobina (estrobilurina) em 19/02/2009 (1,5 L ha⁻¹); 21/05/2009 (1,5 L ha⁻¹); 07/10/2009 (1,0 L ha⁻¹) e epoxiconazol (triazol) em 17/04/2009 (0,6 L ha⁻¹).

2.7 Análise estatística

Utilizou-se o software SISVAR[®] (FERREIRA, 2000) para a análise estatística do experimento. Foi realizada análise de variância ($p < 0,05$) da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e do enfolhamento (AACPE). As variáveis quantitativas significativas no teste de F foram submetidas à análise de regressão. As variáveis qualitativas foram comparadas pelo método de Scott e Knott. Os cálculos foram efetuados e os gráficos representados utilizando-se o software Microsoft[®] Excel[®] 2007.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Cercosporiose do cafeeiro

Não houve diferença estatística significativa da interação entre os fatores de estudo doses de adubação e parcelamentos de adubação na incidência da cercosporiose em cafeeiro no segundo ano de formação.

Também não houve influência para o fator doses de adubação de forma isolada. Foram registrados, nas diferentes doses com nitrogênio (N) e potássio (K), valores de AACPD variando entre 2422,06 e 3040,88, respectivamente, nas doses de 100% e 190% de adubação (Tabela 1).

Tabela 1 Incidência (AACPD) da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em cafeeiro (*Coffea arabica*) fertirrigado, sobre diferentes doses de adubação (% recomendação). UFLA, Lavras, MG, 2011

Doses de adubação (%)	Incidência (AACPD)
70	2885,94
100	3040,88
130	2540,94
160	2729,63
190	2422,06

Burman et al. (1983) citam ser o principal objetivo da irrigação o fornecimento de água às plantas em quantidade suficiente para prevenir o estresse hídrico. Conforme Gopal (1974), a deficiência hídrica no solo tem reflexos negativos sobre as raízes absorventes do cafeeiro que obtêm os nutrientes, principalmente, via fluxo de massa (EPSTEIN, 1999). Dessa forma, o fornecimento da fertirrigação e, principalmente, da irrigação suplementar, sempre que necessário, além de promover o crescimento e o desenvolvimento do cafeeiro (SILVA et al., 2008; COELHO et al., 2009) pode ter favorecido a absorção de N e K (MARSCHNER, 1995).

Por consequência, possivelmente, houve a disponibilização dos nutrientes minerais mantendo os níveis adequados, o que conferiu maior resistência das plantas a epidemias significativas da cercosporiose (ALEXANDRE-POZZA et al, 2001; TALAMINI et al., 2001, 2003; GARCIA JÚNIOR et al., 2003; SANTOS; SOUZA; POZZA, 2004) nos diferentes tratamentos fertirrigados.

Os resultados obtidos se consolidam com o trabalho desenvolvido por Sobreira (2010), na mesma área do presente experimento. O autor, objetivando identificar o crescimento, a dose e o parcelamento de N e K mais adequado para o cafeeiro na fase de formação, não observou, no segundo ano da lavoura, nas diferentes doses dos tratamentos fertirrigados, diferença significativa da média anual do teor foliar de N e K, considerando o parcelamento em quatro e em doze aplicações. Segundo o autor, esse fato pode ter ocorrido devido ao fato de os teores foliares apresentados estarem contidos na faixa considerada crítica para a cultura, conforme critérios estabelecidos por Malavolta; Vitti; Oliveira (1997) para lavouras em produção e por Clemente et al. (2008), para lavouras no primeiro de formação. Ainda cita o autor que, nos diferentes parcelamentos de adubação, o teor foliar oscilou nas doses de adubação em quatro aplicações, entre 1,93 e 2,32 dag kg⁻¹ N e 2,00 e 2,14 dag kg⁻¹ K, enquanto, no parcelamento em doze aplicações, foi entre 2,97 e 3,26 dag kg⁻¹ N e 1,83 e 1,96 dag kg⁻¹ K (SOBREIRA, 2010).

Em diversos trabalhos, na literatura, afirma-se que a falta de umidade do solo, proporcionada pelo déficit hídrico das plantas, pode ocasionar distúrbios nutricionais, predispondo o cafeeiro a infecção por *Cercospora coffeicola* (ECHANDI, 1959; FERNÁNDEZ-BORRERO; MESTRE; LOPEZ-DUQUE, 1966; SIDDIQI, 1970). Ainda, diferente do método de irrigação por aspersão, o método por gotejamento não incrementa o número de horas de molhamento foliar, desfavorecendo um microclima ao progresso de doenças (ROTEM;

PALTI, 1969; XIAO; SUBBARAO, 2000), incluindo a cercosporiose do cafeeiro (TALAMINI et al., 2001, 2003; SANTOS; SOUZA; POZZA, 2004). Sendo assim, os resultados do presente estudo são justificáveis, devido ao fato de as condições ambientais favoráveis à cercosporiose, provavelmente, não terem ocorrido, de forma significativa, nos diferentes tratamentos da lavoura em seu segundo ano de formação.

Quanto aos diferentes parcelamentos de adubação nitrogenada e potássica via fertirrigação, constatou-se, de forma isolada, influência significativa ($p < 0,05$) do fornecimento de N e K em quatro e doze aplicações (Gráfico 1). Foi verificado que a maior AACPD ocorreu em quatro aplicações (3176,25) e a menor em doze aplicações (2271,53) dos fertilizantes.

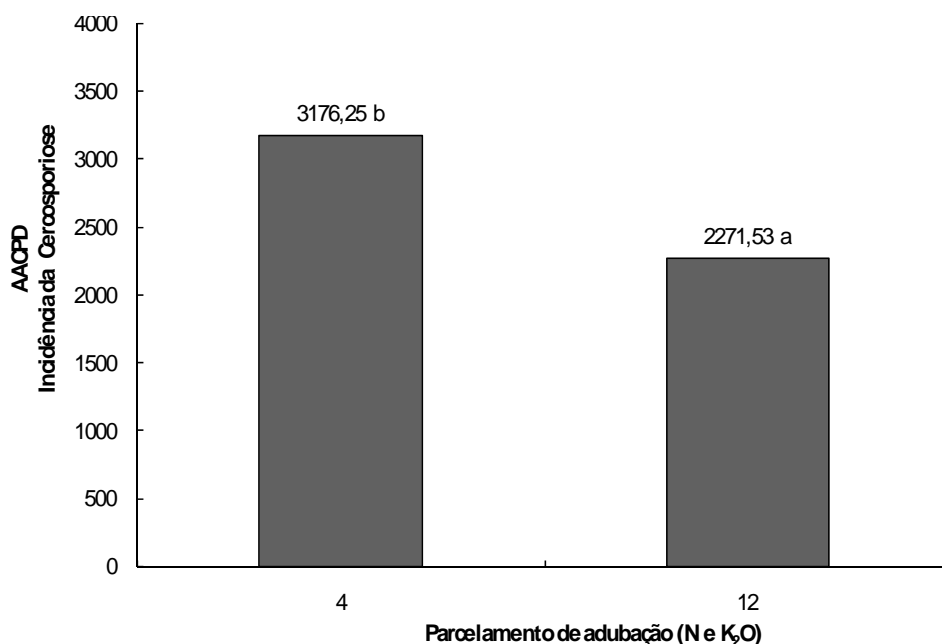


Gráfico 1 Incidência (AACPD) da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em cafeeiro (*Coffea arabica*) fertilizado sobre diferentes parcelamentos de adubação com nitrogênio e potássio. UFLA, Lavras, MG, 2011

Os resultados obtidos diferem dos observados, em cafeeiro fertirrigado em mesma área experimental, por Talamini et al. (2001), na formação da lavoura com um ano de cultivo e por Santos; Souza; Pozza (2004), em lavoura de produção. Segundo os autores, a hipótese para explicar esse resultado é a quantidade de fertilizantes (N e K) fornecida em todos os tratamentos ser igual ao final das aplicações, diferindo somente o número de parcelamentos. Assim, as doses totais de nutrientes aplicadas supriram o cafeeiro, a ponto de não influenciar a suscetibilidade das plantas à cercosporiose (TALAMINI et al., 2001; SANTOS; SOUZA; POZZA, 2004).

Porém, os resultados obtidos concordam com os observados por Talamini et al. (2003). Em lavoura de produção com 12 anos de cultivo, a menor incidência da cercosporiose foi observada em 12 aplicações de fertilizantes manualmente e 24 parcelamentos via fertirrigação. Assim, o número de aplicações e o intervalo de tempo modificaram o patossistema, devido à melhor distribuição e combinação dos nutrientes às plantas, de acordo com as suas necessidades e no momento adequado.

Sobreira (2010) afirma que o parcelamento em doze aplicações de N e K é o mais indicado para adubação de primeiro e de segundo ano pós-plantio do cafeeiro irrigado, além do fato de que a quantidade aplicada deve ser diferenciada em cada estágio fenológico da cultura. Segundo o autor, não houve interação entre doses de adubação e parcelamento de adubação. Porém, o teor foliar de N e K em diferentes épocas do ano e parcelamentos de adubação foi estatisticamente significativo (Tabela 2).

Registrou-se, nas diferentes épocas do ano, maior teor foliar de nitrogênio no parcelamento em doze aplicações, comparado em quatro aplicações, nos meses de novembro de 2008, maio, setembro e novembro de 2009 (Tabela 2). Observou-se também menor teor foliar de potássio no

parcelamento em doze aplicações, nos meses de novembro de 2008 e setembro de 2009 (SOBREIRA, 2010).

Tabela 2 Média anual do teor foliar de N e K em cada dose de adubação (% recomendação) e época do ano, em cafeeiro (*Coffea arabica*) fertirrigado com quatro e doze parcelamentos. Fonte: Sobreira (2010) *. UFLA, Lavras, MG, 2011

Dose	Teor de N (dag kg ⁻¹)		Época do ano	Teor de N (dag kg ⁻¹)	
	Parcelamento			Parcelamento	
	4 x	12 x		4 x	12 x
70 (%)	2,80 a	3,01 a	Novembro 2008	2,23 Bd	2,85 Ab
100 (%)	2,83 a	2,97 a	Janeiro	3,19 Aa	2,18 Bc
130 (%)	2,71 a	3,15 a	Maio	2,54 Bc	2,97 Ab
160 (%)	2,83 a	3,26 a	Setembro	2,91 Bb	3,78 Aa
190 (%)	2,98 a	3,18 a	Novembro de 2009	3,29 Ba	3,79 Aa

Doses	Teor de K (dag kg ⁻¹)		Época do ano	Teor de K (dag kg ⁻¹)	
	Parcelamento			Parcelamento	
	4 x	12 x		4 x	12 x
70 (%)	2,14 a	1,89 a	Novembro 2008	2,20 Aa	1,74 Bb
100 (%)	2,03 a	1,96 a	Janeiro	1,85 Ab	1,80 Ab
130 (%)	2,07 a	1,94 a	Maio	1,69 Ab	1,73 Ab
160 (%)	2,00 a	1,83 a	Setembro	2,29 Aa	2,08 Ba
190 (%)	2,08 a	1,95 a	Novembro de 2009	2,29 Aa	2,22 Aa

*Tabela adaptada. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, respectivamente, pelo teste de Scott e Knott (5%) e pelo teste de F (1%)

Pelos gráficos médios da curva de progresso da cercosporiose ao longo do tempo (Gráficos 2 e 3), observa-se que, no início da epidemia, na data 07/05/2009, a incidência da doença nas doses de adubação em quatro parcelamentos apresentou índices máximos inferiores a 20,0%. Porém, no mesmo período, a incidência da doença nas doses de adubação em doze parcelamentos apresentou índices inferiores a 10,0% de incidência. Durante o período de maior incidência da doença, entre os meses de maio e agosto de 2009, pode-se observar também que, no parcelamento de adubação em quatro aplicações, os índices da cercosporiose se mantiveram entre 10,0% e 20,0%, reduzindo a níveis de 5,0% em setembro. No entanto, no mesmo período, os índices da cercosporiose no parcelamento em doze aplicações se mantiveram inferiores a 10,0%, reduzindo ao nível zero, praticamente, em setembro de 2009.

Durante o início da epidemia, em maio de 2009, pode-se observar, pelos dados da Tabela 2, que o teor foliar de nitrogênio foi estatisticamente superior no parcelamento em doze aplicações ($2,97 \text{ dag kg}^{-1} \text{ N}$) do que o parcelamento em quatro aplicações ($2,54 \text{ dag kg}^{-1} \text{ N}$), assim como o teor de potássio foliar se manteve estatisticamente igual e equilibrado, em ambos os parcelamentos. Entretanto, no final do surto epidêmico observado em campo, em setembro de 2009, pode-se também observar maiores teores foliares de nitrogênio ($3,78 \text{ dag kg}^{-1} \text{ N}$) no parcelamento em doze aplicações e menores teores foliares de potássio ($2,08 \text{ dag kg}^{-1} \text{ K}$). Esses teores foliares possivelmente proporcionaram maior resistência das plantas ao processo de infecção da *Cercospora coffeicola*, no parcelamento em doze aplicações, resultando em menor progresso da doença (Gráfico 3), comparado ao parcelamento em quatro aplicações (Gráfico 2).

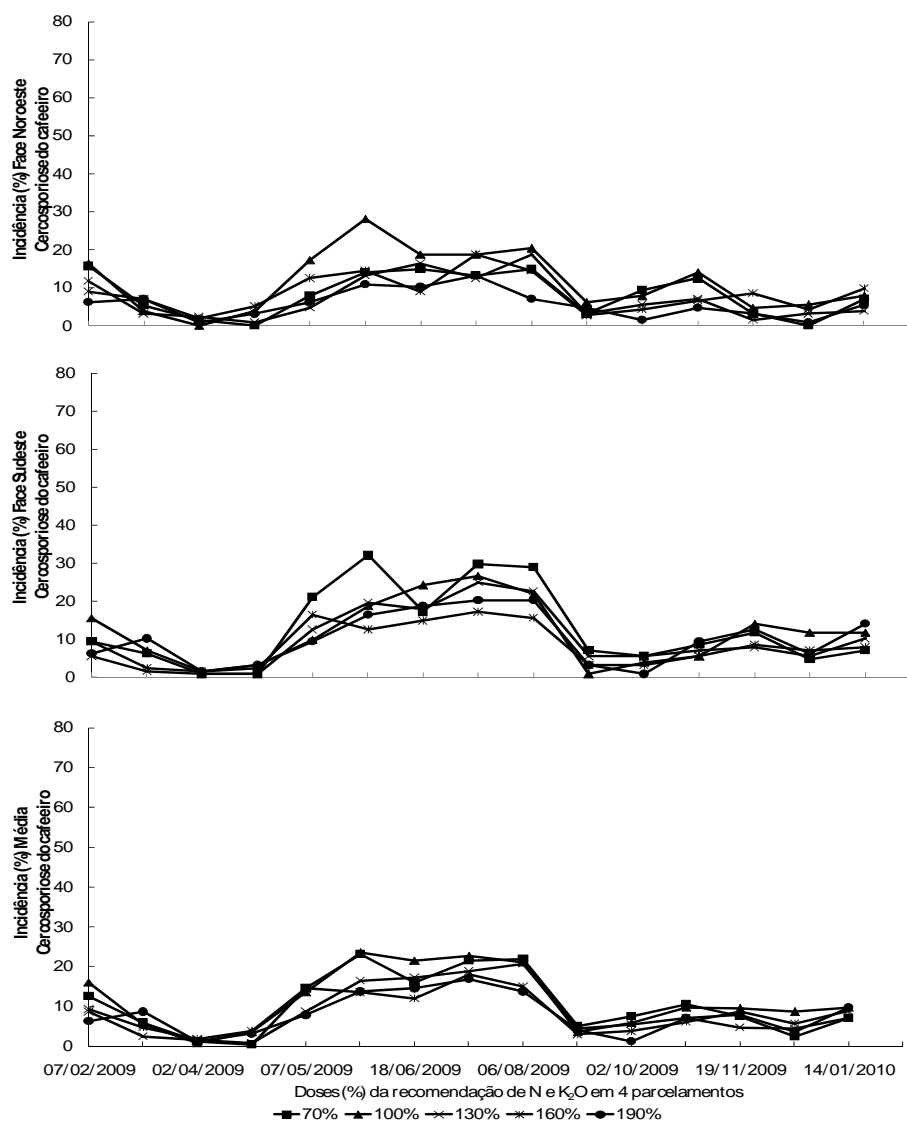


Gráfico 2 Curva do progresso da incidência da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em cafeeiro (*Coffea arabica*) fertirrigado com quatro parcelamentos de adubação, quanto à face de exposição noroeste e sudeste da planta e à média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011

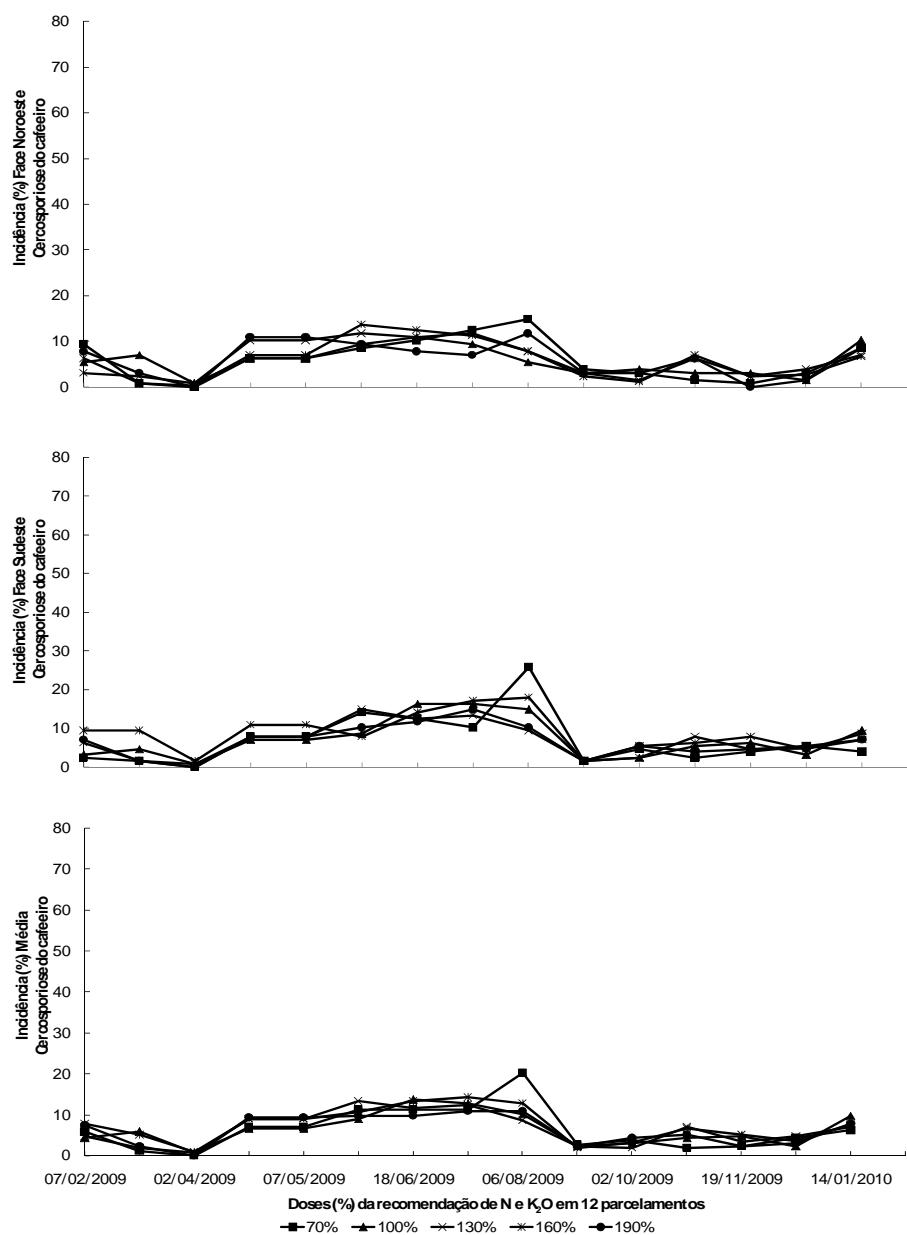


Gráfico 3 Curva do progresso da incidência da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em cafeeiro (*Coffea arabica*) fertirrigado com doze parcelamentos de adubação, quanto à face de exposição noroeste e sudeste da planta e à média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011

Segundo Alexandre-Pozza et al. (2001), o aumento nas doses de K proporcionam maior AACP de lesões por folha e maior desfolha, enquanto o aumento nas doses de N proporcionam menor AACP de lesões por folha e, assim, menor desfolha. Segundo os autores, foram observados, na maior dose de nitrogênio fornecida ($15,00 \text{ mmol L}^{-1}$) e na menor dose de potássio fornecida ($3,00 \text{ mmol L}^{-1}$), teores foliares, respectivamente, de $3,29 \text{ dag kg}^{-1} \text{ N}$ e $2,10 \text{ dag kg}^{-1} \text{ K}$, além de menor incidência da cercosporiose.

De forma oposta, houve maior incidência da doença na menor dose de nitrogênio ($3,00 \text{ mmol L}^{-1}$) e na maior dose de potássio ($9,00 \text{ mmol L}^{-1}$), registrando o menor teor foliar de N ($3,04 \text{ dag kg}^{-1}$) e o maior de K ($3,40 \text{ dag kg}^{-1}$). Diante do exposto, os resultados observados em campo no presente experimento, em lavoura cafeeira no segundo ano de formação, são justificáveis e colaboram com os resultados obtidos em mudas de cafeeiro por Alexandre-Pozza (1999).

A curva de progresso da cercosporiose em folhas de cafeeiro foi variável na face de exposição noroeste e sudeste das plantas amostradas, nos diferentes tratamentos com doses de adubação, em quatro e doze parcelamentos (Gráficos 2 e 3). Observou-se, durante o período avaliado, maior incidência da doença na face de exposição sudeste das plantas, sendo registrados, no período de maior ocorrência, entre os meses de maio a agosto de 2009, índices mínimos e máximos, respectivamente, próximos a 10,0% e 35,0% de incidência na área com quatro parcelamentos de adubação. Em doze parcelamentos de adubação, os índices mínimos e máximos de incidência foram, respectivamente, próximos a 9,0% e 23,0% (Gráficos 2 e 3).

Observa-se, pelo gráfico de incidência média das duas faces de exposição da planta, que, durante todo o período avaliado, o comportamento da cercosporiose foi homogêneo em todas as diferentes doses de adubação. Foram registrados maiores índices da doença no parcelamento em quatro aplicações,

em torno de 25,0% de incidência, enquanto no parcelamento em doze aplicações esses foram inferiores a 15,0% (Gráficos 2 e 3).

As variáveis climatológicas no período das avaliações da cercosporiose apresentaram condições favoráveis ao progresso da doença (Gráfico 4). Registraram-se, no período de maior incidência, entre os meses de maio e setembro de 2009, temperatura máxima entre 24,0 e 27,0°C, temperatura média entre 17,0 e 19,0°C, umidade relativa do ar entre 69,0 e 76,0%, ocorrendo baixos índices de precipitação, entre 6,0 e 19,0 mm (ECHANDI, 1959; LÓPEZ-DUQUE; FERNÁNDEZ-BORRERO, 1969; FERNANDES et al., 1991).

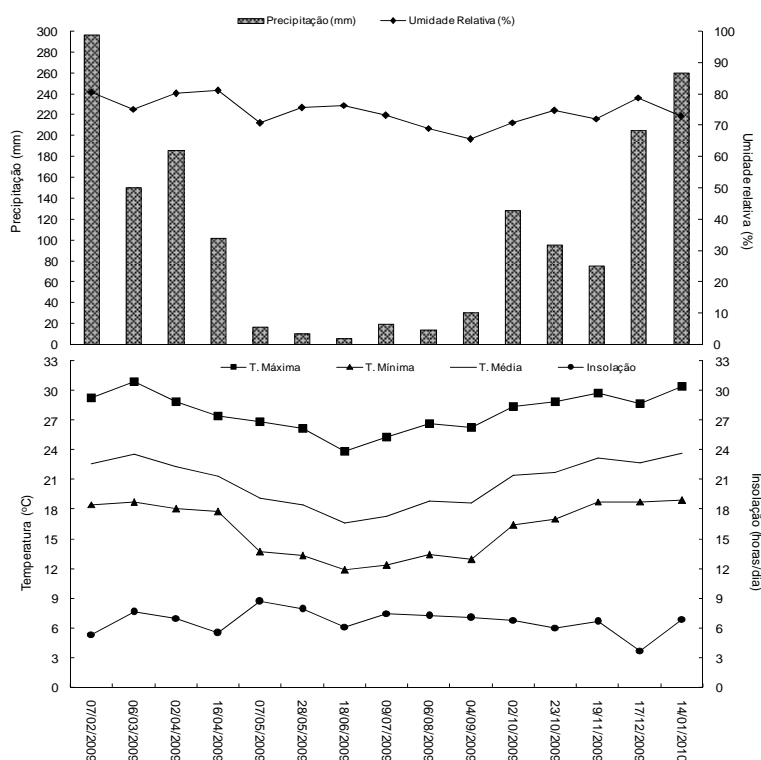


Gráfico 4 Variáveis climatológicas entre avaliações, no período de fevereiro de 2009 a janeiro de 2010. UFLA, Lavras, MG, 2011

Na análise de correlação entre as diferentes variáveis climáticas com a incidência da cercosporiose, observou-se influência negativa significativa, mesmo com baixos valores, em todas as doses de adubação, nos três períodos anteriores a avaliação da doença, destacando-se o período de 30 dias anteriores (Tabela 3). Houve também somente correlação negativa significativa para parcelamentos de adubação (Tabela 4).

Assim, essa correlação negativa indica uma relação inversa, em que redução da temperatura média, umidade relativa do ar, precipitação e horas de insolação, provavelmente, proporcionaram aumentos na incidência da cercosporiose do cafeeiro, nas doses de adubação e parcelamentos aplicados. Ainda, observou-se melhor correlação da doença ($p < 0,01$) com a variável temperatura média, em ambos os tratamentos (Tabelas 3 e 4), concordando com os observados na literatura (TALAMINI et al., 2001, 2003; SANTOS; SOUZA; POZZA, 2004). Esses resultados também condizem com os índices obtidos no gráfico climatológico (Gráfico 4) e na curva de progresso da doença (Gráficos 2 e 3).

Tabela 3 Correlação entre a incidência da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) do cafeeiro (*Coffea arabica*) com as variáveis climáticas temperatura média (T oC), umidade relativa do ar (UR%), precipitação (PP mm) e insolação (Ins horas/dia) com diferentes doses de adubação (% da recomendação), anteriores a três períodos (P.). UFLA, Lavras, MG, 2011

Dose	P.	T	UR	PP	Ins
70%	No dia	-0,35**	-0,12	-0,15*	-0,26**
	15 dias antes	-0,38**	-0,19**	-0,48**	0,02
	30 dias antes	-0,47**	-0,15*	-0,39**	0,19**
100%	No dia	-0,33**	-0,12	-0,07	-0,11
	15 dias antes	-0,36**	-0,11	-0,44**	-0,00
	30 dias antes	-0,42**	-0,04	-0,32**	0,12
130%	No dia	-0,39**	-0,08	-0,08	-0,15*
	15 dias antes	-0,43**	-0,11	-0,43**	-0,01
	30 dias antes	-0,48**	-0,07	-0,37**	0,13*
160%	No dia	-0,28**	-0,16*	-0,08	-0,09
	15 dias antes	-0,28**	-0,11	-0,38**	0,03
	30 dias antes	-0,34**	0,00	-0,24**	0,14*
190%	No dia	-0,31**	-0,09	0,00	-0,10
	15 dias antes	-0,29**	-0,14*	-0,41**	0,04
	30 dias antes	-0,36**	-0,04	-0,26**	0,13*

*significativo, a 5%. **significativo, a 1%

Tabela 4 Correlação entre a incidência da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) do cafeeiro (*Coffea arabica*) com as variáveis climáticas temperatura média (T oC), umidade relativa do ar (UR%), precipitação (PP mm) e insolação (Ins horas/dia) com diferentes parcelamentos de adubação (% da recomendação), anteriores a três períodos (P.). UFLA, Lavras, MG, 2011

Parc.	P.	T	UR	PP	Ins
4 x	No dia	-0,31**	-0,17**	-0,15**	-0,17**
	15 d	-0,38**	-0,16**	-0,49**	0,03
	30 d	-0,45**	-0,11**	-0,39**	0,18**
12 x	No dia	-0,37**	-0,05	0,00	-0,12**
	15 d	-0,32**	-0,10*	-0,37**	-0,01
	30 d	-0,39**	0,00	-0,24**	0,10*

*significativo, a 5%. **significativo, a 1%

Houve influência significativa ($p < 0,05$) na área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) da cercosporiose do cafeeiro quanto à face de exposição da planta (Gráfico 5). Foi observada menor incidência da doença na face de exposição noroeste (2388,80), quando comparada à face sudeste (3058,98).

Esse resultado provavelmente ocorreu devido à maior exposição das folhas do cafeeiro da face sudeste à luz solar, durante as diferentes épocas do ano. A relação entre a cercosporiose do cafeeiro assim como fungos do gênero *Cercospora* spp. e a luminosidade já foi relatada por diversos autores (ECHANDI, 1959; LOPEZ-DUQUE; FERNÁNDEZ-BORRERO, 1969; NATARAJ; SUBRAMANIAN, 1975; DAUB; HERRERO; CHUNG, 2005). Dessa forma, os resultados obtidos são justificáveis devido ao fato de o incremento da luminosidade na face sudeste predispor a planta, contribuindo no progresso da cercosporiose do cafeeiro.

O conhecimento sobre a intensidade da cercosporiose quanto à face de exposição poderá auxiliar na elaboração de estratégias de manejo para reduzir perdas no campo (CUSTÓDIO et al., 2011). Com isso, poderá ser determinado o azimute para a linha de plantio, com base na interceptação da radiação solar nas duas faces de exposição das plantas, como uma importante ferramenta na tomada de decisão relativa à recomendação da orientação da linha de cultivo do cafeeiro (OLIVEIRA, 2008).

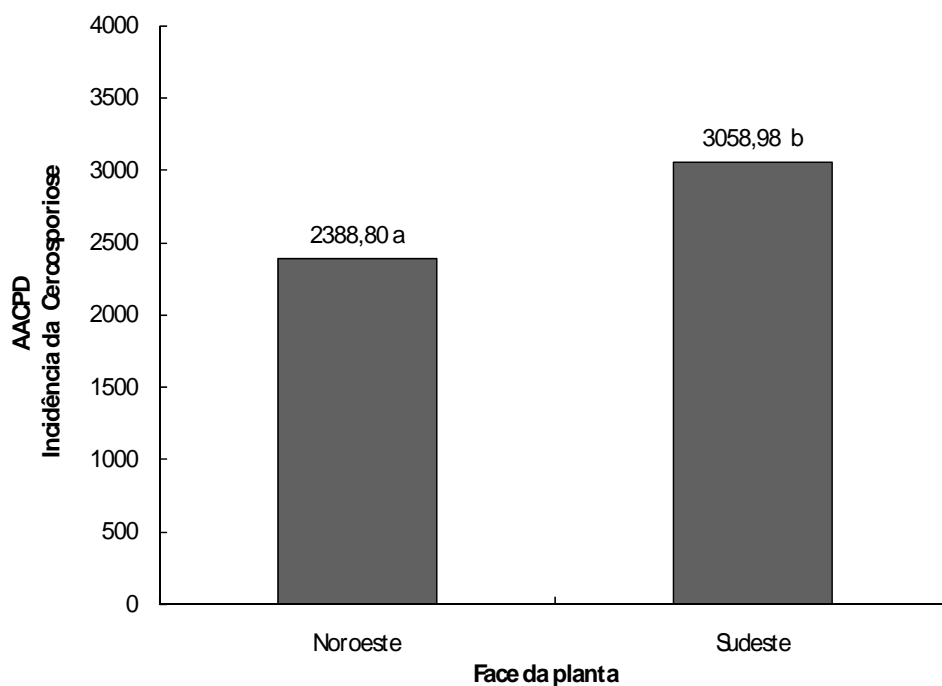


Gráfico 5 Incidência da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em cafeeiro (*Coffea arabica*) fertirrigado, quanto à face de exposição noroeste e sudeste da planta. UFLA, Lavras, MG, 2011

3.2 Enfolhamento do cafeeiro

Não houve interação significativa dos fatores doses e parcelamentos de adubação, assim como de doses de adubação, isoladamente (Tabela 5). Porém, houve influência significativa ($p < 0,05$), de forma isolada, somente para o enfolhamento do cafeeiro dos diferentes parcelamentos de adubação (Gráfico 6).

Tabela 5 Enfolhamento do cafeeiro (*Coffea arabica*) fertirrigado sobre diferentes doses de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2011

Dose de adubação (%)	AACP Enfolhamento
70	19672,63
100	19880,88
130	20429,06
160	19465,69
190	20561,19

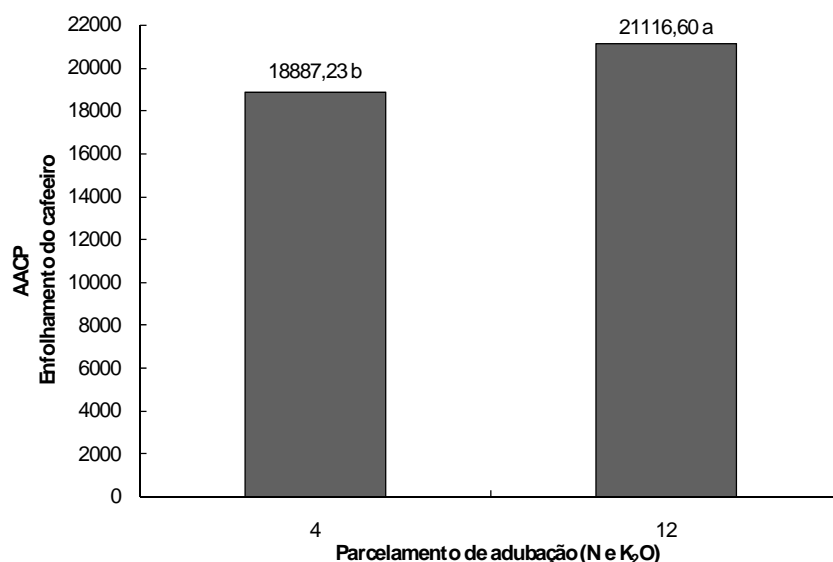


Gráfico 6 Enfolhamento do cafeeiro (*Coffea arabica*) fertirrigado sobre diferentes parcelamentos de adubação com nitrogênio e potássio. UFLA, Lavras, MG, 2011

Observa-se, pelo Gráfico 6, que houve maior enfolhamento do cafeeiro no parcelamento de adubação nitrogenada e potássica em doze aplicações (21116,60), em relação ao parcelamento em quatro aplicações (18887,23). Alexandre-Pozza et al. (2001), estudando a influência de doses de N e K, em mudas de cafeeiro, na intensidade da cercosporiose, verificaram que o aumento nas doses de K proporciona maior número de lesões por folha e maior desfolha, enquanto o aumento nas doses de N proporciona menor número de lesões por folha e, assim, menor desfolha.

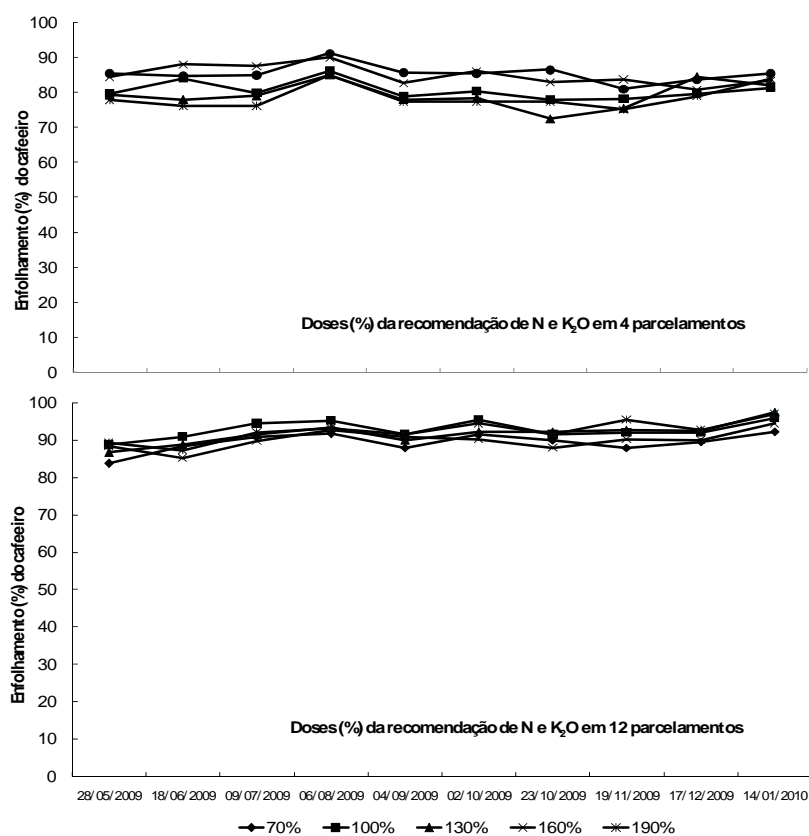


Gráfico 7 Curva do progresso do enfolhamento do cafeeiro (*Coffea arabica*) fertilizado com quatro e doze parcelamentos de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2011

Dessa forma, os melhores níveis de nitrogênio e de potássio no parcelamento em doze aplicações de N e K (Tabela 2) podem ter favorecido o enfolhamento do cafeeiro fertilizado (Gráfico 7). Os resultados obtidos no presente estudo concordam com os observados por Sobreira (2010), em mesma área experimental. Segundo o autor, no parcelamento em doze aplicações de N e K, houve maior desenvolvimento e crescimento das plantas, sendo o mais adequado para a adubação de primeiro e segundo ano pós-plantio da lavoura cafeeira fertilizada.

Conforme Huber e Thompson (2007), a aplicação de N em quantidade suficiente, evitando períodos de excesso, perda ou condições ambientais que predisponham o patógeno, é medida que pode ser adotada no controle cultural de doenças de plantas. Ainda Prabhu et al. (2007) mencionam que o momento, a quantidade e o método de aplicação adequado do K podem auxiliar no controle de doenças. Possivelmente, essas medidas de controle foram realizadas pela fertirrigação.

4 CONCLUSÕES

Nas condições deste experimento:

- a) a menor AACP da cercosporiose e a maior AACP enfolhamento ocorreram no parcelamento em doze aplicações de nitrogênio e de potássio ao ano, uma vez ao mês;
- b) a distribuição dos nutrientes minerais em doze parcelamentos via fertirrigação propicia maior teor foliar de nitrogênio e níveis adequados de potássio no período epidêmico da cercosporiose, sendo uma técnica de manejo recomendada no controle cultural da doença na formação da lavoura cafeeira;
- c) o período de maior incidência da cercosporiose ocorreu entre os meses de maio e agosto de 2009, havendo menor progresso da doença na face de exposição noroeste do cafeeiro, com menor luminosidade solar;
- d) a temperatura foi a variável climática que obteve melhor correlação com a cercosporiose do cafeeiro. A incidência da doença aumentou à medida que a temperatura média do ar diminuiu, coincidindo com o intervalo de maior AACP da cercosporiose.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativos, 2011. 482 p.

ALEXANDRE-POZZA, A. A. **Influência da nutrição nitrogenada e potássica na intensidade da mancha de olho pardo (*Cercospora coffeicola* Berk. e Cook.) em mudas de cafeeiro**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 1999.

ALEXANDRE-POZZA, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; CAIXETA, S. L.; CARDOSO, A. A.; ZAMBOLIM, L.; POZZA, E. A. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha-de-olho-pardo em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 53-60, jan. 2001.

BURMAN, R. D.; NIXON, P. R.; WRIGHT, J. L.; PRUITT, W. O. Water requirements. In: JENSEN, M. E (Ed.). **Design and operation of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, Monograph 3, 1983. p. 189-232.

CLEMENTE, F. M. V. T.; CARVALHO, J. G. D.; GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes no cafeeiro em pós-plantio: primeiro ano. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 47-57, jan./jun. 2008.

COELHO, G.; SILVA, A. M.; REZENDE, F. C.; SILVA, R. A.; CUSTÓDIO, A. A. P. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamentos de adubação sobre a produtividade do cafeeiro 'Catuaí'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 67-73, jan./fev. 2009.

CUSTÓDIO, A.A.P.; POZZA, E.A.; CUSTÓDIO, A.A.P.; SOUZA, P.E.; LIMA, L.A.; LIMA, L.M. Intensidade da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro quanto à face de exposição das plantas. **Coffee Science**, v.5, n.3, p. 214-228, set./dez. 2011.

DAUB, M. E.; HERRERO, S.; CHUNG, K. Photoactivated perylenequinone toxins in fungal pathogenesis of plants. **FEMS Microbiology Letters**, London, v. 252, n. 2, p. 197-206, nov. 2005.

ECHANDI, E. La chasparria de los cafetos causada por el hongo *Cercospora coffeicola* Berk. e Cooke. **Turrialba**, San Jose, v. 9, n. 2, p. 54-67, abr./jun. 1959.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, vol. 50, p. 641-664, jun. 1999.

FERNANDES, C. D.; PELOSO, M. C. D.; MAFFIA, L. A.; VALLE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L. Influência da concentração de inóculo de *Cercospora coffeicola* e do período de molhamento foliar na intensidade da cercosporiose do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 39-43, mar. 1991.

FERNÁNDEZ-BORRERO, O.; MESTRE, A. M.; LÓPEZ-DUQUE, S. Efecto de la fertilizacion en la incidencia de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) en frutos de cafe. **Cenicafé**, Colombia, v. 17, n. 1, p. 5-16, mar. 1966.

FERREIRA, D. S. Análise estatística por meio do programa SISVAR para windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos, MG: UFScar, 2000. p. 255-258.

GARCIA JÚNIOR, D.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; SOUZA, P. E.; CARVALHO, J. G.; BALIEIRO, A. C. Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 286-291, mai./jun. 2003.

GOPAL, N. H. Some physiological factors to be considered for stabilization of arabica coffee production in South India. **Indian Coffee**, Bangalore, v. 38, n. 8, p. 217-221, aug. 1974.

GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ, V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 289-302.

HUBER, D. M.; THOMPSON, I. A. Nitrogen and plant disease. In: DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. (Ed.). **Mineral Nutrition and Plant Disease**. St. Paul: APS Press, p. 31-44, 2007.

LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P.; GOMES, N. M. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1832-1842, nov./dez. 2008.

LIMA, P. C. **Método de amostragem para a avaliação do índice de infecção da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*, Berk. e Br.)**. 1979. 65 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agronômica) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1979.

LÓPEZ-DUQUE, S.; FERNÁNDEZ-BORRERO, O. Epidemiologia de la mancha de hierro del cafeto (*Cercospora coffeicola* Berk. y Cook.). **Cenicafé**, Colombia, v. 20, n. 1, p. 3-19, mar. 1969.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 1995. 887 p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; VENEGAS, V. H. A. (Ed.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 143-168.

NATARAJ, T.; SUBRAMANIAN, S. Effect of shade and exposure in the incidence of brown-eye-spot of coffee. **Indian Coffee**, Bangalore, v. 39, n. 7/8, p. 179-180, 1975.

OLIVEIRA, K. M. G. **Desenvolvimento de um software para estimativa do azimute de linhas de plantio de cafeeiro**. 2008. 66 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

PRABHU, A. S.; FAGERIA, N. K.; HUBER, D. M.; RODRIGUES, F. A. Potassium and plant disease. In: DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. (Ed.). **Mineral Nutrition and Plant Disease**. St. Paul: APS Press, p. 57-78, 2007.

ROTEM, J.; PALTÍ, J. Irrigation and plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 7, n. 1, p. 267-288, sep. 1969.

SANTOS, F. da S.; SOUZA, P. E.; POZZA, E. A. Epidemiologia da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) fertirrigado. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 30, n. 1, p. 31-37, jan./mar. 2004.

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

SIDDIQI, M. A. Incidence, development and symptoms of *Cercospora* disease of coffee in Malawi. **Transactions of the British Mycological Society**, London, v. 54, n. 3, p. 415-421, jun. 1970.

SILVA, A. C. da; SILVA, A. M. da; COELHO, G.; REZENDE, F. C.; SATO, F. A. Produtividade e potencial hídrico foliar do cafeeiro Catuaí em função da época de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 21-25, jan./fev. 2008.

SILVA, A. L. da; FARIA, M. A. de; REIS, R. P. Viabilidade técnico-econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 37-44, jan./abr. 2003.

SILVA, C. A. da; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 387-394, mar. 2008.

SOBREIRA, F. M. **Adubação do cafeeiro fertirrigado em fase de formação no sul de Minas Gerais**. 2010. 104 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

TALAMINI, V.; POZZA, E. A.; SOUZA, P. E.; SILVA, A. M. Progresso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com diferentes épocas de início e parcelamentos da fertirrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 141-149, jan./fev. 2003.

TALAMINI, V.; SOUZA, P. E.; POZZA, E. A.; SILVA, A. M.; BUENO FILHO, J. S. S. Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em diferentes lâminas de irrigação e diferentes parcelamentos de adubação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 55-62, jan./fev. 2001.

XIAO, C. L.; SUBBARAO, K. V. Effects of irrigation and *Verticillium dahliae* on cauliflower root and shoot growth dynamics. **Phytopathology**, St. Paul, v. 90, n. 9 p. 995-1004, sep. 2000.

CAPÍTULO 4

Progresso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro submetido a níveis de cálcio e de potássio

RESUMO

O estado nutricional das plantas é considerado um dos principais fatores ambientais envolvidos na intensidade de doenças no campo. Assim, é necessário que se conheça, de forma clara, o efeito dos principais nutrientes fornecidos na lavoura, visando à adoção de táticas de controle de enfermidades. Dessa forma, este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar o progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro no campo, sobre diferentes níveis de cálcio e de potássio. O estudo foi realizado em cafeeiro adulto, no período de dezembro de 2008 a novembro de 2009. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, aplicando-se quatro níveis de calcário dolomítico (0, 1, 2 e 4 t ha⁻¹) e quatro níveis de cloreto de potássio (0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹) nas parcelas. Realizou-se a avaliação da doença, no terço mediano das plantas, nas faces de exposição leste e oeste da lavoura. Houve interação significativa entre doses de calcário dolomítico e cloreto de potássio somente para a área abaixo da curva de progresso da incidência da ferrugem. O menor progresso da ferrugem do cafeeiro foi obtido nas doses medianas de calcário aplicado, quando as doses de cloreto de potássio foram responsáveis por menores amplitudes na variação da intensidade da doença, reafirmando a necessidade de equilíbrio entre nutrientes. A ferrugem e a cercosporiose do cafeeiro foram influenciadas quanto à face de exposição da lavoura à luz solar. Houve maior intensidade da ferrugem na face leste da lavoura e maior intensidade da cercosporiose na face oeste. As variáveis climáticas precipitação, temperatura média do ar e insolação se correlacionaram, de forma negativa, com as doenças no campo.

Palavras-chave: *Hemileia vastatrix*. *Cercospora coffeicola*. Regulação do ambiente.

ABSTRACT

Adequate nutrient supply can be considered as an important factor to avoid disease intensity on coffee plants. This research evaluated the leaf rust and brown eye spot progression on coffee plants subject to different levels of Calcium and Potassium supply. It was carried out at field, from December 2008 to November 2009. Randomized blocs were used as statistical experimental design, with four replicates, through four levels of dolomitic lime (0, 1, 2 e 4 T ha⁻¹) and four levels of Potassium Chloride (0, 100, 200 e 400 Kg ha⁻¹). Disease attacks were monitored at the medium third part level of plant height exposed either to east or west directions. Significant interaction was observed between lime and Potassium rates comparing the area under the disease progress curves. Smaller rust progress was observed when medium levels of lime were applied and when Potassium Chloride were responsible for smaller amplitudes of intensity variation of the disease, establishing the necessity of nutrient equilibrium. Leaf rust and brown eye spot diseases were influenced by the sunlight exposition face. Plants exposed to east were more subject to leaf rust as higher brown eye spots happened at faces exposed to west. Climate variables, such as rain, average air temperature and sun radiation correlated negatively to disease intensity.

Keywords: *Hemileia vastatrix*. *Cercospora coffeicola*. Environmental regulation.

1 INTRODUÇÃO

A nutrição mineral de plantas é um dos principais componentes do ambiente relacionado à maior ou à menor intensidade de doenças. Quando utilizada de forma correta, pode ser uma importante tática de manejo integrado no controle cultural. Isso porque, em muitas situações, os nutrientes minerais constituem a primeira linha de defesa da planta contra o ataque de patógenos (DATNOFF; ELMER; HUBER, 2007).

Na cultura do cafeeiro, a fertilização das plantas mantendo níveis adequados de nutrientes minerais promove acréscimos de produtividade (MARTINEZ et al., 2003; SILVA; LIMA; TEIXEIRA, 2009). Entretanto, nutrientes, como o cálcio e o potássio extensamente utilizados pelos agricultores, quando em níveis desequilibrados ou insuficientes, podem ocasionar maior intensidade das principais enfermidades que acometem a cultura, como a ferrugem e a cercosporiose do cafeeiro (FIGUEIREDO; HIROCE; OLIVEIRA, 1976; AVELINO; WILLOCQUET; SAVARY, 2004; ALVES et al., 2009). Teores adequados de potássio (K^+) aumentam a resistência à penetração e a colonização de patógenos, por não competir na absorção de outros íons, especialmente o cálcio (Ca^{+2}), que promove o fortalecimento da lamela média da parede celular celulósica (PRABHU et al., 2007; RAHMAN; PUNJA, 2007).

O conhecimento sobre a interação entre diferentes níveis de cálcio e de potássio fornecidos na lavoura e seus efeitos sobre as principais doenças do cafeeiro ainda não foram obtidos. Pesquisas já foram realizadas com mudas em casa de vegetação e viveiros (ALEXANDRE-POZZA et al., 2000, 2001; GARCIA JÚNIOR et al., 2003), isolando-se a influência de alguns nutrientes. Diante disso, torna-se necessário avaliar o efeito desses nutrientes em condições de campo, devido a respostas promissoras e à crescente demanda por corretivos e fertilizantes na cafeicultura.

Destaca-se, dessa forma, a importância da formulação de políticas agrícolas na geração de informações técnico-científicas em áreas estratégicas do conhecimento, com ênfase na prevenção, no monitoramento e no controle de doenças que representam riscos para o agronegócio café. Pretende-se desenvolver programas de controle cultural eficiente para reduzir epidemias, seguindo o conceito de manejo integrado de doenças em plantas. Este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar o progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro no campo sobre diferentes níveis de cálcio e de potássio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Campo experimental

O trabalho foi realizado no período de setembro de 2007 a novembro de 2009, em propriedade particular pertencente ao Sr. Djalma Teixeira de Carvalho e à Sra. Lídia Castanheira de Carvalho, localizada no município de Lavras, MG, situado à latitude 21°12'48" Sul, longitude 45°04'01" Oeste e altitude de 923 m (Figura 1A). Na área de 3,24 ha, encontra-se um cafezal de sequeiro (não irrigado) da cultivar Catuaí Amarelo (*Coffea arabica* Lineu, 1753), suscetível à ferrugem e à cercosporiose, de linhagem desconhecida, em sistema semiadensado.

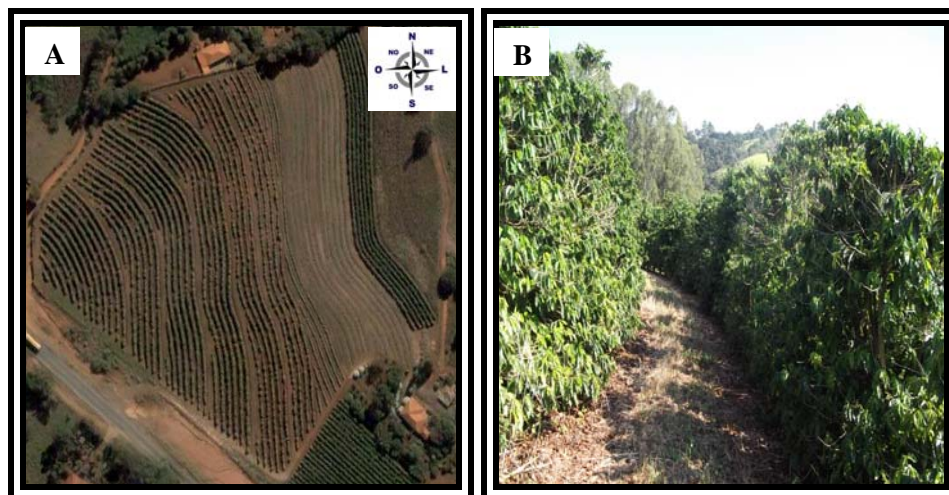


Figura 1 Imagem de satélite (A) e vista parcial (B) do campo experimental. UFLA, Lavras, MG, 2011. (A) Acessado em: <http://earth.google.com>

A lavoura foi implantada em nível, em janeiro de 1973, no espaçamento de 4,0 m entre as linhas e 0,9 m entre as plantas, ocupando área útil de 3,60 m² planta⁻¹ e densidade populacional de 2.778 plantas ha⁻¹ (Figura 1B). A lavoura

recebeu, anualmente, a retirada de brotações (desbrota) e podas de decote alto, quando necessárias, sendo recepada a 0,60 m do nível do solo, em junho de 1990. O solo possui textura do tipo muito argilosa, apresentando 63% de argila, 14% de areia e 23% de silte. Os atributos químicos e físicos do solo, obtidos pela amostragem de todas as parcelas ao término do experimento, podem ser observados no apêndice da Tabela 4B.

2.2 Delineamento experimental

O experimento foi delineado em blocos ao acaso, com quatro repetições e dezesseis tipos de tratamentos. Cada parcela experimental foi composta por doze plantas distribuídas em fileira, sendo as oito plantas centrais consideradas úteis e as duas plantas laterais em cada extremidade, como bordadura. Com a finalidade de neutralizar a influência dos tratamentos entre os blocos, também foram consideradas, como bordadura, duas linhas de cafeeiro.

Estudaram-se, simultaneamente, dois fatores, constituídos de um fatorial 4 x 4, com quatro doses (0; 1; 2 e 4 t ha⁻¹) de calcário (PRNT 95%) combinadas com quatro doses (0; 100; 200 e 400 kg de K₂O ha⁻¹) de cloreto de potássio (60% K₂O). Fez-se a aplicação do calcário no mês de setembro dos anos de 2007 e 2008, enquanto realizaram-se dois parcelamentos para aplicação dos fertilizantes nos meses de novembro e dezembro.

2.3 Variáveis climatológicas

Os dados utilizados foram obtidos da estação climatológica principal de Lavras (ECP), localizada no campus da UFLA, à distância de 9.180 m do local do experimento, pertencente ao 5º Distrito de Meteorologia, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a Universidade Federal de

Lavras. Os dados corresponderam aos valores diários obtidos da média de, pelo menos, três das quatro observações meteorológicas, de acordo com o Tempo Médio de Greenwich (TMG). O período de monitoramento foi de novembro de 2008 a novembro de 2009. Os dados obtidos foram das variáveis temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima, umidade relativa do ar, precipitação e horas de insolação.

Em seguida, fez-se a correlação de Pearson com a intensidade da ferrugem e da cercosporiose em folhas e as variáveis climáticas, com auxílio do software SAS versão 8.1 (SAS Institute, Cary, NC).

2.4 Avaliação das doenças

A incidência e a severidade da ferrugem e da cercosporiose foram avaliadas nas folhas do cafeeiro, observando-se os sintomas e sinais pertinentes às doenças, pelo método não destrutivo, feito na própria planta. Assim, após um ano de influência dos tratamentos, amostraram-se as doenças na lavoura, no período de dezembro de 2008 a novembro de 2009, em intervalos médios de 21 dias, sendo oito folhas de cada planta útil das parcelas localizadas no terço mediano das plantas, entre o 3º ao 4º par de folhas, conforme proposto por Lima (1979). Coletaram-se quatro folhas em cada face de exposição (leste e oeste) da planta, em ramos plagiotrópicos escolhidos ao acaso, totalizando 64 folhas por parcela. Avaliou-se a incidência das doenças por quantificação do número de folhas com presença de lesões em relação ao total amostrado, conforme Talamini et al. (2001). A severidade da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro nas folhas com incidência das doenças foram estimadas, respectivamente, com auxílio das escalas diagramáticas propostas por Kushalappa e Chaves (1981) e por Oliveira et al. (2001).

No final do mês de maio do ano agrícola de 2008/2009, amostrou-se também a incidência da cercosporiose em frutos, no estágio próximo ao fruto “cereja”, pelo método destrutivo, conforme realizado por Santos; Souza; Pozza (2004). Os frutos foram coletados de forma aleatória, em ramos plagiotrópicos do terço superior da planta, devido à maior insolação, amostrando-se 160 frutos por parcela, sendo 20 frutos em cada uma das 8 plantas úteis, provenientes dos 4 pontos cardeais, como realizado por Santos (2010) e Vasco (2010). Em seguida, fez-se a contagem da incidência da doença, obtida pela relação do número de frutos com sintomas em relação ao número total de frutos amostrado.

2.5 Área abaixo da curva de progresso da doença

Calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), conforme realizado por Shaner e Finney (1977), da intensidade da ferrugem e da cercosporiose nas folhas do cafeeiro obtida nas parcelas experimentais, referente ao período de dezembro de 2008 a novembro de 2009.

2.6 Tratos culturais

A condução do experimento foi realizada de maneira convencional. Entretanto, as adubações do cafeeiro, excluindo-se as fontes de potássio e cálcio (tratamentos), foram realizadas com base nos resultados da análise química do solo, complementadas conforme o laudo da análise química foliar e interpretadas de acordo com a recomendação de Guimarães et al. (1999). Ainda, o manejo das plantas daninhas foi realizado pela capina manual alternada nas linhas de cultivo e, nas entrelinhas de cultivo, pela combinação do herbicida glicina substituída ($2,0 \text{ l ha}^{-1}$) e roçada mecânica. Não foram fornecidos inseticidas acaricidas e fungicidas nas parcelas experimentais, durante a condução do experimento.

2.7 Análise estatística

Foi utilizado, para a análise estatística do experimento, o programa SISVAR[®] (FERREIRA, 2000), sendo realizada análise de variância ($p < 0,05$) da área abaixo da curva de progresso das doenças foliares (AACPD) da incidência da cercosporiose em frutos e da produtividade das parcelas, pelo teste de F. Quando houve influência isolada dos fatores de estudo, as variáveis significativas quantitativas foram submetidas à análise de regressão, ajustando-se o modelo estatístico adequado para explicar o comportamento do patossistema. Quando houve interação significativa entre os fatores estudados, foram plotados gráficos de superfícies de resposta com auxílio do programa STATISTICA[®] 5.0 (StatSoft, Inc. 1995), para analisar a influência dos níveis fornecidos de calcário e cloreto de potássio no progresso da doença. As variáveis qualitativas foram comparadas pelo método de Tukey. Os cálculos foram efetuados e os gráficos plotados utilizando-se o software Microsoft[®] Excel[®] 2007.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ferrugem do cafeeiro

Doses de cálcio e de potássio

Houve interação significativa ($p < 0,01$) entre doses de calcário (Ca^{+2}) e cloreto de potássio (K^+) na área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) na incidência da ferrugem, embora com baixo coeficiente de correlação (Gráfico 1).

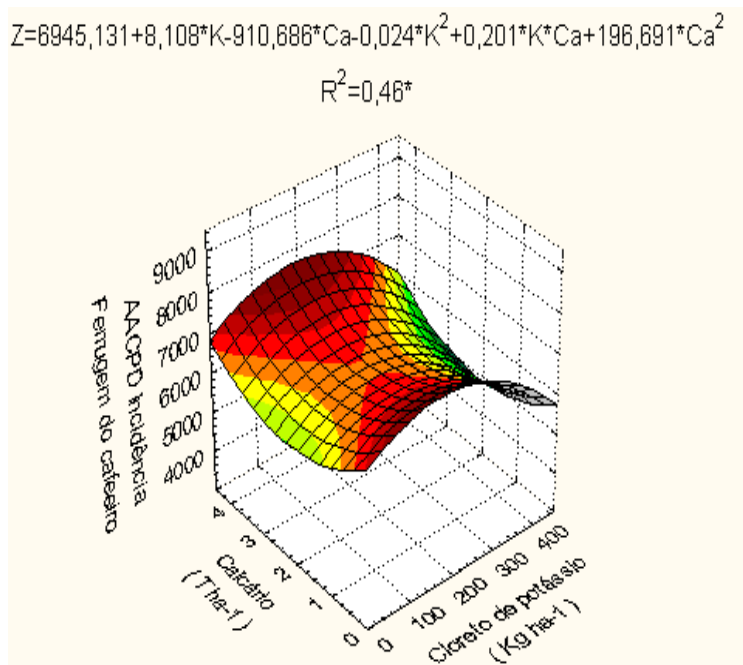


Gráfico 1 Incidência da ferrugem (AACPD) em lavoura cafeeira, no período de dezembro de 2008 a novembro de 2009, sobre diferentes níveis de calcário e de cloreto de potássio fornecido no campo. UFLA, Lavras, MG, 2011

No campo, pode-se observar menor progresso da incidência da doença (5150,09) com o fornecimento da dose de calcário (2 t ha^{-1}) associada à dose máxima de cloreto de potássio (400 kg ha^{-1}). Ainda, de forma oposta, observou-se que o maior progresso da ferrugem ($>7425,47$) ocorreu com o fornecimento da dose de cloreto de potássio (200 kg ha^{-1}), associada à máxima dose de calcário (4 t ha^{-1}).

Ainda, desequilíbrios da quantidade de corretivos e fertilizantes, fornecendo apenas cloreto de potássio em dose de 200 kg ha^{-1} , também promoveram maior ($>7425,47$) incidência da doença. Dessa forma, a falta do fornecimento de corretivos na lavoura, comumente realizada por meio da calagem como fonte de cálcio para as plantas, pode ocasionar maior progresso da ferrugem do cafeeiro, mesmo aplicando-se a dose de cloreto de potássio. Este manejo inadequado é constantemente realizado pelos agricultores em cafezais (Gráficos 2 e 3).

O fornecimento da dose de 2 T ha^{-1} de calcário e de 200 kg ha^{-1} de cloreto de potássio também resultou em valores intermediários da AACPD (6667,01), porém, inferiores (6919,83) quando não fornecidos (testemunha absoluta) à planta (Gráfico 1). Verificou-se para a área abaixo da curva de progresso da severidade da ferrugem, influência significativa das doses de calcário ($p < 0,05$) e de cloreto de potássio ($p < 0,01$), isoladamente. Em ambas as dosagens, o melhor modelo ajustado foi o polinomial quadrático, com valores de coeficiente de correlação de 99% e 88%, respectivamente para doses de calcário e de cloreto de potássio (Gráficos 2 e 3). Nas doses de cloreto de potássio, houve incremento na severidade da ferrugem com o aumento do fornecimento do fertilizante até 200 kg ha^{-1} , sendo registrada maior severidade (186,55) da doença. Em seguida, ocorreu redução na dose de 400 kg ha^{-1} , que foi a menor (110,55) severidade registrada (Gráfico 2).

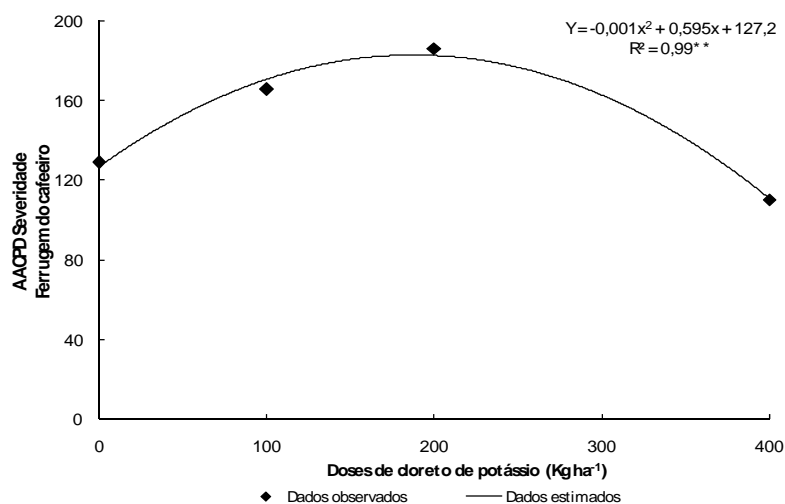


Gráfico 2 Severidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) em lavoura cafeeira (*Coffea arabica*), no período de dezembro de 2008 a novembro de 2009, sobre diferentes níveis de cloreto de potássio fornecido no campo. UFLA, Lavras, MG, 2011

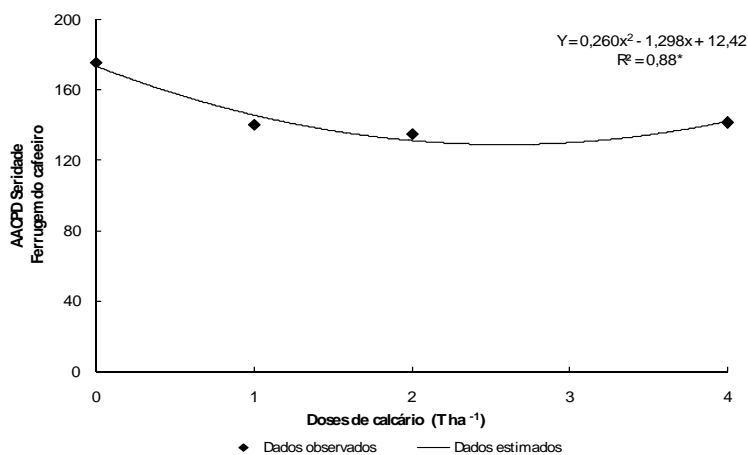


Gráfico 3 Severidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) em lavoura cafeeira (*Coffea arabica*), no período de dezembro de 2008 a novembro de 2009, sobre diferentes níveis de calcário fornecido no campo. UFLA, Lavras, MG, 2011

Foi possível observar, nas diferentes doses de calcário aplicada no campo, registros de maior severidade da ferrugem do cafeeiro (171,06) quando não houve fornecimento de corretivo (0 t ha^{-1}), ocorrendo, em seguida, tendência de redução do progresso da doença, sendo registrado menor severidade da ferrugem na dose de 2 t ha^{-1} (135,08). Esse resultado está de acordo com os obtidos por Debona et al. (2008) na cultura da soja em casa de vegetação, com doses de cálcio entre 0 e 297 kg ha^{-1} e hastes entre plantas espaçadas de 0,50 m. Os autores observaram redução da severidade (%) da ferrugem asiática com o fornecimento de cálcio até a dose de 200 kg ha^{-1} de calcário calcítico ‘filler’, sendo registrada severidade próxima a 10% e maior na dose de 50 kg ha^{-1} de calcário dolomítico, com severidade próxima a 16%.

Pode-se observar que, mesmo não ocorrendo interação estatística significativa entre os diferentes níveis de fertilizantes e corretivos empregados, o menor progresso da severidade da ferrugem do cafeeiro na lavoura foi registrado na dose de 2 T ha^{-1} de calcário dolomítico (Gráfico 3), assim como fornecendo a dose máxima (400 kg ha^{-1}) de cloreto de potássio (Gráfico 2).

Verifica-se, assim, que os resultados obtidos para severidade da ferrugem, mesmo de forma independente, corroboram os obtidos para o progresso da incidência da doença no presente estudo (Gráfico 1).

Garcia Júnior et al. (2003) em ambiente controlado, obtiveram resultados semelhantes ao Gráfico 1, avaliando diferentes doses de K ($1, 3, 5$ e 7 mmol l^{-1}) e Ca ($2, 4, 6$ e 8 mmol l^{-1}) na intensidade da cercosporiose do cafeeiro em solução nutritiva. Os autores verificaram menor número total de lesões na maior dose de potássio e na dose de $6,35 \text{ mmol l}^{-1}$ de cálcio. Ainda, os autores citam que houve redução da área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) com o aumento das doses de cálcio, sendo menor AACPD (14,78) na dose máxima de cálcio. Porém, os resultados discordam quando os autores afirmam que a menor área abaixo da curva de progresso do total de lesões ocorreu com o

incremento das doses de potássio e de cálcio, e com o aumento apenas das doses de potássio (GARCIA JÚNIOR et al., 2003).

Alexandre-Pozza et al. (2000) também observaram resultados semelhantes em mudas de cafeeiro. Os autores avaliaram a intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro com diferentes doses de potássio (3, 5, 7 e 9 mmol L⁻¹) cultivadas em solução nutritiva. Observou-se que o aumento do progresso do total de lesões e do número de lesões da doença por folha foi linear à medida que houve incremento da dose de potássio. Possivelmente, maiores doses de cloreto de potássio até a dose de 200 kg ha⁻¹ (Gráfico 2) induziram à deficiência de cálcio da lamela média da parede celular, favorecendo a infecção do patógeno.

Os resultados obtidos no presente estudo (Gráfico 1) também discordam dos observados por Catarino (2011), em solução nutritiva, no patossistema *Phoma tarda* x *Coffea arabica*. Com o objetivo de analisar a influência de diferentes doses de cálcio (2, 4, 6, 8 e 10 mmol L⁻¹) e de potássio (3, 4, 5, 6 e 7 mmol L⁻¹) na intensidade da mancha-de-phoma do cafeeiro, o autor, apesar de observar interação significativa entre os nutrientes, registrou que a menor AACP da incidência da doença ocorreu na menor dose de cálcio e na maior de potássio. Ainda cita o autor que a menor severidade da doença ocorreu na interação entre as menores doses de cálcio e de potássio.

A influência de doses de potássio (4, 5, 6, 7 e 8 mmol L⁻¹) na mancha-de-phoma em mudas foi também estudada por Lima et al. (2010), em ambiente controlado. Foi observado pelos autores que o aumento das doses de potássio proporcionou redução da doença, até a dose de 7,0 mmol L⁻¹. Assim, os resultados do presente estudo discordam dos observados por esses autores.

Curva de progresso da doença

O maior progresso da ferrugem do cafeeiro ocorreu na face de exposição oeste das plantas amostradas, quando comparada a face leste (Gráficos 4 e 5). Foram registrados índices máximos e mínimos na face oeste no período de maior ocorrência da enfermidade no campo, respectivamente, de 75% e 42% de incidência da doença nas folhas amostradas em 29/05/2009 e de 3,9% e 0,6% da área foliar (severidade) em 08/05/2009. No mesmo período, os índices máximos e mínimos na face leste foram, respectivamente, de 51% e 25% de incidência e de 1,5% e 0,43% de severidade da doença (Gráficos 4 e 5).

Quanto aos diferentes níveis de calcário (Ca^{+2}) e de cloreto de potássio (K^{+}) fornecidos na lavoura, observou-se, pelo gráfico de incidência e de severidade média, que, durante o período de maior ocorrência da ferrugem do cafeeiro, entre 17/02/2009 e 25/08/2009, a maior intensidade da doença ocorreu nos respectivos tratamentos com doses de calcário (t ha^{-1}) e cloreto de potássio (kg ha^{-1}): testemunha (0 t ha^{-1} e 0 kg ha^{-1}), na dose de 2 t ha^{-1} e 200 kg ha^{-1} e na dose de 0 t ha^{-1} e 200 kg ha^{-1} . Já a menor intensidade da doença, no mesmo período, foi observada nos seguintes tratamentos com respectivas doses de calcário (t ha^{-1}) e de cloreto de potássio (kg ha^{-1}): 2 t ha^{-1} e 400 kg ha^{-1} , 2 t ha^{-1} e 0 kg ha^{-1} e 4 t ha^{-1} e 400 kg ha^{-1} .

Ainda, foi registrada maior incidência da ferrugem (62%) no tratamento testemunha e 59% no tratamento com dose de 2 t ha^{-1} de calcário e 200 kg ha^{-1} de cloreto de potássio igual a 59% em 29/05/2009, enquanto a maior severidade da doença observada foi de 1,91% no tratamento testemunha e de 2,31% no tratamento de 2 t ha^{-1} de calcário e 200 kg ha^{-1} cloreto de potássio, em 29/05/2009 (Gráficos 4 e 5).

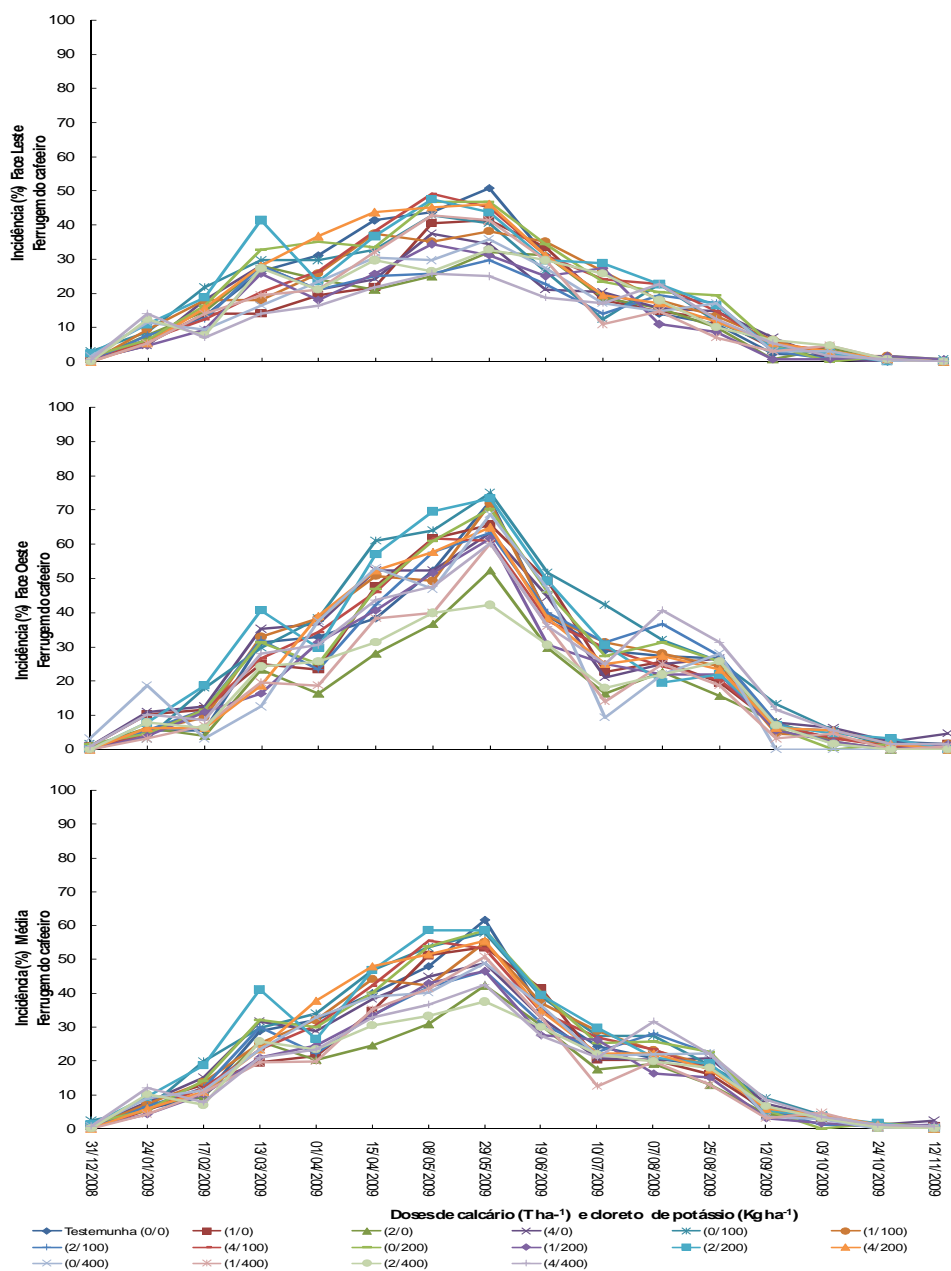


Gráfico 4 Curva do progresso da incidência da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) em cafeeiro (*Coffea arabica*) sobre diferentes níveis de calcário e de cloreto de potássio, na face de exposição das plantas leste e oeste e a média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011

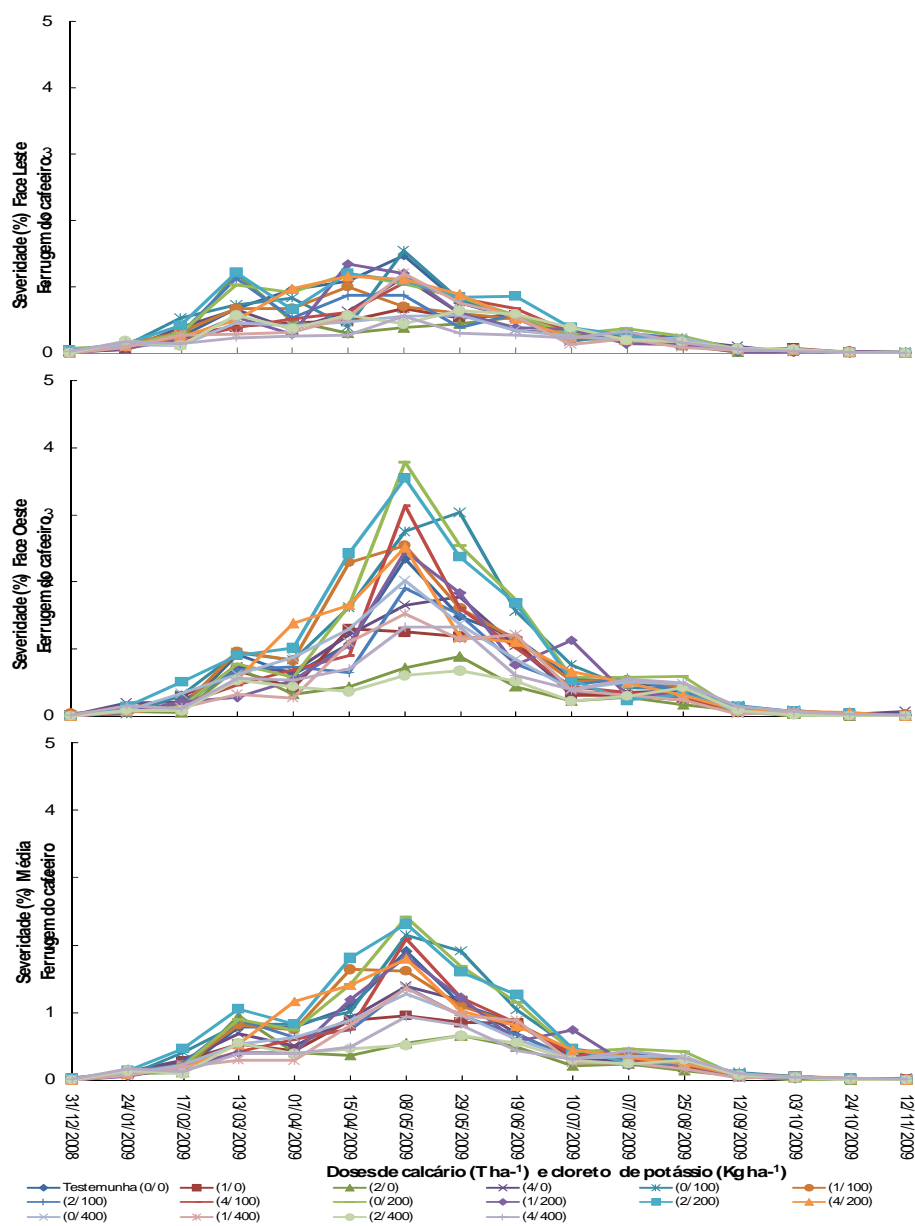


Gráfico 5 Curva do progresso da severidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) em cafeeiro (*Coffea arabica*) sobre diferentes níveis de calcário e de cloreto de potássio, na face de exposição das plantas leste e oeste e a média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011

As variáveis climáticas durante o período de avaliação foram favoráveis ao progresso da ferrugem do cafeeiro (Gráfico 6). Registraram-se valores de temperatura média entre 24,0 e 16,0°C, valores de umidade relativa do ar entre 70,0% a 76% e, baixos índices de precipitação (<23,0 mm), a partir de 08/05/2009, favorecendo o molhamento foliar. Ainda, houve baixa insolação, de 5,4 a 6,8 horas/dia (Gráfico 6). Tais condições ambientais, provavelmente, favoreceram a ocorrência da doença no campo (RAYNER, 1961, 1972; KUSHALAPPA; ESKE, 1989; MONTOYA; CHAVES, 1974).

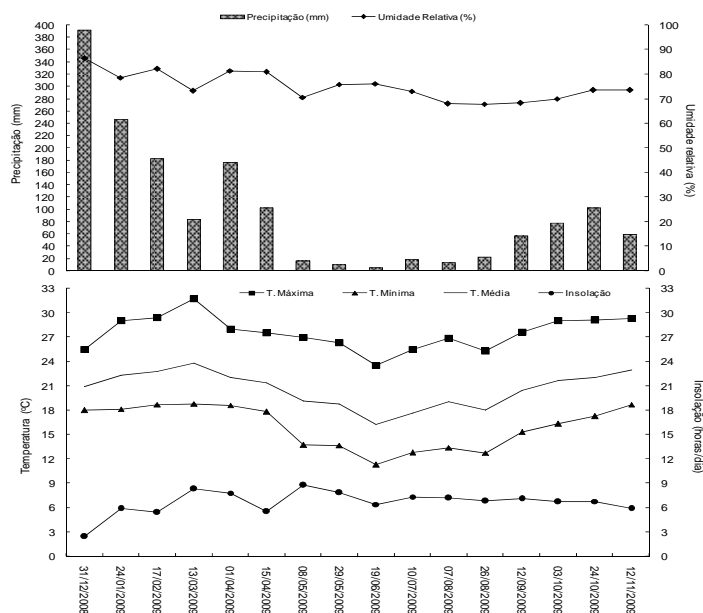


Gráfico 6 Variáveis climatológicas entre avaliações, no período de dezembro de 2008 a novembro de 2009. UFLA, Lavras, MG, 2011

Houve correlação negativa significativa ($p < 0,01$), com maiores coeficientes principalmente aos 15 e 30 dias anteriores à avaliação, entre a intensidade da ferrugem com as variáveis climáticas temperatura média do ar e precipitação (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 Correlação entre a incidência da ferrugem (*H. vastatrix*) do cafeeiro (*C. arabica*) com as variáveis climáticas temperatura média (T °C), umidade relativa do ar (UR%), precipitação (PP mm) e insolação (Ins horas/dia) com a interação dos diferentes níveis de cloreto de potássio (kg ha⁻¹) e calcário (T ha⁻¹), anteriores a três períodos (P.). UFLA, Lavras, MG, 2011

KCl	CaCO ₃	P.	T	UR	PP	Ins.
0	0	No dia	-0,47**	0,03	-0,19*	0,10
		15 dias antes	-0,39**	0,02	-0,34**	0,42**
		30 dias antes	-0,31**	0,05	-0,31**	0,57**
	1	No dia	-0,53**	-0,06	-0,22*	0,14
		15 dias antes	-0,46**	-0,01	-0,36**	0,38**
		30 dias antes	-0,39**	0,04	-0,32**	0,50**
	2	No dia	-0,47**	-0,03	-0,21*	0,14
		15 dias antes	-0,37**	-0,01	-0,37**	0,40**
		30 dias antes	-0,32**	0,03	-0,32**	0,52**
	4	No dia	-0,44**	0,03	-0,21*	0,11
		15 dias antes	-0,32**	0,00	-0,33**	0,41**
		30 dias antes	-0,24**	0,05	-0,26**	0,50**
100	0	No dia	-0,46**	-0,05	-0,20*	0,17
		15 dias antes	-0,36**	0,03	-0,33**	0,38**
		30 dias antes	-0,30**	0,08	-0,28**	0,49**
	1	No dia	-0,47**	-0,02	-0,21*	0,12
		15 dias antes	-0,39**	0,05	-0,32**	0,37**
		30 dias antes	-0,33**	0,09	-0,29**	0,50**
	2	No dia	-0,49**	-0,04	-0,24**	0,12
		15 dias antes	-0,38**	-0,08	-0,40**	0,41**
		30 dias antes	-0,33**	-0,03	-0,33**	0,52**
	4	No dia	-0,52**	-0,04	-0,24*	0,145
		15 dias antes	-0,43**	-0,00	-0,37**	0,43**
		30 dias antes	-0,36**	0,05	-0,33**	0,58**
200	0	No dia	-0,51**	-0,01	-0,21*	0,15
		15 dias antes	-0,42**	-0,01	-0,39**	0,42**
		30 dias antes	-0,34**	0,03	-0,34**	0,56**
	1	No dia	-0,46**	0,00	-0,20*	0,12
		15 dias antes	-0,40**	0,02	-0,34**	0,40**
		30 dias antes	-0,33**	0,05	-0,30**	0,52**
	2	No dia	-0,50**	0,05	-0,24**	0,14
		15 dias antes	-0,34**	0,02	-0,37**	0,44**
		30 dias antes	-0,28**	0,09	-0,26**	0,53**
	4	No dia	-0,46**	-0,01	-0,19*	0,11
		15 dias antes	-0,37**	0,05	-0,29**	0,40**
		30 dias antes	-0,28**	0,09	-0,27**	0,55**
400	0	No dia	-0,46**	0,00	-0,18*	0,08
		15 dias antes	-0,38**	0,04	-0,28**	0,35**
		30 dias antes	-0,30**	0,06	-0,27**	0,50**
	1	No dia	-0,45**	-0,02	-0,20*	0,09
		15 dias antes	-0,36**	0,00	-0,32**	0,35*
		30 dias antes	-0,29**	0,05	-0,27**	0,47**
	2	No dia	-0,54**	-0,00	-0,24**	0,10
		15 dias antes	-0,40**	-0,03	-0,37**	0,43**
		30 dias antes	-0,35**	0,01	-0,32**	0,56**
	4	No dia	-0,48**	-0,09	-0,23**	0,07
		15 dias antes	-0,39**	-0,10	-0,35**	0,37**
		30 dias antes	-0,36**	-0,07	-0,31**	0,50**

*significativo, a 5%. **significativo, a 1%

Assim, provavelmente, a redução da temperatura e da precipitação favoreceu o progresso da doença na lavoura. Ainda, correlações positivas significativas foram observadas entre a intensidade da ferrugem do cafeeiro e a insolação, em todos os tratamentos, aos 15 e 30 dias anteriores à avaliação da enfermidade no campo (Tabela 1 e 2).

Tabela 2 Correlação entre a severidade da ferrugem (*H. vastatrix*) do cafeeiro (*C. arabica*) com as variáveis climáticas temperatura média (T °C), umidade relativa do ar (UR%), precipitação (PP mm) e insolação (Ins horas/dia) com diferentes níveis de cloreto de potássio (kg ha⁻¹) e calcário (t ha⁻¹), anteriores a três períodos (P.). UFLA, Lavras, MG, 2011

KCl	P.	T	UR	PP	Ins
0	No dia	-0,32**	0,05	-0,13**	0,01*
	15 dias antes	-0,20**	0,02	-0,22**	0,30**
	30 dias antes	-0,13**	0,07	-0,16**	0,38**
100	No dia	-0,30**	0,02	-0,12**	0,09*
	15 dias antes	-0,21**	0,08	-0,21**	0,29**
	30 dias antes	-0,15**	0,06	-0,16**	0,36**
200	No dia	-0,32**	0,04	-0,11**	0,07
	15 dias antes	-0,22**	0,04	-0,18**	0,27**
	30 dias antes	-0,15**	0,09*	-0,14**	0,35**
400	No dia	-0,36**	0,01	-0,14**	0,07
	15 dias antes	-0,27**	-0,01	-0,24**	0,29**
	30 dias antes	-0,21**	0,03	-0,19**	0,38**
CaCO ₃	P.	T	UR	PP	Ins
0	No dia	-0,32**	0,05	-0,13**	0,10*
	15 dias antes	-0,20*	0,02	-0,22**	0,30**
	30 dias antes	-0,13**	0,07	-0,16**	0,38**
1	No dia	-0,30**	0,02	-0,12**	0,09*
	15 dias antes	-0,21**	0,01	-0,21**	0,29**
	30 dias antes	-0,15**	0,06	-0,16**	0,36**
2	No dia	-0,32**	0,04	-0,11**	0,07
	15 dias antes	-0,22**	0,04	-0,18**	0,27**
	30 dias antes	-0,15**	0,09*	-0,14**	0,35**
4	No dia	-0,36**	0,01	-0,14**	0,07
	15 dias antes	-0,27**	-0,01	-0,24**	0,29**
	30 dias antes	-0,21**	0,03	-0,19**	0,38**

*significativo, a 5%. **significativo, a 1%

Observou-se diferença significativa ($p < 0,01$) na área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) da ferrugem do cafeeiro, em cultivo de sequeiro, nas diferentes faces predominantes da planta. Houve menor incidência (5577,25) e severidade (107,74) da doença na face leste, comparada à face oeste de exposição da planta à luz solar (Gráfico 7).

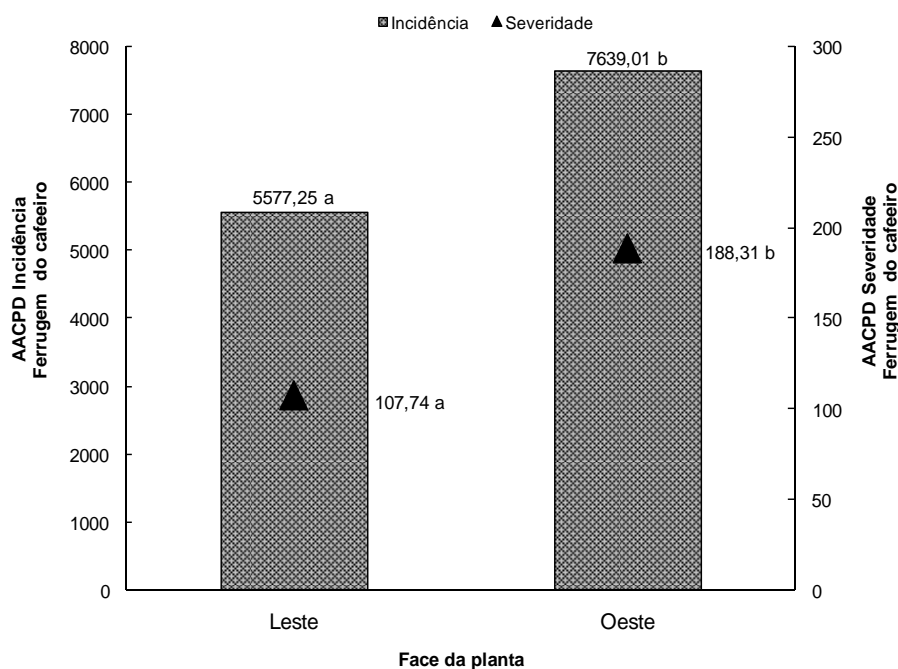


Gráfico 7 Incidência e severidade (AACPD) da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) em lavoura cafeeira (*Coffea arabica*) de sequeiro, quanto à face de exposição leste e oeste da planta, no período de dezembro de 2008 a novembro de 2009. UFLA, Lavras, MG, 2011

Esse fenômeno observado em lavoura de sequeiro pode ser justificado pela menor ocorrência de sombreamento e molhamento foliar promovido pelo orvalho ou pelas chuvas na face de exposição leste, essenciais na germinação e na penetração no ciclo das relações patógeno-cafeeiro (MONTROYA; CHAVES,

1974; CARAMORI; ANDROCIOLI; LEAL, 1996; STAVER et al., 2001; SANTOS et al., 2008).

Dessa forma, a maior incidência (7.639,01) e severidade (188,31) da ferrugem na face de exposição das plantas voltada ao oeste provavelmente ocorreu devido à menor luminosidade e temperatura dessas folhagens, estendendo assim o período de sombreamento e molhamento foliar. Tais fatores ambientais podem ter influenciado o período de latência do patógeno, gerando menor tempo na manifestação dos sinais (urediniósporos) de *Hemileia vastatrix*, resultado um ciclo mais rápido da epidemia pelo aumento da taxa de progresso da ferrugem na face de exposição oeste do cafeeiro.

3.2 Cercosporiose do cafeeiro

Doses de cálcio e de potássio

Não houve significância do fornecimento de doses de calcário e de cloreto de potássio, interagidas ou independentes, no progresso da cercosporiose do cafeeiro na lavoura, nas folhas ou nos frutos (Tabela 3).

Observa-se, ainda, que, embora não tenha ocorrido diferença entre os níveis de fertilizante e corretivo, foi registrado elevado índice de incidência da cercosporiose nos frutos, com valores acima de 73,0% (Tabela 3).

Ao contrário dos resultados obtidos em condições de campo, o efeito da nutrição mineral na intensidade da cercosporiose foi observado por Garcia Júnior et al. (2003), em mudas de cafeeiro sobre solução nutritiva. Estes autores trabalharam com diferentes doses de cálcio e de potássio, verificando redução linear na área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) com o aumento das doses de cálcio. A menor AACPD (14,78) foi obtida com a dose máxima de cálcio (8 mmol L⁻¹).

Tabela 3 Incidência e severidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em lavoura cafeeira (*Coffea arabica*) submetida a níveis de calcário e de cloreto de potássio, no período de dezembro de 2008 a novembro de 2009. UFLA, Lavras, MG, 2011

DOSES		AACPD	
	Folhas		Frutos
Cloreto de potássio (kg ha ⁻¹)	Incidência	Severidade	Incidência (%)
0	1148,15	16,23	78,75
100	1135,60	16,54	73,01
200	1235,26	19,05	80,50
400	1106,60	15,71	80,67
Calcário (t ha ⁻¹)	Incidência	Severidade	
0	1162,65	17,12	80,53
1	1091,31	15,23	80,95
2	1172,90	17,77	78,47
4	1198,73	17,40	73,00

Alexandre-Pozza et al. (2000) avaliaram a intensidade da doença em mudas de cafeeiro com diferentes doses de potássio e nitrogênio, cultivado em solução nutritiva. Os autores observaram aumento na área abaixo da curva de progresso do total de lesões e do número de lesões por folha, com acréscimo das doses de potássio. As altas doses de potássio podem ter induzido a deficiência de cálcio. Como este elemento é constituinte essencial da lamela média da parede celular, barreira para a entrada de patógenos pela ação de pectatos de cálcio (AGRIOS, 2005), a intensidade da doença aumentou.

Dessa forma, observa-se que pesquisas de campo ainda devem ser realizadas, para o melhor entendimento da intensidade da cercosporiose do cafeeiro sobre diferentes doses de fertilizantes e corretivos.

Curva de progresso da doença

A ocorrência da cercosporiose do cafeeiro ao longo do tempo foi relativamente baixa durante o progresso da intensidade da doença (Gráficos 8 e 9).

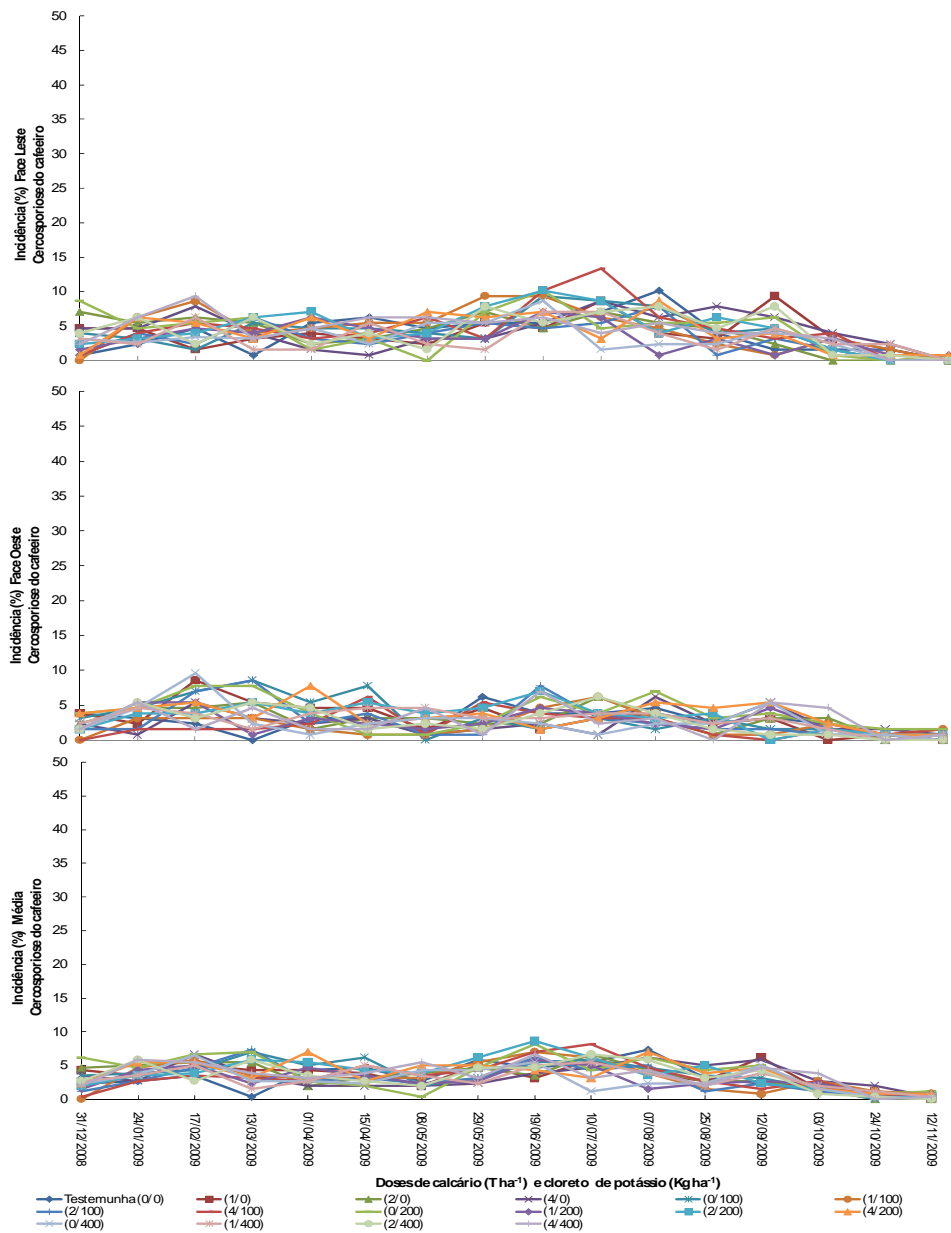


Gráfico 8 Curva do progresso da incidência da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em folhas de café (Coffea arabica) sobre diferentes níveis de calcário e de cloreto de potássio, na face de exposição das plantas leste e oeste e a média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011

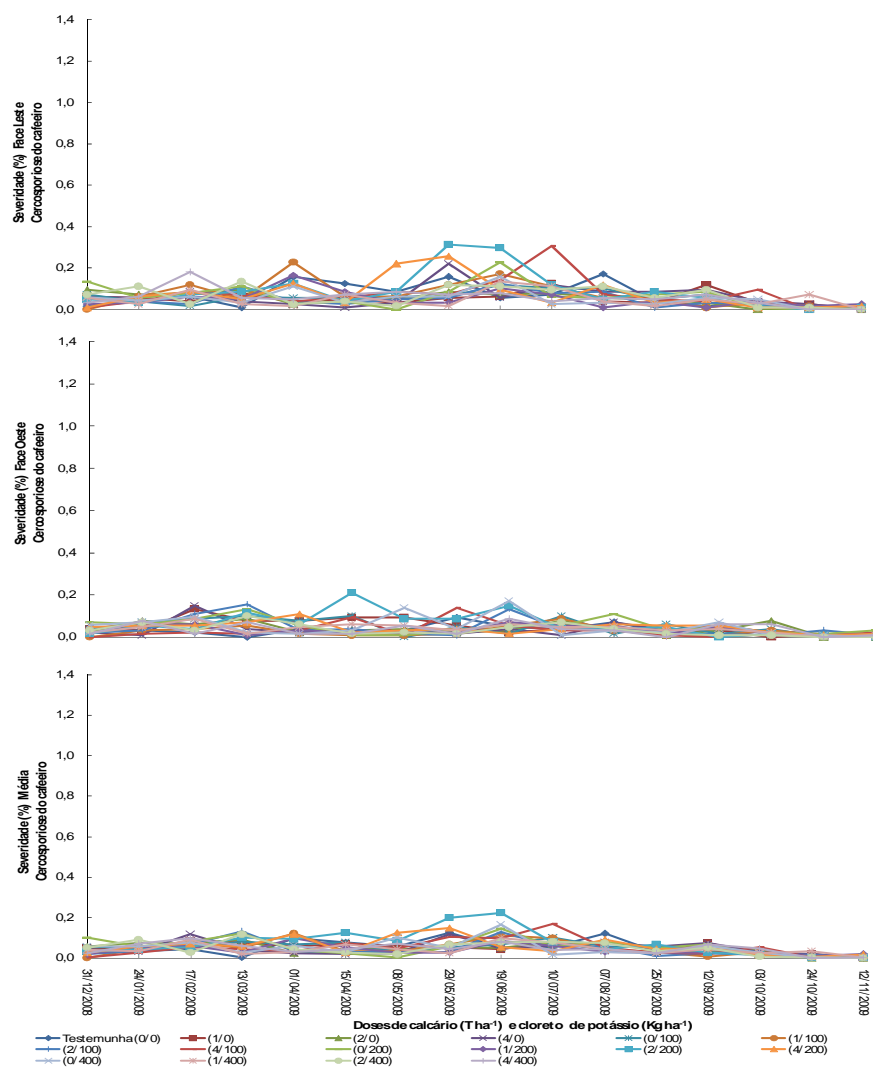


Gráfico 9 Curva do progresso da severidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em folhas de caféio (*Coffea arabica*) sobre diferentes níveis de calcário e de cloreto de potássio, na face de exposição das plantas leste e oeste e a média de ambas as faces. UFLA, Lavras, MG, 2011

Nas diferentes doses de calcário e de cloreto de potássio, foram registrados índices inferiores a 13% de incidência e 0,4% de severidade na face leste de exposição. No mesmo período, na face de exposição oeste da lavoura,

esses inferiores foram inferiores a 10% de incidência e a 0,2% de severidade. Pode-se também observar, pelo gráfico de incidência e de severidade média, que, durante todo o período de avaliação da cercosporiose, foi registrada maior intensidade da doença entre os dias 08/05/2009 e 25/08/2009. Ainda, o comportamento da doença ocorreu de forma muito semelhante entre os diferentes níveis de calcário e cloreto de potássio fornecido (Gráficos 8 e 9).

Observou-se influência negativa significativa da correlação entre as variáveis climáticas com a incidência e severidade da cercosporiose nos diferentes tratamentos. Embora com baixos valores de correlação, houve maior frequência de significância para a incidência e a severidade da doença com a variável temperatura média, principalmente aos 30 dias anteriores à avaliação da cercosporiose (Tabela 4). Ainda, observou-se melhor correlação positiva, principalmente entre a intensidade da doença com a variável insolação, em todos os tratamentos, principalmente para a incidência da doença aos 30 dias anteriores à avaliação da cercosporiose (Tabela 4). Esses resultados estão de acordo com os observados pelo gráfico climatológico (Gráfico 6) e pela curva de progresso da doença (Gráficos 8 e 9). Foram observados, durante o período de maior intensidade da doença, de maio a agosto de 2009, valores decrescentes da temperatura média do ar, além de maiores horas de insolação.

Houve influência significativa ($p < 0,01$) na área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) da cercosporiose do cafeeiro na face de exposição da planta oeste e leste. Foi observada menor incidência (965,65) e severidade (13,59) da doença na face predominante da lavoura voltada para o oeste (Gráfico 10).

Os resultados obtidos para cercosporiose em folhas de cafeeiro, em lavoura de sequeiro no presente estudo (Gráfico 10), foram exatamente opostos aos observados para ferrugem (Gráfico 7).

Tabela 4 Correlação entre a incidência e a severidade da cercosporiose (*C. coffeicola*) do cafeeiro (*C. arabica*) com as variáveis climáticas temperatura média (T °C), umidade relativa do ar (UR%), precipitação (PP mm) e insolação (Ins horas/dia) com diferentes níveis de cloreto de potássio (KCl kg ha⁻¹) e calcário (CaCO₃ t ha⁻¹), anteriores a três períodos (P.). UFLA, Lavras, MG, 2011

KCl	P.	T		UR		PP		Ins	
		Inc.	Sev.	Inc.	Sev.	Inc.	Sev.	Inc.	Sev.
0	No dia	-0,12**	-0,07	-0,13**	-0,08	0,01	-0,01	0,12**	0,09*
	15 dias	-0,13**	-0,08	0,04	0,05	-0,03	-0,03	-0,02	0,03
	30 dias	-0,13**	-0,11*	0,07	0,07	-0,16**	-0,02	0,38**	0,02
100	No dia	-0,21**	-0,17**	-0,09*	-0,06	-0,12**	-0,08	0,13**	0,12**
	15 dias	-0,14**	-0,15**	0,06	0,08	-0,14**	-0,12**	0,10*	0,08
	30 dias	-0,15**	-0,16**	0,06	0,08	-0,16**	-0,09*	0,36**	0,11*
200	No dia	-0,16**	-0,16**	-0,08	-0,03	-0,02	-0,01	0,12**	0,10*
	15 dias	-0,15**	-0,15**	0,07	0,08	-0,05	-0,07	0,04	0,07
	30 dias	-0,15**	-0,12**	0,09*	0,08	-0,14**	-0,07	0,35**	0,11*
400	No dia	-0,16**	-0,15**	-0,12**	-0,09*	-0,06	-0,02	0,11*	0,13**
	15 dias	-0,11*	-0,11*	0,03	0,07	-0,04	-0,03	0,04	0,01
	30 dias	-0,21**	-0,12**	0,03	0,10*	-0,19**	0,01	0,38**	-0,02
CaCO ₃									
0	No dia	-0,15**	-0,15**	-0,09*	-0,07	0,01	0,04	0,11**	0,10*
	15 dias	-0,13**	-0,14**	0,07	0,09	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01
	30 dias	-0,16**	-0,14**	0,05	0,08	-0,17**	-0,03	0,38**	0,03
1	No dia	-0,14**	-0,09	-0,11**	-0,09*	-0,06	-0,03	0,13**	0,15**
	15 dias	-0,13**	-0,09*	0,11*	0,13**	-0,03	-0,02	0,03	0,03
	30 dias	-0,16**	-0,09*	0,08	0,14**	-0,13**	-0,07	0,29**	0,02
2	No dia	-0,22**	-0,20**	-0,05	0,01	-0,05	-0,04	0,12**	0,09
	15 dias	-0,14**	-0,13**	0,05	0,07	-0,11*	-0,09*	0,09	0,08
	30 dias	-0,11*	-0,13**	0,07	0,09	-0,14**	-0,05	0,36**	0,10*
4	No dia	-0,16**	-0,11*	-0,16**	-0,09*	-0,09*	-0,08	0,11**	0,10*
	15 dias	-0,14**	-0,12**	-0,02	0,00	-0,09*	-0,11*	0,06	0,10*
	30 dias	-0,17**	-0,14**	0,05	0,03	-0,17**	-0,08	0,38**	0,08

*significativo, a 5%. **significativo, a 1%

Sabe-se que a arquitetura e o arranjo da lavoura cafeeira adulta, formando uma barreira vegetativa contínua, modificam a interceptação assim como o balanço da radiação solar nas plantas, interferindo na temperatura, na umidade, no sombreamento e no regime de molhamento na copa das plantas (SENTELHAS et al., 2005; MORAIS et al., 2007; SANTOS et al., 2008).

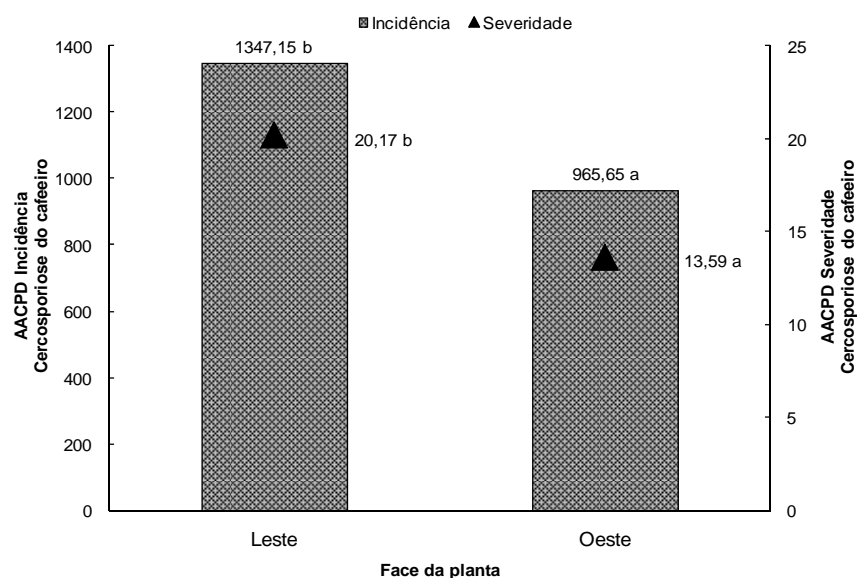


Gráfico 10 Incidência e severidade (AACPD) da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em lavoura cafeeira (*Coffea arabica*) de sequeiro quanto à face de exposição leste e oeste da planta, no período de dezembro de 2008 a novembro de 2009. UFLA, Lavras, MG, 2011

Dessa forma, houve maior incidência (1347,15) e severidade (20,17) da cercosporiose na folhagem do cafeeiro predominante na face leste, possivelmente devido ao maior período de tempo e exposições iniciais à luminosidade (Gráfico 10). Assim, a modificação microclimática pode ter contribuído para a ativação da fitotoxina cercosporina pelo fungo *C. coffeicola*, que promove danos em membranas e morte da célula vegetal (DAUB; EHRENSHAFT, 2000), ocasionada por meio da produção de formas ativas de

oxigênio (DAUB; HERRERO; CHUNG, 2005). Como consequência, as condições ambientais na face de exposição leste da lavoura podem ter favorecido o estabelecimento do patógeno e o progresso da doença.

4 CONCLUSÕES

Nas condições deste trabalho, conclui-se que:

- a) doses de calcário dolomítico e de cloreto de potássio interagiram de forma significativa e influenciaram a área abaixo da curva do progresso da ferrugem;
- b) o menor progresso da ferrugem do cafeeiro foi obtido nas doses medianas de calcário aplicado, quando as dose de cloreto de potássio foram responsáveis por menores amplitudes na variação da intensidade da doença, reafirmando a necessidade de equilíbrio entre nutrientes;
- c) a variável climatológica temperatura média do ar, precipitação e insolação obtiveram melhor correlação com o progresso da ferrugem, enquanto somente a temperatura média do ar melhor se correlacionou com o progresso da cercosporiose;
- d) o maior progresso da ferrugem em cafeeiro de sequeiro ocorreu entre os meses de fevereiro e agosto de 2009, com maior intensidade na lavoura para a face de exposição leste. Foi registrado baixo índice da cercosporiose na lavoura, porém, com maior intensidade na face de exposição oeste.

REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. 5.ed. London: Elsevier Academic Press, 2005. 922p.
- ALEXANDRE-POZZA, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; CAIXETA, S. L.; CARDOSO, A. A.; ZAMBOLIM, L.; POZZA, E. A. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha-de-olho-pardo em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 53-60, jan. 2001.
- ALEXANDRE-POZZA, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; POZZA, E. A.; CAIXETA, S. L.; ZAMBOLIM, L. Intensidade da mancha de olho pardo em mudas de cafeeiro em função de doses de N e de K em solução nutritiva. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 29-33, jan./mar. 2000.
- ALVES, M. C.; SILVA, F. M.; POZZA, E. A.; OLIVEIRA, M. S. Modeling spatial variability and pattern of rust and brown eye spot in coffee agroecosystem. **Journal Pest Science**, Berlin, v.82, n. 2, p. 137-148, may. 2009.
- AVELINO, J.; WILLOCQUET, L.; SAVARY, S. Effects of crop management patterns on coffee rust epidemics. **Plant Pathology**, Malden, v. 53, n. 5, p.541-547, oct. 2004.
- CARAMORI, P. H.; ANDROCIOLO, A.; LEAL, A. C. Coffee shade with *Mimosa scabrella* Benth. for frost protection in southern Brazil. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 33, n. 3, p. 205-214, mai. 1996.
- CATARINO, A. M. **Intensidade da mancha de Phoma em mudas de cafeeiro em função de doses de cálcio e de potássio**. 2011. 52 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. (Ed.). **Mineral Nutrition and Plant Disease**. St. Paul: APS Press, 2007.
- DAUB, M. E.; EHRENSHAFT, M. The photoactivated *Cercospora* toxin cercosporin: Contributions to plant disease and fundamental biology. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 38, p. 461-490, set. 2000.

DAUB, M. E.; HERRERO, S.; CHUNG, K. Photoactivated perylenequinone toxins in fungal pathogenesis of plants. **FEMS Microbiology Letters**, London, v. 252, n. 2, p. 197-206, nov. 2005.

DEBONA, D.; NAVARINI, L.; FAVERA, D. D.; BALARDIN, R. S. Efeito de níveis de cálcio e sombreamento em plantas de soja sobre a infecção por *Phakopsora pachyrhizi*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 5, p. 388-389, oct. 2008.

FERREIRA, D. S. Análise estatística por meio do programa SISVAR para windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos, MG: UFScar, 2000. p. 255-258.

FIGUEIREDO, P.; HIROCE, R. OLIVEIRA, D. A. Estado nutricional e ataque da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. e Br.). **O Biológico**, São Paulo, v. 42, n. 7-8, p. 164-167, ago. 1976.

GARCIA JÚNIOR, D.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; SOUZA, P. E.; CARVALHO, J. G.; BALIEIRO, A. C. Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 286-291, mai./jun. 2003.

GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ, V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 289-302.

KUSHALAPPA, A. C.; CHAVES, G. M. An analysis of the development of coffee rust in the field. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.6, n.1, p.95-113, 1981.

KUSHALAPPA, A. C.; ESKES, A. B. Advances in coffee rust research. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 27, p. 503-531, sep. 1989.

LIMA, L. M.; POZZA, E. A.; TORRES, H. N.; POZZA, A. A. A.; SALGADO, M.; PFENNING, L. H. 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, aug. 2010.

LIMA, P. C. **Método de amostragem para a avaliação do índice de infecção da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*, Berk. e Br.)**. 1979. 65 p.

Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agronômica) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1979.

MARTINEZ, H. E. P.; MENEZES, J. F. S.; SOUZA, R. B. de; VENEGAS, V. H. A.; GUIMARÃES, P. T. G. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 703-713, jun. 2003.

MONTOYA, R. H.; CHAVES, G. M. Influência da temperatura e da luz na germinação, infectividade e período de geração de *Hemileia vastatrix* Berk & Br. **Experientiae**, Viçosa, v. 18, n. 11, p. 239-266, dez. 1974.

MORAIS, H.; CARAMORI, P. H.; KOGUISHI, M. S.; RIBEIRO, A. M. de A. Caracterização microclimática de cafeeiros cultivados sob malha de sombreamento e a pleno sol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v. 15, n. 2, p. 133-142, nov. 2007.

OLIVEIRA, C. A.; POZZA, E. A.; OLIVEIRA, V. B.; SANTOS, E. C.; CHAVES, Z. M. Escala diagramática para avaliação da severidade de cercosporiose em folhas de cafeeiro. In: SIMPÓSIO DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória, ES. **Resumos...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 2001. p. 80.

PRABHU, A. S.; FAGERIA, N. K.; HUBER, D. M.; RODRIGUES, F. A. Potassium and plant disease. In: DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. (Ed.). **Mineral Nutrition and Plant Disease**. St. Paul: APS Press, p. 57-78, 2007.

RAHMAN, M.; PUNJA, Z. K. Calcium and plant disease. In: DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. (Ed.). **Mineral Nutrition and Plant Disease**. St. Paul: APS Press, p. 79-93, 2007.

RAYNER, R. W. Germination and penetration studies on coffee rust (*Hemileia vastatrix* B. & Br.). **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 49, n. 3, p. 493-505, oct. 1961.

RAYNER, R. W. **Micología, historia y biología de la roya del cafeto**. Publicación Miscelánea, n. 94, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, Turrialba, Costa Rica. 1972. 68 p.

SANTOS, F. da S.; SOUZA, P. E.; POZZA, E. A. Epidemiologia da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) fertirrigado. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 30, n. 1, p. 31-37, jan./mar. 2004.

SANTOS, F. da S.; SOUZA, P. E.; POZZA, E. A.; MIRANDA, J. C.; BARRETO, S. S.; THEODORO, V. C. Progresso da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke) em cafeeiros sob cultivos orgânico e convencional. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, n. 1, p. 48-54, jan./fev. 2008.

SANTOS, L. S. D. **Incidência da cercosporiose em frutos de cafeeiro irrigado**. 2010. 42 p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

SAS Institute. SAS language and procedures: usage. Version 8.1. Cary: SAS Institute 2000. CD-ROM.

SENTELHAS, P. C.; GILLESPIE, T. J.; BLATZER, J. C.; GLEASON, M. L.; MONTEIRO, J. E. B. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JUNIOR, M. J. Spatial variability of leaf wetness duration in different crop canopies. **International Journal of Biometeorology**, New York, v. 49, n. 6, p. 363-370, jul. 2005.

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

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; TEIXEIRA, M. M. Variabilidade espacial da produtividade e teores de macronutrientes nas folhas de duas variedades de café arábica. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 5, p. 337-345, set./out. 2009.

STATSOFT, INC. (1995). **STATISTICA for Windows** [Computer program manual]. Tulsa, OK: StatSoft, Inc., 2325 East 13th Street, Tulsa, OK, 74104, (918)583-4376.

STAVER, C.; GUHARAY, F.; MONTERROSO, D.; MUSCHLER, R. G. Designing pest-suppressive multi-strata perennial crop systems: shade-grown coffee in Central America. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 53, n. 2, p. 151-170, nov. 2001.

TALAMINI, V.; SOUZA, P. E.; POZZA, E. A.; SILVA, A. M.; BUENO FILHO, J. S. S. Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em diferentes lâminas de irrigação e diferentes parcelamentos de adubação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 55-62, jan./fev. 2001.

VASCO, G. B. **Incidência da cercosporiose em frutos de café irrigado sobre diferentes densidades de plantio**. 2010. 37 p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- a) recomenda-se que pesquisas de campo, que avaliem a intensidade da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro em cultivo irrigado ou com doses de fertilizantes, sejam conduzidas durante o maior número de safras possível, visando à obtenção de resultados condizentes e recomendações sólidas;
- b) é de suma importância, no conhecimento da curva epidemiológica da ferrugem e da cercosporiose, em plantios irrigados ou não, verificar a fertilidade do solo e o estado nutricional do cafeeiro em diferentes épocas do ano, conforme o estágio fenológico da cultura. Tais fatores do ambiente podem atuar de forma decisiva na resistência horizontal das plantas e, assim, em epidemias na lavoura;
- c) devido a possíveis alterações microclimáticas na copa do cafeeiro, na tomada de decisão sobre a utilização de tratamento químico protetor ou curativo na lavoura, sugere-se considerar, na medida do possível, os índices de amostragem da face de exposição que melhor favorece o progresso da ferrugem e da cercosporiose. Percebeu-se claramente nesta pesquisa o antagonismo entre essas doenças sobre as faces de maior ou menor intensidade, porém, novos experimentos são necessários. Buscam-se, com isso, respaldos conclusivos, devendo-se sempre considerar aspectos locais como, por exemplo, a declividade do terreno, o estágio fenológico, o enfolhamento e o espaçamento da cultura e a presença de barreiras físicas nas proximidades que possam alterar o microclima da lavoura.

Hipóteses sobre a maior (+) ou menor (-) intensidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em folhas e frutos de cafeeiro (*Coffea* spp) em produção, cultivado no espaçamento de 4,0 a 2,5 m entre linhas e 0,9 a 0,5 m entre plantas, amostradas no terço mediano das plantas, sobre a face de exposição predominante da lavoura à luz solar nos três principais estados produtores do Brasil (MG, ES e SP), situadas entre as latitudes de 15°00' a 25°00' do hemisfério sul. UFLA, Lavras, MG, 2011

Face de exposição predominante à luz solar	Incidência ou severidade	
	Ferrugem	Cercosporiose
Norte Verdadeiro (N)	-	+
Sul (S)	+	-
Leste (L)	-	+
Oeste (O)	+	-
Noroeste (NO)	+	-
Sudeste (SE)	-	+
Nordeste (NE)	-	+
Sudoeste (SO)	+	-

APÊNDICES

APÊNDICE A

Tabela 1A Resumo da análise de variância para o enfolhamento do cafeeiro e a produção (L) de café irrigado por pivô central

FV	GL	QMs e significância	
		Enfolhamento	Produção (L) ¹
Lâmina de irrigação	5	5997703,1889*	7,0294*
Bloco	2	1351289,2639	7,0523
Erro	10	515101,2139	1,7535
CV (%)		14,85	40,80

¹ Dados transformados em $\sqrt{(x+1)}$

* Teste de F significativo, a 5% de probabilidade

Tabela 2A Resumo da análise de variância da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) sobre a incidência e a severidade da cercosporiose e da ferrugem do cafeeiro em lavoura irrigada por pivô central

FV	GL	QMs e significância			
		Cercosporiose		Ferrugem	
		AACPDI ¹	AACPDS ¹	AACPDI ¹	AACPDS ¹
Lâmina irrigação	5	261,9527*	2,4271	1813,0467*	231,6789*
Face exposição	1	5662,4755*	90,6876*	10376,3922*	572,5182*
Lâmina x Face	5	43,9465	1,0142	222,5607	34,8246*
Bloco	2	273,3771*	9,3676*	1192,3777*	101,4174*
Erro	22	68,2560	1,7264	164,4512	10,0510
CV (%)		20,40	26,08	21,70	31,68

¹ Dados transformados em $\sqrt{(x+1)}$

* Teste de F significativo, a 5% de probabilidade

Tabela 3A Resumo da análise de variância para incidência da cercosporiose em frutos de café colhidos no terço mediano das plantas (face norte e sul), em lavoura irrigada por pivô central¹

FV	GL	SQ	QM	Fc
Manejo	5	0,0972	0,0194	1,43
Face	1	0,1835	0,1835	13,48*
Manejo*Face	5	0,0895	0,0179	1,32
Bloco	2	0,2006	0,1003	7,37*
Erro	22	0,2994	0,0136	
Total	35	0,8703		
CV (%)	27,11			

¹Dados transformados em $\arcsen \sqrt{\frac{X}{100}}$

* Teste de F significativo a 5% de probabilidade

Tabela 4A Resumo da análise de variância para incidência da cercosporiose em frutos de café colhidos nos terços superior e mediano das plantas, em lavoura irrigada por pivô central¹

FV	GL	SQ	QM	Fc
Manejo	5	0,0665	0,0133	2,32
Terço	1	0,0152	0,0152	2,66
Manejo*Terço	5	0,0167	0,0033	0,58
Bloco	2	0,1050	0,0525	9,17
Erro	22	0,1260	0,0057	
Total	35	0,3294		
CV (%)	18,04			

¹Dados transformados em $\arcsen \sqrt{\frac{X}{100}}$

Tabela 5A Resumo da análise de variância para incidência da cercosporiose em frutos de café colhido no terço superior das plantas, em lavoura irrigada por pivô central¹

FV	GL	SQ	QM	Fc
Manejo	5	0,0253	0,0051	1,28
Bloco	2	0,0281	0,0140	3,55
Erro	10	0,0396	0,0039	
Total	17	0,0930		
CV (%)	16,02			

¹Dados transformados em $\arcsen \sqrt{\frac{x}{100}}$

Tabela 6A Resumo da análise de variância da incidência de cercosporiose em folhas de café, em função de doses de adubação (%), parcelamentos de adubação e faces de exposição das plantas

FV	GL	QMs e significância Ano agrícola 2009/2010 ¹
Parcelamento (P)	1	1627,6944*
Dose (D)	4	79,8107
Face de exposição (F)	1	800,2699*
P x D	4	165,8903
P x F	1	107,0652
D x F	4	24,5516
P x D x F	4	74,7721
Bloco	3	2,4011
Erro	57	115,2857
CV (%)		21,08

¹ Dados transformados em $\sqrt{(x+1)}$

* Teste de F significativo, a 5% de probabilidade

Tabela 7A Resumo da análise de variância do enfolhamento do cafeeiro, em função de doses de adubação (%) e parcelamentos de adubação

FV	GL	QMs e significância
		Ano agrícola 2009/2010
Parcelamento (P)	1	49698899,5562*
Dose (D)	4	1811726,4594
P x D	4	922753,7594
Bloco	3	1663425,3563
Erro	27	2759781,5275
CV (%)		8,31

* Teste de F significativo, a 5% de probabilidade

Tabela 8A Resumo da análise de variância da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) sobre a incidência e a severidade da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro, em função de doses de calcário e de cloreto de potássio, no ano agrícola 2008/2009

FV	GL	QMs e significância			
		Cercosporiose		Ferrugem	
		AACPDI ¹	AACPDS ¹	AACPDI	AACPDS ¹
K	3	22,2184	0,9087	9760392,3361**	53,0974**
Ca	3	10,3602	0,5815	6313780,4796*	15,4198*
Face	1	976,7202**	17,4436**	136028341,6022**	302,6316**
K x Ca	9	22,9271	0,6022	3439493,4362**	7,1894
K x Face	3	40,0967	0,3091	1112745,5841	3,6068
Ca x Face	3	38,6039	1,0396	1189538,3410	6,3950
KxCaxFac	9	21,0779	0,6601	2835390,7336	3,4200
Bloco	3	404,0340**	9,1118**	93084337,1498**	319,2543
Erro	93	40,5365	0,8432	1595670,4659	5,2912
CV (%)		19,15	22,43	19,12	19,97

¹ Dados transformados em $\sqrt{(x+1)}$

* Teste de F significativo, a 5% de probabilidade

** Teste de F significativo, a 1% de probabilidade

Tabela 9A Resumo da análise de variância da incidência da cercosporiose em frutos de café, em função de doses de calcário e de cloreto de potássio, no ano agrícola 2008/2009

FV	GL	QMs e significância	
		Incidência (%) da cercosporiose em frutos	
K	3	206,0198	
Ca	3	213,5148	
K x Ca	9	116,2552	
Bloco	3	280,5385	
Erro	45	120,0141	
CV (%)		14,00	

APÊNDICE B

Tabela 1B Resultado dos atributos químicos dos grãos de café (*Coffea arabica*) provenientes dos frutos coletados no terço mediano da planta (face norte e sul) na amostragem da cercosporiose, em lavoura irrigada por pivô central. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Face da planta	P.F.O. (U ⁻¹ g ⁻¹)	C.F.T. (%)	C.E. (μS cm ⁻¹ g ⁻¹)	Açúcares (%)		
				A.R.	A.N.R.	A.T.
NORTE						
Repetição A	62,99	5,83	150,59	0,40	7,22	8,00
Repetição B	64,16	5,83	149,70	0,39	7,41	8,20
Média (AB)	63,58	5,83	150,15	0,40	7,32	8,10
SUL						
Repetição A	62,99	5,60	139,87	0,35	6,54	7,24
Repetição B	63,69	5,65	140,98	0,32	6,63	7,30
Média (AB)	63,34	5,63	140,43	0,34	6,59	7,27
Média geral	63,46	5,73	145,29	0,37	6,96	7,69

Polifenoloxidase (P.F.O.), compostos fenólicos totais (C.F.T.), condutividade elétrica (C.E.), açúcares redutores (A.R.), açúcares não redutores (A.N.R.), açúcares totais (A.T.)

Tabela 2B Resultado do número de defeitos (intrínsecos e extrínsecos), tipo e qualidade da bebida dos grãos de café (*Coffea arabica*) provenientes dos frutos coletados do terço mediano da planta (face norte e sul) na amostragem da cercosporiose, em lavoura irrigada por pivô central. UFLA, Lavras, MG, 2011

Face da planta	Defeitos dos grãos de café						Tipo	Bebida
	Ardido	Brocados	Cascas pequenas	Conchas	Quebrados	Total		
NORTE	0,00	21,00	0,00	9,00	81,00	111,00	6	Riado
SUL	6,00	27,00	3,00	0,00	54,00	90,00	6	Riado
Média	3,00	24,00	1,50	4,50	67,50	100,50		

Tabela 3B Classificação (%) de peneiras dos grãos de café (*Coffea arabica*) provenientes dos frutos coletados do terço mediano da planta (face norte e sul) na amostragem da cercosporiose, em lavoura irrigada por pivô central. UFLA, Lavras, MG, 2011

Face da planta	Classificação (%)								
	GCG	GCM	GC	GMG	GMM	GM	P \geq 16	Moca	Fundo
NORTE	38,07	32,05	7,30	6,40	5,27	6,77	63,96	18,43	4,14
SUL	49,66	23,62	6,12	5,07	4,51	5,01	70,13	14,59	6,00
Média	43,87	27,84	6,71	5,73	4,89	5,89	67,04	16,51	5,07

Grão chato graúdo (GCG), grão chato médio (GCM), grão chatinho (GC), grão moca graúdo (GMG), grão moca médio (GMM), grão moquinha (GM), grão peneira 16 acima (P \geq 16), grão moca (GM) e fundo

Tabela 4B Resultados analíticos de fertilidade e textura do solo, referente à lavoura experimental, sobre diferentes doses de calcário e de cloreto de potássio, no ano agrícola 2008/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS

Ref. Lab.	Referência do Cliente	pH		P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al
		H ₂ O		mg/dm ³			cmol _c /dm ³			
9742	EXP. DJALMA 0 - 20	5,5	-	24,7	250	-	3,4	0,9	0,1	5,0

Ref. Lab.	SB	(t)	(T)	V	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	cmol _c /dm ³			%		dag/kg	mg/L	mg/dm ³						
9742	4,9	5,0	9,9	49,7	2	-	3,0	14,5	7,0	38,2	119,1	5,0	0,6	82,8

pH em água, KCl e CaCl₂ - Relação 1:2,5
 P - Na - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Extrator Mehlich 1
 Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol/L
 H + Al - Extrator: SMP
 B - Extrator água quente
 S - Extrator - Fosfato monocálcico em ácido acético
 SB = Soma de Bases Trocáveis

CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva
 CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0
 V = Índice de Saturação de Bases
 m = Índice de Saturação de Alumínio
 ISNa - Índice de Saturação de Sódio
 Mat. Org. (MO) - Oxidação: $\frac{N}{2} C_2 O_4 4N + H_2SO_4 10N$
 P-rem = Fósforo Remanescente

RESULTADOS DE ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

Ref. Lab.	Referência do Cliente	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
		dag/kg			
9742	EXP. DJALMA 0 - 20	14	23	63	Muito Argilosa