



**PROGRESSO DA FERRUGEM E DA
CERCOSPORIOSE EM CAFEIEIRO (*Coffea
arabica* L.) IRRIGADO**

FLORISVALDA DA SILVA SANTOS

2002

FLORISVALDA DA SILVA SANTOS

**PROGRESSO DA FERRUGEM E DA CERCOSPORIOSE EM
CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) IRRIGADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitopatologia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Estevão de Souza

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2002

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

Santos, Florisvalda da Silva

Progresso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.)
irrigado / Florisvalda da Silva Santos. -- Lavras : UFLA, 2002.

71 p. : il.

Orientador: Paulo Estevão de Souza

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia

Epidemiologia. 2. Café. 3. Ferrugem. 4. Cercosporiose. 5. Fertirrigação. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.7387
-633.73425

FLORISVALDA DA SILVA SANTOS

**PROGRESSO DA FERRUGEM E DA CERCOSPORIOSE EM
CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) IRRIGADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitopatologia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 26 de março de 2002

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza	UFLA
Prof. Dr. Rubens José Guimarães	UFLA
Prof. Dr. Mario Sobral de Abreu	UFLA

Prof. Dr. Paulo Estevão de Souza
Departamento de Fitopatologia/UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Aos meus queridos pais e irmãos.

Ao querido Márcio.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, por meio do Departamento de Fitopatologia, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Dr. Paulo Estevão de Souza, pela orientação, amizade e confiança, que muito contribuíram para a realização desse trabalho.

Aos professores Edson Ampélio Pozza, Rubens José Guimarães e Mario Sobral de Abreu, pelas valiosas sugestões e participação na banca examinadora.

A todos os professores, bem como os funcionários do Departamento de Fitopatologia, que foram responsáveis pela minha formação e pela amizade.

Aos colegas Edin, Viviane, Augusto, Juliana, Cristiano, Davi e Anderson, pela contribuição neste estudo.

Ao professor Manoel Alves Faria, Adriana e Mírian, do Departamento de Engenharia Agrícola por possibilitarem o desenvolvimento desta pesquisa e por valiosas informações.

À profa. Sandra Elizabeth Souza, pelo incentivo e por me proporcionar o primeiro contato com a ciência da Fitopatologia.

Aos inúmeros amigos que cultivei nesta cidade, pelo companheirismo e pelo zelo com que me trataram.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação pessoal e profissional e a Deus, pela vida.

BIOGRAFIA

Florisvalda da Silva Santos, filha de Florisvaldo dos Santos e de Aparecida Maria da Silva Santos, nasceu no dia 7 de novembro de 1968, em Brumado, Bahia.

Em Vitória da Conquista, iniciou o curso de graduação em agronomia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em março de 1994, graduando-se em setembro de 1999.

Foi bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq de 1996 a 1999. Desenvolveu trabalhos no Laboratório de Fitopatologia e Nematologia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, sob a orientação dos professores Luiz Humberto Souza e Sandra Elizabeth Souza.

Em agosto de 2001, iniciou o curso de mestrado em agronomia, área de concentração em fitopatologia, na Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, sob orientação do professor Dr. Paulo Estevão de Souza, concluindo-o em março de 2002, com a defesa de dissertação.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 Irrigação e fertirrigação na cafeicultura.....	03
2.2 Doenças do cafeeiro.....	07
2.2.1 Ferrugem do cafeeiro.....	07
2.2.2 Cercosporiose.....	09
2.3 Irrigação, nutrição e fatores climáticos - interação na ocorrência das doenças do cafeeiro.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Área experimental.....	18
3.2 Delineamento experimental.....	18
3.3 Avaliação das doenças.....	19
3.4 Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD).....	20
3.5 Irrigação.....	21
3.6 Fertirrigação.....	22
3.7 Dados climáticos.....	23
3.8 Avaliação do enfolhamento e produtividade do cafeeiro.....	24
3.9 Manejo fitossanitário.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 Ferrugem do cafeeiro.....	26
4.1 Cercosporiose.....	44
5 CONCLUSÕES.....	55

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
ANEXOS.....	64

RESUMO

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

Entre os fatores que afetam o comportamento das doenças em plantas estão as variáveis climáticas e o manejo da cultura com repercussão na fisiologia do hospedeiro e estabelecimento do patógeno. Neste trabalho avaliou-se o efeito da irrigação e fertirrigação na incidência e severidade da ferrugem e cercosporiose em cafeeiros e, ainda, o impacto dos fatores climáticos associados ao enfolhamento e níveis de produtividade, na curva de progresso destas doenças. O estudo foi realizado em área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras, com cafeeiros cultivar Acajá Cerrado MG-1474 de quatro anos. Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por cinco parcelas representando lâminas de irrigação equivalentes a 0%, 40%, 60%, 80% e 100% da evaporação do tanque Classe “A “ (ECA) e três subparcelas que receberam adubação nitrogenada e potássica em 3, 6 e 9 vezes. As avaliações de incidência e severidade das doenças nas folhas foram realizadas a cada 15 dias, entre setembro de 2000 e setembro de 2001. Avaliou-se também a cercosporiose em frutos, a percentagem de enfolhamento das plantas e a produtividade dos cafeeiros nos diferentes tratamentos. Os dados de doença e enfolhamento foram transformados em área abaixo da curva de progresso da doença e do enfolhamento, respectivamente, antes da análise estatística. Dados climáticos de temperatura máxima, média e mínima, precipitação, umidade relativa do ar e insolação, obtidos na Estação Climatológica da UFLA, foram correlacionados com os índices de doença. Com base nos resultados, verificou-se que a ferrugem foi influenciada pela interação entre os tratamentos, sendo que o parcelamento em 9 vezes propiciou a maior incidência na lâmina 100% ECA e maior severidade na lâmina zero. O parcelamento em 3 vezes apresentou a menor incidência da doença. A maior incidência da ferrugem esteve relacionada às plantas com maior carga pendente (maior produtividade) e maior enfolhamento. A incidência da cercosporiose em folhas e frutos foi tanto maior quanto menor a lâmina de irrigação aplicada, não sendo afetada pelos diferentes parcelamentos de adubação ou interação entre os tratamentos. A maior incidência de

*Comitê Orientador: Paulo Estevão de Souza – UFLA (Orientador) e Edson Ampélio Pozza - UFLA (Co-orientador)

cercosporiose foi observada em parcelas com menor enfolhamento. Nos meses de junho e julho, ocorreu a maior intensidade das doenças e estas estiveram ausentes ou em índices inferiores a 5%, entre outubro de 2000 e janeiro de 2001. Tanto a intensidade da ferrugem quanto a da cercosporiose correlacionaram-se negativamente com a temperatura máxima, média e mínima e com a precipitação e, positivamente, com a insolação.

ABSTRACT

SANTOS, Florisvalda da Silva. **Progress of rust and brown eye spot in irrigated coffee tree (*Coffea arabica* L.).** 2002. 71p. Dissertation (Master in Plant Pathology) – Universidade Federal de Lavras, Lavras*

Among the factors that affect the behavior of diseases in plants are climatic variables and the management of the culture, which influences both, the host physiology and the pathogen establishment. This work was aimed at evaluating both, the effect of irrigation and fertirrigation by dripping on the incidence and severity of rust and brown eye spot in coffee trees. The impact of climatic factors associated with leafing of the plants and crop productivity levels on disease progress curves was also assessed. The experiment was conducted in an experimental area of the Agricultural Engineering Department at Universidade Federal de Lavras (UFLA), with four-year-old coffee trees (*Coffea arabica* L.), cultivar Acaia Cerrado MG-1474. The experiment was set in a randomized block design with four replicates, in a split-plot scheme. The treatments in the plots consisted of five irrigation depths equivalent to 0, 40, 60, 80 and 100% of the evaporation of the Class "A" tank (ECA). In the three subplots were tested nitrogen and potassium fertilization split in 3, 6 and 9 times. The incidence and severity evaluations of rust and brown eye spot on the leaves were carried out each fifteen-day from September 2000 to September 2001. It was also evaluated the brown eye spot on the fruits, the percentage of leafing of the plants and the coffee tree productivity in different treatments. The results obtained for the incidence and severity of each disease and leafing were transformed into area under the disease progress curve and leafing, respectively, before statistical analyses. Climatic data of maximum, medium, and minimum temperature, rainfall, relative humidity of the air and heatstroke were obtained daily by the UFLA weather station for correlation with the disease data. It was verified that the rust was influenced by the interaction among the treatments, and the application in 9 splittings showing the highest incidence in the 100% ECA depth and the highest severity in the 0% depth. The application in 3 splittings resulted in the lowest disease incidence. The highest rust incidence was observed in plants with the highest productivity and leafing. The brown eye spot incidence in leaves and fruits was the highest in the smaller irrigation depths, being not affected by the different splitting of fertilizers or interaction amongst the

*Advising Committee: Paulo Estevão de Souza – UFLA (Adviser) and Edson Ampélio Pozza - UFLA (Co-adviser)

treatments. The highest brown eye spot incidence was observed in the plots with lower leafings. In June and July, the highest disease intensity was noticed, being disease absent or below 5% from October 2000 to January 2001. Both incidences of rust and brown eye spot were negatively correlated with the maximum, medium and minimum temperature and precipitation, and positively correlated with the heatstroke.

1 INTRODUÇÃO

O café, historicamente cultivado em regiões climaticamente aptas, com base na temperatura e umidade, cada vez mais vem sendo explorado em áreas antes consideradas inaptas. Entre as novas áreas, cita-se o cerrado e as regiões norte e nordeste do Brasil, onde o cultivo ocorre em sistemas variando do convencional ao totalmente mecanizado, irrigado e fertirrigado.

Essas particularidades propiciam o aparecimento ou o ressurgimento de doenças de importância econômica, requerendo estudos direcionados aos efeitos dessas técnicas de cultivo no comportamento das doenças do cafeeiro.

Entender as interações favoráveis ao progresso das doenças permite, entre outras informações, conhecer a sua máxima intensidade durante o ano, épocas nas quais tendem a crescer e/ou decrescer, períodos de estabilização no progresso da doença em questão, influência do clima e manejo eficiente de irrigação. Isto constitui pré-requisito para a aplicação de medidas visando a reduções de perdas, da forma mais racional possível (Vanderplank, 1982; Campbell & Madden, 1990; Bergamin Filho & Amorim, 1996).

Verifica-se, com certa freqüência, a ocorrência de estiagens em períodos críticos de demanda, comprometendo o cafeeiro tanto em sua fase vegetativa quanto reprodutiva, em várias lavouras do Sul de Minas. Considerando a média pluviométrica de 30, anos equivalente a 1530 mm anuais em Lavras, MG, tem-se registrado "deficit" acumulado de chuvas nos últimos anos (Faria et al., 2000).

Assim, justifica-se a crescente prática da irrigação nessas lavouras pois, além de garantir adequado suprimento de água à planta, a irrigação também torna-se um veículo prático para aplicar fertilizantes (fertirrigação).

Estima-se cerca de 200 mil hectares como sendo a área de café irrigado, atualmente, no Brasil. Desde seu início, em 1946, as pesquisas sempre estiveram voltadas para a viabilidade econômica da irrigação e para quando e como irrigar.

Considerando a possibilidade da irrigação e fertirrigação afetarem a intensidade das doenças alterando o estado nutricional e microclima da cultura, recentemente algumas investigações foram direcionadas para cafeeiros cultivados sob esta tecnologia em Minas Gerais (Juliatti et al., 1998; Talamini, 1999; Boldini, 2001).

Estudos epidemiológicos na mesma área, e sob as mesmas condições de manejo, permitem avaliar melhor as variáveis descritivas da curva de progresso das doenças e acumular informações necessárias para a criação de modelos de previsão (Pinto, 2001). Dessa forma, este trabalho dá continuidade aos estudos desenvolvidos por Talamini (1999) e Boldini (2001) sobre o comportamento das doenças do cafeeiro no sistema irrigado e fertirrigado.

No presente estudo, foram avaliados o efeito da irrigação e fertirrigação na incidência e severidade da ferrugem e cercosporiose em cafeeiros em sua terceira safra e o impacto dos fatores climáticos associados à fisiologia das plantas (enfolhamento e níveis de produtividade), na curva de progresso destas doenças.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Irrigação e fertirrigação na cafeicultura

A cafeicultura representa uma fatia considerável dos agronegócios. Essa importância pode ser medida em números, pois totaliza uma produção mundial de 120.800 mil sacas e um consumo de 111.006 mil sacas (estimativas para 2002). O Brasil continua sendo o maior produtor mundial, com 37.300.000 sacas em 2001. Cerca de 48% desse volume é produzido em Minas Gerais e, deste montante, o Sul de Minas responde por metade da produção estadual (Agrianual, 2001).

Apesar de o cafeeiro ser cultivado em regiões de pluviosidade entre 750 e 2.500 mm, no Brasil são consideradas satisfatórias para a espécie *Coffea arabica* L. as áreas com deficiência hídrica anual abaixo de 150 mm. No passado, este requisito determinava áreas, do ponto de vista hídrico, com possibilidade de desenvolver a cafeicultura (IBC, 1976; Souza, 2001).

Porém, com o interesse em expandir as fronteiras agrícolas do país, várias áreas com excelentes características edafoclimáticas para a exploração do cafeeiro mas que eram impossibilitadas por chuvas mal distribuídas, puderam ser incorporadas à agricultura com o uso da irrigação. Mesmo regiões tradicionalmente produtoras e climaticamente aptas para o cultivo do café, como o Sul de Minas, têm necessitado de irrigação suplementar. Isso por causa do efeito de estiagens prolongadas nos períodos críticos de demanda, comprometendo a produtividade, principalmente por atuarem na fase de expansão dos grãos (Faria & Rezende, 1998).

Estudos com culturas em formação e implantadas com irrigação comprovam efeitos significativos sobre o crescimento e a produtividade. Tem

sido observada uma resposta linear, com aumento de até 53,9% em relação a testemunha, na primeira colheita realizada em plantas com 15 meses de idade aumentando a lâmina de água aplicada (Alves, 1999).

O acompanhamento desses mesmos cafezais em sua segunda safra mostrou um incremento impressionante de 146%, 134%, 107% e 75% nas parcelas correspondentes às lâminas 100%, 80%, 60% e 40% ECA, evidenciando a superioridade da reposição de água equivalente a 100% da evaporação do tanque classe "A". A produtividade regular de uma lavoura de café no Brasil fica entre 10 e 20 sacas/ha, enquanto para cafezais irrigados este valor é, geralmente, superior a 50 sacas/ha (Vilella, 2001).

Três estádios fenológicos do cafeeiro são críticos quanto a necessidade hídrica: fase de chumbinho (outubro a dezembro) – a deficiência hídrica severa atrasa o crescimento dos frutos, resultando peneira baixa, além de reduzir a produtividade; fase de granação (janeiro a março) – a deficiência hídrica afeta a granação dos frutos, aumentando o chochamento e reduzindo a produtividade; fase de maturação (abril a junho) - a deficiência hídrica não afeta a maturação dos frutos já formados nem a produção do ano, porém, afeta a "abotoação" e frutificação do ano seguinte (Camargo, 1985; Faria & Rezende, 1998).

Numa avaliação feita sobre o consumo de água pelo cafeeiro em diferentes fases fenológicas, Grohmann et al. (1983) observaram, em plantas com 3 a 4 anos de idade, na fase de granação, a utilização de 84% da água disponível no solo e 82% na fase de chumbinho. Nas fases de maturação e florescimento/abotoamento, o consumo caiu para 46% e 52%, respectivamente.

As pesquisas com irrigação na cultura do cafeeiro tiveram início em 1946, no IAC (Instituto Agrônomo de Campinas). Atualmente, estima-se, dentre os 2,27 milhões hectares de café em formação e produção no Brasil, a existência de 200 mil hectares de café irrigado distribuídos, principalmente, nos estados do Espírito Santo (60% a 65%), Minas Gerais (20% a 25%) e Bahia

(10% a 15%). Nesse contexto são utilizados desde a “molhação” até sistemas mais sofisticados associados à fertirrigação e quimigação (Um panorama..., 2000).

Sistemas de irrigação variados são utilizados na cultura do café, destacando-se irrigação localizada e por aspersão. A escolha destes sistemas considera o tipo de solo, a topografia, o tamanho da área, os fatores climáticos, os fatores relacionados ao manejo da cultura e o custo do investimento, objetivando maximizar a eficiência a ser alcançada. Baseada em aspectos relacionados ao manejo, consumo de energia e disponibilidade hídrica, a irrigação por gotejamento apresenta ampla expansão na cafeicultura (Bonomo, 1999; Mantovani 2000).

O princípio da irrigação localizada baseia-se na aplicação de água conduzida por extensão de tubulações em baixa pressão até o pé da planta. Apenas uma parte do solo ocupada pelo sistema radicular das plantas é molhada, mantendo a umidade do solo próxima à capacidade de campo. O gotejamento é classificado, então, como método de irrigação localizada, com uma vazão por unidade de emissor ou por metro linear do mesmo, de 1 a 10 L/h (baixa vazão) (Azevedo Netto et al., 1998).

O gotejamento qualifica-se, assim, como altamente favorável, por possibilitar o aproveitamento de pequenos mananciais hídricos, com maior eficiência operacional e economia de água, entre outras características (Araújo, 1982).

A potencialidade da irrigação localizada também se expressa ao deixar de visar exclusivamente à aplicação de água, passando a considerar também a nutrição da planta e a realização de alguns tratamentos fitossanitários por meio da própria irrigação (Faria & Rezende, 1998).

A aplicação de fertilizantes solúveis via água de irrigação – fertirrigação – é considerada um método altamente eficiente e econômico ao efetuar a

aplicação em menor quantidade por vez, mas, com maior frequência, possibilitando manter um nível uniforme de nutrientes no solo. Dessa forma, é possível aplicar todos os ingredientes necessários à planta, em doses menores que as recomendadas pelo método tradicional (Vieira & Ramos, 1999).

Coelho (2001) destaca, na fertirrigação, a possibilidade de aplicar dosagem de nutrientes mais cuidadosamente regulada, monitorada, distribuída e parcelada no perfil do solo, conforme as necessidades da cultura ao longo do seu ciclo fenológico.

Assim, Vilella (2001) comenta ser justificável a utilização dessa técnica na irrigação do cafeeiro, haja vista o aumento na eficiência dos fertilizantes, uma vez que o solo está com umidade adequada, reduzindo-se quase totalmente a mão-de-obra para este fim.

A aplicação de nitrogênio e potássio via água de irrigação geralmente podem ser utilizados em qualquer sistema de irrigação, sob a forma de uréia, nitrato ou sulfato de amônio, como fonte de nitrogênio e sob a forma de cloreto ou nitrato de potássio, como fonte de potássio. Estudos já comprovaram o melhor aproveitamento destes nutrientes, pela planta quando aplicados através de irrigação localizada (Faria & Rezende, 1998; Antunes et al., 2000; Vieira, 2000).

Comparações entre o efeito da adubação de nitrogênio e potássio por meio de fertirrigação por gotejamento, com a aplicação convencional e sem irrigação, destacam a eficiência do primeiro no crescimento vegetativo e ou produtivo do cafeeiro (Sorice, 1999).

2.2 Doenças do cafeeiro

2.2.1 Ferrugem do cafeeiro

A ferrugem, cujo agente etiológico é o fungo *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., foi relatada pela primeira vez no Brasil em 1970. Ela é considerada a principal doença do cafeeiro na maioria das regiões produtoras (Staples, 2000).

Os sintomas da ferrugem são, inicialmente, manchas cloróticas translúcidas, com diâmetro de 1 a 3 mm observadas na face inferior do limbo foliar. Em poucos dias, as manchas crescem, chegando a 1 ou 2 cm e desenvolvem massas pulverulentas de cor amarelo-alaranjado, formadas pelos urediniósporos. Os sintomas iniciam-se 7 a 15 dias após a penetração, dependendo da suscetibilidade da planta e condições favoráveis ao seu desenvolvimento (Godoy et al., 1997).

No Brasil, já foi demonstrada a presença de mais de dez raças do patógeno nas cultivares existentes. Foram identificadas as raças II e III de *H. vastatrix* como as mais agressivas (Abreu, 1988).

A perda deve-se à redução da área fotossintética ativa e morte dos ramos, por causa da precoce e extensiva desfolha. Quando esta ocorre antes do florescimento, interfere no desenvolvimento dos botões florais e na frutificação e, se ocorre durante a frutificação, leva à formação de grãos anormais. Ataques seguidos reduzem a vida útil produtiva da lavoura, tornando-a gradativamente antieconômica (Matiello, 1991).

Trabalhos sobre o comportamento da ferrugem do cafeeiro citam, como favoráveis à sua ocorrência, os seguintes pontos referentes ao patógeno, hospedeiro e ambiente:

- o adensamento muda o ambiente ao redor da planta, formando um microclima favorável ao progresso da ferrugem do cafeeiro, pois, a

folhagem mantém a umidade alta, aumentando a duração da água livre no ambiente, aumentando o potencial de inóculo e facilitando a disseminação entre lavouras (Zambolim et al., 1994);

- o vento tem importante papel na disseminação da ferrugem, especialmente a longas distâncias. Entretanto, a chuva constitui o principal agente de disseminação da doença na lavoura, além de proporcionar umidade necessária para a germinação dos urediniósporos (Terrones, 1984);
- os urediniósporos, estruturas reprodutivas do patógeno, ao entrarem em contato com a planta, podem germinar dentro de 6 horas em temperatura ótima de 23° a 24°C na presença de água líquida, sob condições de baixa luminosidade (Chalfoun & Zambolim, 1985);
- a quantidade de inóculo residual (folhas sadias e infectadas) existente no final da estação seca e o grande enfolhamento do cafeeiro no transcorrer da estação chuvosa (maior área foliar a ser atingida por gotículas de urediniósporos) são de grande importância na ocorrência da doença (Bock, 1962);
- períodos de incubação mais longos da doença coincidem com períodos de baixa precipitação e a ocorrência de períodos de incubação mais curtos condiciona o progresso mais rápido da doença, até atingir seu ponto máximo (Chalfoun & Zambolim, 1985);
- o nível de produção dos cafeeiros é mais um fator a determinar maior ou menor grau de infecção pela ferrugem, por causa de um desequilíbrio nutricional decorrente do dreno desses nutrientes para uma alta carga pendente (Silva-Acuña, 1985);
- em plantas novas, ainda sem produção ou cafeeiros recepados, a incidência da doença é menor e adubações desequilibradas levam a cafeeiros mal nutridos, acentuando o sintoma de desfolha (Carvalho & Chalfoun, 1998).

Estudos têm observado uma modificação no comportamento do cafeeiro em função de alterações climáticas ocorridas ao longo dos anos e o progresso da doença condicionado às variações nas condições climáticas do ano agrícola em questão e do local de produção (Carvalho & Chalfoun, 1998).

Talamini (1999) acompanhou a ferrugem em cafeeiros adultos, em Lavras, MG, entre março de 1998 e fevereiro de 1999, observando diferenças entre a curva de progresso da doença e a curva padrão para Minas Gerais. Foi observado, ainda, o aumento na taxa de progresso da doença a partir de junho e pontos de máxima nos meses de julho a outubro. De acordo com a curva padrão, o aumento na incidência deveria ter ocorrido nos meses de março a abril, com ponto de máxima por volta do mês de junho. Essas diferenças devem estar relacionadas à variação nas condições climáticas ocorridas de um ano para o outro.

Boldini (2001) observou, entre agosto de 1999 e agosto de 2000, maior intensidade de ferrugem ocorrendo em junho e julho. Nos meses seguintes, a incidência diminuiu, estando a doença ausente em dezembro e janeiro.

2.2.2 Cercosporiose

A cercosporiose, cujo agente etiológico é o fungo *Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke, também conhecida como “mancha-de-olho-pardo”, teve sua primeira ocorrência relatada no Brasil em 1887. Trata-se de uma das doenças mais antigas do cafeeiro nas Américas. Sua ocorrência é comum, tanto em viveiro quanto em lavouras já instaladas e está presente, de forma endêmica, em quase todos os cafezais do Brasil (Zambolim et al., 1985).

Nas folhas, os sintomas são manchas, de forma circular, com 0,5 a 1,5 cm de diâmetro, de coloração parda, com centro acinzentado e anel amarelado. Ao centro das lesões, podem ser observadas pequenas pontuações escuras

constituindo as estruturas de frutificação. Nos frutos, as lesões começam a aparecer quando estes estão ainda pequenos, permanecendo até o amadurecimento dos frutos em forma de manchas castanhas, se estendendo mais no sentido polar do fruto (extremidades). À medida que as manchas envelhecem, assumem um aspecto ressecado e escuro, tornando a casca aderida à semente (Godoy et al., 1997).

Diversos estudos já abordaram os fatores relacionados ao progresso da cercosporiose em cafeeiros e suas discussões envolvem os seguintes pontos:

- lavouras submetidas a período de estiagem prolongada, lavouras mal formadas em solos arenosos ou compactados onde há pouca retenção de água e lavouras mal conduzidas, onde há deficiência ou desequilíbrio nutricional, condicionam as plantas a estresse nutricional e hídrico, tornando severa a ocorrência da cercosporiose;
- em plantios instalados a pleno sol, a intensidade da cercosporiose é maior quando comparada à observada em plantas submetidas ao sombreamento (Echandi, 1959);
- de modo geral, temperatura, umidade e luminosidade têm efeitos significativos no progresso da cercosporiose. O fungo, em condições de umidade relativa alta e temperaturas mais baixas (10° a 25°C) produz pseudo-esporodóquios. Entretanto, temperaturas mais elevadas são requeridas para germinação (30°) e crescimento (24°) (Echandi, 1959; Zambolim et al., 1997);
- plantas de café deficientes em nitrogênio são mais suscetíveis à cercosporiose. Doses maiores de nitrogênio diminuem a incidência da doença, enquanto o desequilíbrio nutricional conduzindo a um excesso de potássio interage negativamente com nitrogênio, diminuindo o efeito deste e, conseqüentemente, agravando a severidade da doença (Pozza, 1999).

Fernandes (1989) observou maior intensidade da doença ocorreu a partir do décimo quinto dia após a inoculação e, independente da interação entre progênie Catimor e o isolado de *Cercospora coffeicola*, o período de incubação médio do fungo foi de 16 dias.

O período de maior incidência de cercosporiose em cafeeiros no campo, conforme Carvalho & Chalfoun (1998) vai de janeiro a maio. Entretanto, Talamini (1999) e Boldini (2001), acompanhando a curva de progresso da doença, observaram pico na incidência por volta de maio a julho, em Lavras, MG.

2.3 Irrigação, nutrição e fatores climáticos - interação na ocorrência das doenças do cafeeiro

A epidemiologia procura desvendar as interações patógeno-hospedeiro que podem levar à doença. Para a ocorrência desta, o hospedeiro deve estar suscetível e o agente etiológico deve ser patogênico. Aliado a isso, o ambiente pode determinar a predisposição do hospedeiro e favorecer ou não a sobrevivência, disseminação e infecção do patógeno. Finalmente, o homem, cada vez mais, interage com todos os fatores citados anteriormente (Bergamin Filho & Amorim, 1996).

Em função disso, os cafeeiros estão sujeitos à ocorrência de várias doenças com incidência e severidade, bem como aos prejuízos econômicos causados por elas, extremamente variáveis de região para região ou mesmo dentro de uma mesma região, mas variando de uma época para outra. Assim, para um manejo adequado, torna-se necessário conhecer os fatores que atuam juntos ou isoladamente, favorecendo ou inibindo as doenças (Carvalho & Chalfoun, 1998).

Conforme Campbell & Madden (1990), o ambiente físico afeta várias fases do ciclo de vida do patógeno como também interage em fases específicas

no desenvolvimento do hospedeiro. A temperatura é a variável mais influente nos componentes biológicos do patossistema. Destacam-se, ainda, a umidade (solo e ar), representada pelos vários estádios, formas e energia da água, o vento, atuando principalmente no transporte do inóculo e a radiação solar, energia primária para muitos processos biológicos e físicos.

A temperatura é considerada o fator de maior influência no período de incubação e período de geração, também denominado de período latente, de *H. vastatrix*, referindo-se ao tempo compreendido entre a inoculação e a formação de lesões e o tempo entre a inoculação e a esporulação das lesões, respectivamente. A maior ou menor duração do período latente tem repercussão direta no número de ciclos de reprodução do patógeno durante o ciclo da cultura (Kushalappa & Martins, 1980).

No estudo acima mencionado, o período de incubação do fungo em cafeeiros sombreados, avaliado entre fevereiro de 1979 e janeiro de 1980, em Viçosa, variou entre 29 e 62 dias, enquanto o período latente variou de 38 a 70 dias. Tanto o período de incubação quanto o de latência variaram em função da temperatura mínima, sendo menores nos meses mais quentes e mais longos nos meses mais frios. Este comportamento também foi observado por Vale et al. (2000b).

Silva-Acuña et al. (1998) verificaram correlação positiva entre a infectividade da doença e a temperatura entre 21° e 26°C. Akutsu (1981) também observou o fenômeno e destacou esta faixa de temperatura como a mais favorável à infecção e germinação do fungo. Acima de 26°C, a doença não ocorreu em caráter epidêmico e acima de 30°C a infecção não ocorreu.

As condições microclimáticas e o componente fenológico do cafeeiro também influenciaram o padrão sazonal da ferrugem, quando observaram diminuição da doença após a colheita dos frutos. Detectou-se a importância do molhamento foliar ao excluí-lo numa das fases do estudo. Neste caso, as

variáveis climáticas analisadas explicaram apenas 62% da variação na taxa de infecção da doença. A inclusão da variável que faltava elevou o grau de explicação acima de 88% (Silva-Acuña et al., 1998).

Vale et al. (2000a) observaram correlação significativa entre a temperatura (20° a 25°C), a presença de molhamento foliar e a severidade da doença no campo. Entre março de 1986 e julho de 1988, em Viçosa, MG, os picos de severidade ocorreram nos meses com maior pluviosidade e quando as plantas se encontravam em fase de crescimento vegetativo. A não ocorrência de infecção nos meses de junho e julho foi justificada por baixas temperaturas (média noturna inferior a 15°C), não permitindo a germinação dos urediniósporos.

Uma análise temporal da curva de progresso da cercosporiose durante fevereiro a julho de 2001, em Lavras, MG, mostrou divergência quanto à época de maior incidência da doença. Em cafeeiros cultivados a pleno sol, a máxima incidência ocorreu no mês de fevereiro (11,5%), enquanto naqueles consorciados com ingazeiro a incidência ocorreu no mês de junho e foi cinco vezes menor (2,3%) (Salgado et al., 2001).

No progresso da cercosporiose, a temperatura e a umidade encontradas após a inoculação do fungo assumem relevância. Isso porque, em presença de água livre para germinar e temperatura variando entre 24° e 30°C, a doença encontrou condições favoráveis, conforme Echandi (1959).

No trabalho citado, freqüentemente mencionado em estudos de progresso dessa doença, o autor explica como o interesse dos cafeicultores da Costa Rica em usar novas técnicas de manejo das plantações, na década de 1950, levou a uma redução considerável no sombreamento dos cafezais. Este fato teve repercussão direta na cercosporiose, até então sem muita importância, passando a ser um problema sério na cafeicultura local.

Talamini (1999) verificou pico de incidência da cercosporiose ocorrendo por volta dos meses de maio e junho, em cafeeiros adultos, cultivados sob manejo convencional não irrigado, em Lavras, MG. Ao analisar as variáveis que influenciaram a doença, observou correlação negativa entre a temperatura e a incidência. A menor intensidade da doença coincidiu também com períodos de maiores precipitações e, conseqüentemente, maior umidade do ar.

A influência da precipitação nas doenças de plantas é constatada em vários trabalhos, os quais destacam seu papel, principalmente como agente de disseminação do patógeno na lavoura. Além disso, a chuva garante a presença de água em seu estado líquido, essencial para a germinação dos esporos. Em Minas Gerais, os maiores períodos de incubação de *Hemileia vastatrix* coincidem com o período de baixa precipitação (Chalfoun & Zambolim, 1985; Carvalho & Chalfoun, 1998; Terrones, 1984).

Quanto à irrigação, ao suprir as necessidades da planta ela também supre as necessidades dos patógenos. Ao conferir ao hospedeiro maior resistência aumentando seu vigor, ela também proporciona um microclima favorável ao aumento na taxa de progresso da doença, favorecendo tanto a sua severidade quanto a densidade de inóculo (Rotem & Palti, 1969; Cappaert et al., 1992).

No caso de doenças foliares, como a ferrugem e a cercosporiose no café, os efeitos da umidade do solo são geralmente limitados pelo hospedeiro. Mas, a irrigação afeta a turgidez dos órgãos da planta com tendência a manter os estômatos abertos, podendo facilitar a penetração do patógeno. Os efeitos da irrigação dependem, ainda, de sua interação com fatores climáticos e características do patógeno e da cultura (Rotem & Palti, 1969).

Muitos efeitos na predisposição do hospedeiro à doença podem ser atribuídos indiretamente ao fator umidade (água). O ciclo de vida da maioria dos patógenos tem uma ou mais fases afetadas pela disponibilidade de água no ambiente (dispersão, germinação dos esporos, infecção e subsequente progresso

da doença). Especificamente tratando-se de patógenos foliares, a umidade é requerida, tanto em forma de vapor de água quanto forma de água líquida em filme ou gotas na superfície foliar, devendo-se estudar os efeitos da água nestas doenças (Campbell & Madden, 1990).

Vários benefícios garantidos aos cafeeiros pela água fornecida na irrigação são explanados em diversos trabalhos (Bonomo, 1999; Antunes et al., 2000; Faria et al., 2000; Vieira, 2000).

Mas, ainda é pouco conhecida a relação entre a intensidade das doenças cafeeiras e o sistema de irrigação, bem como a lâmina de água utilizados. Os sistemas pivô central e mangueira perfurada destacam-se como os mais propensos a maior incidência de ferrugem, ocasionada provavelmente pelo molhamento foliar propiciado, quando comparados ao gotejamento. A maior severidade registrada no pivô central indica reinoculação freqüente do patógeno nestas condições. Além disto, estudos demonstraram ocorrência tardia da doença, nas áreas irrigadas do Cerrado Mineiro (Juliatti et al., 2000a).

Estudos similares no patossistema cercosporiose em cafeeiros demonstraram que a doença não foi influenciada pelos sistemas de irrigação e sim pelas lâminas de água. Maiores incidências ocorreram nas maiores lâminas no sistema gotejamento. Como não fez-se a avaliação nutricional das plantas, foi sugerido um direcionamento das pesquisas para o manejo de fertirrigação em sistemas de irrigação localizada (Juliatti et al., 2000b).

Ao estudar o progresso da cercosporiose em cafeeiro irrigado e fertirrigado por gotejamento, Talamini (1999) observou diferença significativa na incidência da doença entre a parcela irrigada e a não irrigada, em cafeeiros de um ano de idade, com o maior progresso da doença nas menores lâminas de água. Em cafeeiros adultos, a doença foi influenciada, ainda, pelo parcelamento da adubação, observando-se menor incidência quando os nutrientes foram

distribuídos em 24 vezes, via fertirrigação. Isto tornou-os mais disponíveis às plantas, de acordo com suas necessidades em momentos adequados.

A nutrição do cafeeiro visa, inicialmente, à expectativa de produtividade da lavoura. Deve-se considerar a relação entre os nutrientes e a época em que estes devem estar presentes na planta para exercerem suas atividades. Além disso, muitas doenças de origem biótica dependem da relação adequada de nutrientes na planta (Zambolim & Vale, 2000).

Até os 30 meses, as exigências nutricionais do cafeeiro aumentam abruptamente na fase de produção, sendo necessários cuidados na adubação para evitar o esgotamento das plantas em função da desfolha levando-as a uma baixa relação folha/fruto. Na fase adulta, a necessidade nutricional para reposição vegetal é maior em anos de safras baixas, enquanto as exigências para produção são maiores em anos de safras altas, sendo constante a retirada de nutrientes a cada ano (Matiello, 1991).

Os nutrientes, além de exercerem funções específicas no metabolismo vegetal afetando o crescimento e a produção, apresentam envolvimento secundário no metabolismo vegetal, com alterações na morfologia, anatomia e composição química. Conseqüentemente, o desbalanço nutricional pode contribuir para mudança na suscetibilidade do hospedeiro, ao influenciar o vigor e a reação de defesa da planta (Marschner, 1988; Bedendo, 1995).

Ainda de acordo com Marschner (1988), embora a resistência e tolerância sejam geneticamente controladas, são influenciadas por fatores ambientais. Neste contexto, a nutrição mineral pode ser considerada um fator relativamente fácil de ser manipulado. Assim, uma resistência aparente pode ser obtida quando a maioria dos estádios de desenvolvimento suscetíveis do hospedeiro não é sincronizada com o período de alta atividade do patógeno.

Pozza (1999) verificou estreita relação entre nutrição do cafeeiro e a severidade da cercosporiose, com o agravamento desta em decorrência do

desequilíbrio nutricional nas mudas de café. O incremento nas doses da adubação nitrogenada associada à redução nas doses de potássio interferiu diretamente na diminuição da doença. Além disso, a adubação potássica propiciou elevação da doença dentro das doses testadas. Segundo a autora, a hipótese para este comportamento deveria estar numa provável competição por absorção entre outros nutrientes como cálcio e cobre em função da adubação potássica.

Garcia Júnior (2002) testou a hipótese acima levantada e observou variação, tanto na incidência quanto na severidade da cercosporiose em função da interação entre doses de potássio e cálcio, indicando a interferência de um nutriente sobre o outro. Notou também redução na severidade proporcional ao incremento nas doses de cálcio. No entanto, quantidades reduzidas deste não foram capazes de competir pelos sítios de absorção com o potássio, tornando as mudas debilitadas com ou sem a doença.

Embora existam alguns estudos recentes relacionados à interação entre irrigação e fertirrigação com as doenças que incidem sobre o cafeeiro, há também controvérsias sobre seus efetivos efeitos e manejo adequado. Alguns questionamentos não foram devidamente esclarecidos e dizem respeito, principalmente, à influência dos fatores climáticos, considerando seu comportamento diferenciado de região para região e de ano para ano.

Assim, existe a necessidade de se monitorar por períodos mais longos, esta relação, sendo possível avaliar melhor quais variáveis descrevem a curva de progresso das doenças em cafeeiros cultivados sob irrigação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O estudo foi realizado em um experimento conduzido pelo Departamento de Engenharia, no campus da Universidade Federal de Lavras, cujo objetivo principal foi avaliar a influência da irrigação e fertirrigação no cafeeiro.

O experimento, financiado pela FAPEMIG e Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, localiza-se a 918 m de altitude, 21°45' de latitude sul e 45°00' de longitude oeste.

A região apresenta precipitação média anual de 1.530 mm e temperatura média anual de 19,4°C. O cafezal, irrigado por gotejamento, encontra-se instalado em Latossolo Vermelho Escuro Distrófico.

Os cafeeiros da cultivar Acaia Cerrado (MG-1474), suscetíveis à ferrugem e à cercosporiose, foram plantados em março de 1997, em espaçamento de 3,00 x 0,60 m (semi-adensado).

A cultivar MG-1474 apresenta características de excelente desenvolvimento vegetativo com elevadas produções, mesmo em solos menos férteis. Em razão do seu reduzido diâmetro de copa (1,88 m) e arquitetura, é adequada para plantio adensado (Mendes & Guimarães, 1996).

3.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, com 4 repetições e parcelas subdivididas.

Os tratamentos constituíram-se de cinco parcelas referentes a diferentes lâminas de irrigação (0%, 40%, 60%, 80%, e 100% da evaporação do tanque classe “A”), divididas em três subparcelas, de acordo com diferentes parcelamentos de adubação, nitrogenada e potássica (em 3, 6 e 9 vezes).

Em cada subparcela de dez plantas, foram avaliadas oito plantas centrais. As primeiras plantas das extremidades foram consideradas como bordadura. Uma linha de 40 plantas serviu como bordadura entre os blocos.

3.3 Avaliação das doenças

Fez-se a avaliação da ferrugem e cercosporiose por meio da incidência e da severidade.

Foram avaliados os sintomas em 8 folhas por planta. Consideraram-se 4 folhas de cada lado, no terço médio, no 3º ao 4º pares de folhas de ramos plagiotrópicos tomados aleatoriamente, totalizando 64 folhas por subparcela e 192 por parcela, em amostragem não destrutiva.

As avaliações, feitas em intervalos de 14 dias, compreenderam o período entre 8 de setembro de 2000 e 7 de setembro de 2001.

Quantificou-se o número de folhas com presença de lesões para determinar a incidência das doenças.

Determinou-se a severidade das doenças utilizando-se escalas diagramáticas adequadas para ferrugem (Kushalappa & Chaves, 1980) e cercosporiose (Fernandes, 1988).

A avaliação da cercosporiose nos frutos foi feita quando estes se encontravam no estágio próximo à maturidade fisiológica, correspondendo ao fruto “cereja”. Para tal, a quantidade de frutos verdes na planta encontrava-se entre 10% e 15%.

A amostra compôs-se de 100 frutos coletados de cada lado das subparcelas, totalizando 200 frutos por subparcela ou 600 frutos por parcela.

Quando em dúvida referente às características das lesões observadas ao microscópio estereoscópico, acondicionou-se os frutos em câmara úmida por 24 horas, para certificação da diagnose.

Para determinar a severidade, adotou-se uma escala de porcentagem de área lesionada do fruto, no seguinte sistema de notas: 0 (fruto sem sintoma), 1 (1% a 25% da área do fruto lesionada), 2 (26% a 50%), 3 (> 50%) (Boldini, 2001).

3.4 Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD)

Com base nos índices médios de incidência e severidade de ferrugem e cercosporiose observados, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), conforme equação proposta por Campbell & Madden (1990).

Os resultados foram transformados em representações gráficas, para melhor visualização do progresso das doenças ao longo do período.

Procedeu-se às análises de variância a partir da AACPD, de acordo com o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + b_j + t_i + e(a)_{ij} + s_k + (ts)_{ik} + e(b)_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} : porcentagem de folhas ou frutos doentes do i-ésimo tratamento do j-ésimo bloco na subparcela k;

μ : média geral;

b_j : efeito do j-ésimo bloco;

t_i : efeito do i-ésimo tratamento primário (parcelas);

$e(a)$: erro no nível tratamento primário (parcelas);

s_k : efeito do k-ésimo tratamento secundário (subparcelas);

$(ts)_{ik}$: efeito da interação do i-ésimo tratamento primário com o k-ésimo tratamento secundário;

e(b): erro no nível tratamento secundário (subparcelas).

Para os tratamentos quantitativos, os dados foram submetidos à análise de regressão.

3.5 Irrigação

O sistema de irrigação por gotejamento utilizado neste experimento, com vazão de 3,78 L/h, foi manejado com base na curva de retenção de água no solo e evaporação do tanque Classe “A” (ECA), como esquematizado na Tabela 1.

TABELA 1. Lâminas de água em função da evaporação do tanque classe “A”. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Lâmina	Evaporação (%)
Zero	-
1	100
2	80
3	60
4	40

O sistema constituiu-se de unidade central de controle, linha principal de tubos PVC, linhas de derivação de PVC, linhas laterais com tubo flexível de polietileno, registros e gotejadores. A unidade central de controle foi formada por sistema de bombeamento, filtros de areia e tela, válvula solenóide, controlador de vazão, injetor de fertilizantes, manômetros e conexões.

Foram utilizados gotejadores com faixa de pressão de 5 a 35 mca (metros coluna de água), espaçados de 0,40 m, determinando-se uma evaporação de 40 mm do tanque classe “A” como o momento de irrigar.

Os tratamentos de lâminas receberam irrigação durante todo o ano e o momento de irrigar foi estabelecido com base nos dados da curva de retenção de água no solo e de parâmetros relacionados às exigências da cultura do café sugeridos por Santinato et al. (1996).

3.6 Fertirrigação

As adubações nitrogenada e potássica realizadas via irrigação, em três, seis e nove parcelamentos, tiveram distribuição em época tradicional de aplicação e o calendário para distribuição dos tratamentos parcelamentos de adubação nas subparcelas foi definido (Tabela 2).

TABELA 2. Calendário de aplicação dos tratamentos parcelamento de adubação via fertirrigação (ou adubação manual para a testemunha) no período entre setembro de 2000 e setembro de 2001. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Data	Parcelamento da adubação		
	3	6	9
7/nov/2000	X	X	X
22/nov/2000			X
30/nov/2000		X	
5/dez/2000			X
21/dez/2000	X	X	X
12/jan/2001			X
19/jan/2001		X	
30/jan/2001			X
12/fev/2001	X	X	X
5/mar/2001			X
12/mar/2001		X	
23/mar/2001			X

Nas parcelas definidas como testemunha (sem irrigação), a aplicação de N e K foi manual e distribuída na superfície do solo, de acordo com o número de parcelamentos definidos.

No período avaliado, os cafeeiros foram fertirrigados entre novembro de 2000 e março de 2001. A quantidade de adubo, recomendada com base em análise de solo após a colheita, análise foliar e estimativa de safra, foi de 450 g de N por hectare e 230 g de K₂O por hectare, tendo como fontes a uréia e o nitrato de potássio, respectivamente.

Dividiram-se as doses de adubo nas subparcelas, de acordo com o número de parcelamentos definido. O volume de água aplicado na fertirrigação foi o mesmo para todos os tratamentos, sendo considerado no cálculo da lâmina aplicada. Evitou-se assim, que este volume adicional interferisse no efeito lâmina de irrigação.

Antes de efetuada a fertirrigação, aplicou-se calcário dolomítico calcinado em quantidade equivalente a 200 g por planta, em outubro de 2000, recomendado em função da análise de solo.

3.7 Dados climáticos

O Setor Agrometeorológico da UFLA forneceu os dados climáticos, coletados diariamente, no período entre julho de 2000 e setembro de 2001. Os dados foram coletados pela Estação Climatológica da UFLA, instalada a uma distância de aproximadamente 600 m da área experimental e mesma altitude.

Dessa forma, obtiveram-se as seguintes variáveis climáticas, ocorridas durante o período do experimento: temperatura máxima (T_{ma}), temperatura média (T_{me}), temperatura mínima (T_{mi}), umidade relativa do ar (UR), horas diárias de insolação (In) e precipitação (Pr).

Com base nesses dados, foram calculadas as médias de 15 e 30 dias anteriores às datas de avaliações das doenças, exceto a precipitação, para a qual considerou-se o volume total no período. Os dados foram transformados em representações gráficas das condições climáticas ocorridas neste período.

As variáveis climáticas para cada período anterior a avaliação (15 e 30 dias) foram submetidas a uma análise de correlação (Método de PEARSON) com a incidência e severidade das doenças no período.

Para as análises usou-se o programa “Statistical Analysis System” (SAS) do SAS Institute (1989), licenciado para o Departamento de Ciências exatas da UFLA.

3.8 Avaliação do enfolhamento e produtividade do cafeeiro

Monitorou-se o enfolhamento dos cafeeiros no mesmo período de avaliação das doenças, por meio de uma escala de notas de 1 a 5, representando 0% a 20%, 20% a 40%, 40% a 60%, 60% a 80%, e 80% a 100% de enfolhamento, respectivamente (Boldini, 2001).

Fez-se um acompanhamento das operações de colheita e determinação de peso e volume da produção, realizadas pela equipe de monitoramento da área experimental do Departamento de Engenharia. Foram colhidos os frutos, separadamente, em cada subparcela, de forma escalonada, pelo fato da maturação ocorrer em tempos diferentes, estabelecendo-se o percentual médio de frutos verdes entre 10% e 15%. A colheita iniciou-se em 16 de maio de 2001.

Os dados de enfolhamento e a produtividade, transformados em representações gráficas, foram correlacionados (Método de PEARSON) com a incidência e severidade das doenças nos tratamentos, utilizando-se o programa SAS.

3.9 Manejo fitossanitário

Realizou-se uma aplicação de oxiclureto de cobre (50% cobre metálico), em fevereiro/2001.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a amostragem, observou-se incidência simultânea da ferrugem e da cercosporiose nos cafeeiros entre os meses janeiro e outubro, em intensidade variada (Figura 1).

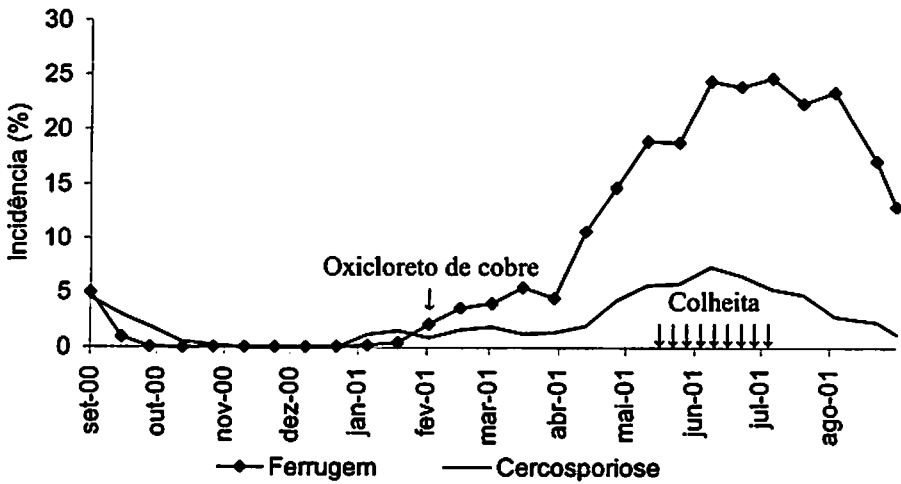


FIGURA 1. Curvas de progresso da incidência de ferrugem e cercosporiose em cafeeiros irrigados e fertirrigados por gotejamento, no período de setembro de 2000 a setembro de 2001. UFLA, Lavras, MG, 2002.

4.1 Ferrugem do cafeeiro

As lâminas de irrigação não apresentaram efeito significativo na incidência ou severidade da ferrugem do cafeeiro.

Resultados semelhantes foram observados em anos anteriores (Talamini, 1999; Boldini, 2001). Neste caso, um ponto considerado é o princípio da

irrigação localizada, como o gotejamento, em que a distribuição da água é feita molhando-se apenas uma parte do solo ocupada pelo sistema radicular da planta sem distribuição de água na parte aérea. Isto não propicia as condições de molhamento tão favoráveis aos patógenos de doenças foliares, como a *Hemileia vastatrix*.

Referindo-se à umidade do solo, Rotem & Palti (1969) afirmam que os efeitos da irrigação em doenças foliares estão, geralmente, limitados ao hospedeiro. Eles atuam na predisposição à infecção em função dos níveis de umidade prevalentes antes da mesma acontecer ou atuando na turgidez dos órgãos (ramos, folhas, brotações, etc) a serem infectados pelo patógeno.

Quanto ao microclima da parte aérea e da superfície foliar, os autores justificam os efeitos da irrigação em função do método ou sistema utilizado. Este pode promover a esporulação e dispersão e facilitar a germinação dos esporos, induzindo à produção de inóculo.

Considerando o princípio do gotejamento, é compreensível o fato de as lâminas aplicadas não influenciarem diretamente o comportamento da doença no presente trabalho. Isso porque o sistema de irrigação utilizado não promoveu molhamento foliar.

Juliatti et al. (2000b), compararam o efeito de sistemas de irrigação na incidência de ferrugem em cafeeiros no Triângulo Mineiro e constataram maior severidade no sistema de mangueira perfurada e pivô central que no sistema por gotejamento. Isso, provavelmente se deve ao molhamento foliar proporcionado pelos sistemas anteriores.

Por outro lado, os resultados indicam efeito significativo do parcelamento da adubação na incidência da doença com maior área abaixo da curva de progresso da incidência encontrada em plantas cuja adubação nitrogenada e potássica foi parcelada em 9 vezes (Tabela 3). Provavelmente,

aliada a outros fatores, a alteração ocorrida na distribuição ou disponibilidade destes nutrientes para as plantas aumentou sua suscetibilidade à doença.

TABELA 3. Área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) de ferrugem em cafeeiros, em função dos parcelamentos de adubação nitrogenada e potássica. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Parcelamento	AACPI*
3	2877,20 a
6	3411,72 a
9	4058,82 a

*Média seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Em uma situação de desequilíbrio nutricional, a planta fica geralmente mais vulnerável às doenças. Observa-se a existência de correlação negativa entre os teores de nitrogênio e potássio e o índice de ferrugem, independente do nível de produção dos cafeeiros (Carvalho et al., 1996).

O favorecimento da incidência da ferrugem em mudas de café também já foi evidenciado pela omissão de nitrogênio (Pereira et al., 1996).

Constatou-se também efeito significativo na interação entre lâmina e parcelamento da adubação ($P < 0,05$) na incidência da doença.

Na testemunha (sem irrigação), o parcelamento em 3 vezes propiciou área abaixo da curva de progresso da incidência diferente e inferior às parcelas com adubação fracionada em 6 e 9 vezes. Na lâmina 100% ECA, a diferenciação ficou restrita ao parcelamento em 9 vezes, com incidência superior a 3 e 6 vezes.

Possivelmente, a reposição de 100% da evaporação do tanque classe "A" amenizou um provável efeito do parcelamento da adubação em 6 vezes sobre a suscetibilidade das plantas não irrigadas (Figura 2).

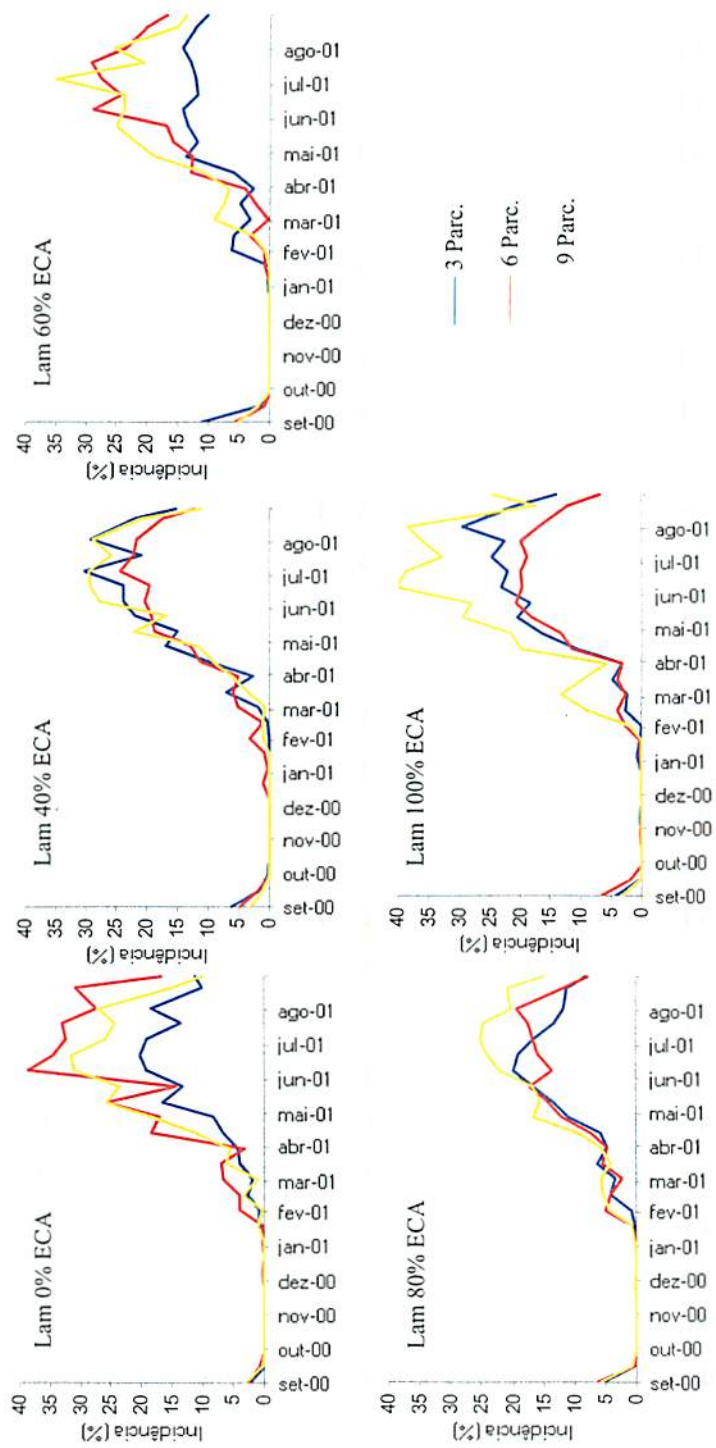


FIGURA 2. Curvas de progresso da incidência de ferrugem do cafeeiro no período de set./2000 a set./2001 em diferentes lâminas de irrigação e diferentes parcelamentos de adubação. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Percebe-se, ainda, aumento na incidência da ferrugem coincidindo com o período final de enchimento e maturação dos grãos de café (janeiro a março). Nessa época, teria se acentuado uma deficiência nutricional nas folhas, haja vista um maior dreno.

Assim, uma subdivisão ou o fracionamento das doses em maior número de vezes pode ter deixado as plantas mais vulneráveis, facilitando a incidência. Ao contrário, o parcelamento convencional (3 vezes) mostrou menor área baixo da curva de progresso, principalmente em situação sujeita à restrição hídrica (testemunha).

Segundo Chaves & Sarruge (1984), a concentração de potássio no fruto de café aumenta nos estádios finais de desenvolvimento dos mesmos, requerendo mais nutrientes, ocorrendo maior dreno. Carvalho (1991) ainda ressaltou que as reduções de potássio nesses períodos e em cafeeiros com alta carga pendente coincidem com o pleno desenvolvimento da ferrugem e menores teores de nitrogênio tendem a coincidir com maiores percentuais da doença.

O potássio tem fundamental importância na incidência de doenças em plantas, aumentando sua resistência à penetração de muitos patógenos ao aumentar a espessura das paredes celulares da epiderme, promover a rigidez da estrutura dos tecidos e regular o funcionamento dos estômatos, além de promover a rápida recuperação dos tecidos injuriados (Ito et al., 1993).

Entretanto, Silva-Acuña et al. (1992) não puderam explicar as alterações nos níveis de macronutrientes nos frutos em época de maiores níveis da doença.

Uma resistência aparente pode ser obtida quando a maioria dos estádios de desenvolvimento suscetível do hospedeiro não é sincronizada com o período de alta atividade do patógeno (Marschner, 1988).

Então, o contrário também pode ser possível e o fracionamento da adubação em maior número de vezes pode ter promovido desbalanço nutricional

que tenha contribuído para mudar a suscetibilidade do hospedeiro, facilitando o estabelecimento do patógeno.

Vilella (2001) observou, na mesma área experimental, severas deficiências nutricionais durante o enchimento dos grãos, nas plantas submetidas à lâmina 100% ECA. Elas chegaram, inclusive, a perder ramos plagiotrópicos durante a safra 1999-2000 o que, segundo o autor, poderia ter reflexo na safra seguinte (2000-2001). Isto ocorreu porque na recomendação de adubação considerou-se a uniformidade do experimento. Com isso, nas parcelas irrigadas, devido à maior carga pendente, as exigências nutricionais foram diferenciadas.

Conforme Karasawa (2001), o esgotamento nutricional do cafeeiro pode ser ocasionado pela alta produção na safra, em contraste com uma adubação baseada na produtividade estimada. Esta pode estar aquém da produtividade colhida, levando a um esgotamento de reservas.

Quanto às parcelas não irrigadas, a maior incidência ocorreu no parcelamento em 6 e 9 vezes sendo justificável considerarmos que a falta de umidade dificulta a absorção de nutrientes. A restrição hídrica no solo pode refletir particularmente sobre as raízes absorventes, limitando a absorção de água e nutrientes, de acordo com Coelho (2001).

Com relação à severidade da ferrugem, também constatou-se uma interação significativa ($P < 0,05$) dos fatores estudados. Verificou-se diferença entre as lâminas no parcelamento em 9 vezes. A testemunha apresentou maior área abaixo da curva de progresso da severidade (Figura 3).

Os resultados comprovaram maior sensibilidade das plantas ao maior fracionamento da adubação, intensificado nas parcelas que só receberam água provinda das chuvas, sujeitas à deficiência hídrica no solo. Considerando uma situação em que a absorção é limitada pelo teor de umidade do solo, o parcelamento em 9 vezes torna-se uma agravante.

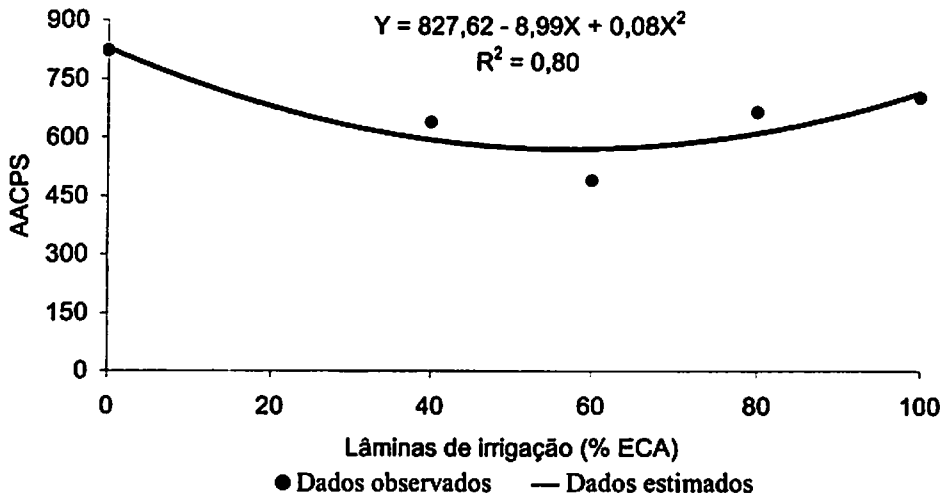


FIGURA 3. Equação de regressão para área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) de ferrugem do cafeeiro em diferentes lâminas de irrigação e adubação parcelada em 9 vezes. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Pelo observado, a quantidade de água disponibilizada para a planta influenciou a redução na área foliar ocupada por lesões. Existe uma alta relação entre lâmina e severidade da doença quando se opta por parcelar a adubação nitrogenada e potássica em maior número de vezes ($R^2 = 0,80$).

Como o modelo quadrático foi o de melhor ajuste, observa-se uma tendência de redução da severidade em função das lâminas até 65% ECA. A partir de então, a curva indica uma elevação na severidade.

O parcelamento da adubação em menor quantidade e maior número de vezes possibilita manter um nível uniforme de nutrientes no solo durante o ciclo vegetativo da cultura (Bernardo, 1986). Entretanto, ainda existem questionamentos a respeito destes benefícios no desenvolvimento vegetativo e produtivo do cafeeiro (Coelho, 2001). Quanto à interação desta prática com as doenças, são escassas as investigações voltadas para esta questão.

O nitrogênio e o potássio exercem importantes papéis na resistência às doenças, havendo dependência entre a incidência de doenças e a relação adequada dos nutrientes na planta (Zambolim & Vale, 2000).

Assim, ao se reduzirem os teores de nitrogênio e potássio disponibilizados (parcelamento em 9 vezes), numa época propícia à ocorrência da ferrugem, possivelmente a quantidade de água oferecida às plantas influenciou a severidade, haja vista seu papel na absorção de nutrientes.

A tendência ao aumento na severidade da máxima lâmina aplicada, ou seja, em plantas não propensas à menor absorção de nutrientes, deve estar associada a outros fatores que tornam os hospedeiros mais suscetíveis ao fungo. Pode, ainda, estar relacionada ao aumento no nível de inóculo em função de um microclima favorável ao patógeno, propiciado pelo maior enfolhamento observado nestas parcelas (Figura 4).

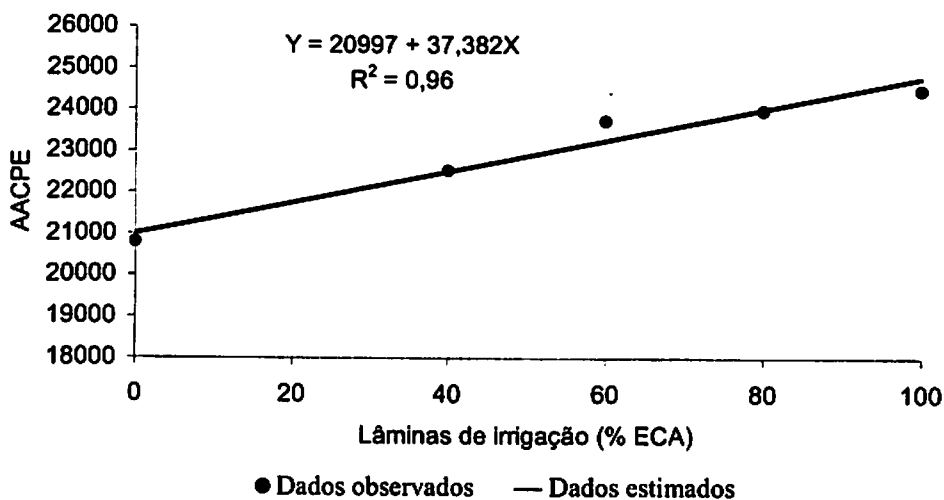


FIGURA 4. Equação de regressão para área abaixo da curva de progresso de enfolhamento (AACPE) do cafeeiro em diferentes lâminas de irrigação no período de set./2000 a set./2001. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Cafeeiros irrigados com lâmina equivalente a 100% ECA apresentam maior desenvolvimento vegetativo. Eles necessitam de maiores quantidades de nutrientes no solo para garantir a maior produtividade (Alves, 1999; Sorice, 1999; Coelho, 2001; Karasawa, 2001; Vilella, 2001).

Neste caso, a irrigação supre as necessidades do patógeno, aumentando a densidade de inóculo e severidade, propiciadas pelo aumento de folhagem. Além disso, o maior enfolhamento muda o microclima na parte aérea das plantas, mantém a umidade, aumenta a duração de água livre nas folhas e o potencial de inóculo (Rotem & Palti, 1969; Cappaert et al., 1992; Zambolim et al., 1994).

Pelo fato dessas plantas também apresentarem a maior carga pendente (Figura 5), podem ter sofrido um esgotamento nutricional, em função de maior dreno, já que o nível de produção é mais um fator a determinar maior ou menor grau de infecção da ferrugem em cafeeiros (Carvalho et al., 1996).

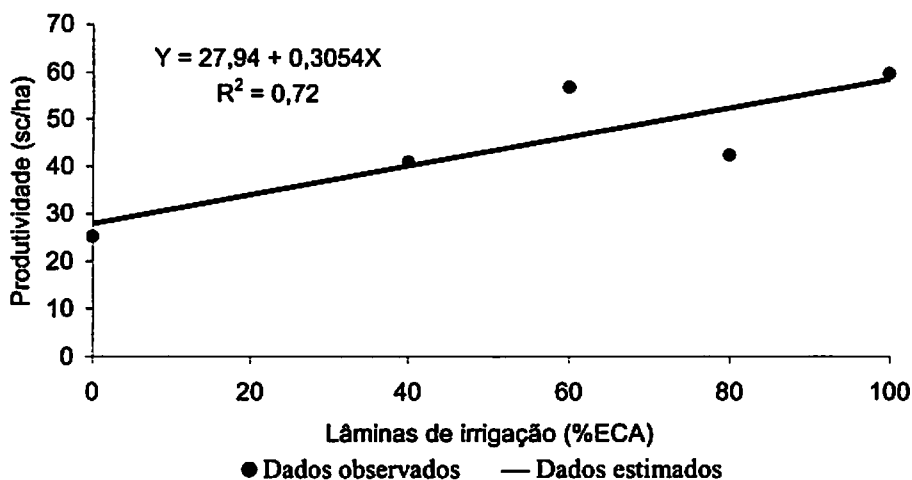


FIGURA 5. Produtividade em cafeeiros em função de diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada e potássica parcelada em 9 vezes na safra 2000/2001. UFLA, Lavras, MG. (Fonte: Silva, 2002)

A interação entre lâminas e parcelamentos de adubação teve efeito significativo na produtividade dos cafeeiros no período 2000/2001. Os melhores resultados foram obtidos ao parcelar a adubação em 9 vezes e utilizar a reposição de água equivalente a 100% ECA.

Estes resultados evidenciam também a intensidade da ferrugem encontrada em condições propícias à sua incidência. O maior parcelamento da adubação (9 vezes), aliado à maior produtividade observada na lâmina 100% ECA, pode ter aumentado a suscetibilidade das plantas ao fungo.

A curva de progresso da ferrugem apresentou variação ao longo do período estudado e mostra a doença presente em quase todos os meses, exceto outubro, novembro e dezembro, quando não foi detectada incidência. Quando as avaliações começaram em setembro/2000, a doença estava presente, mas em percentual inferior a 5%. Em seguida, houve redução na incidência (Figura 6D).

Em meados de janeiro apareceram as primeiras folhas com sintomas e a partir de abril houve um aumento gradativo na curva de progresso da doença, chegando a picos máximos de 24% de incidência em junho e julho/2001. Uma taxa de progresso negativa foi observada em seguida.

Esta redução coincidiu com o final da colheita que apresentou maturação escalonada e mais tardia, devido às diferentes lâminas de irrigação, estendendo-se até o final do mês de julho. Após este período, os cafeeiros apresentaram pouco enfolhamento, devido aos danos mecânicos da colheita associados à desfolha acentuada em função da intensidade da ferrugem (Figura 6C).

Os dados obtidos na última avaliação em setembro/2001 mostram índices de doença em queda.

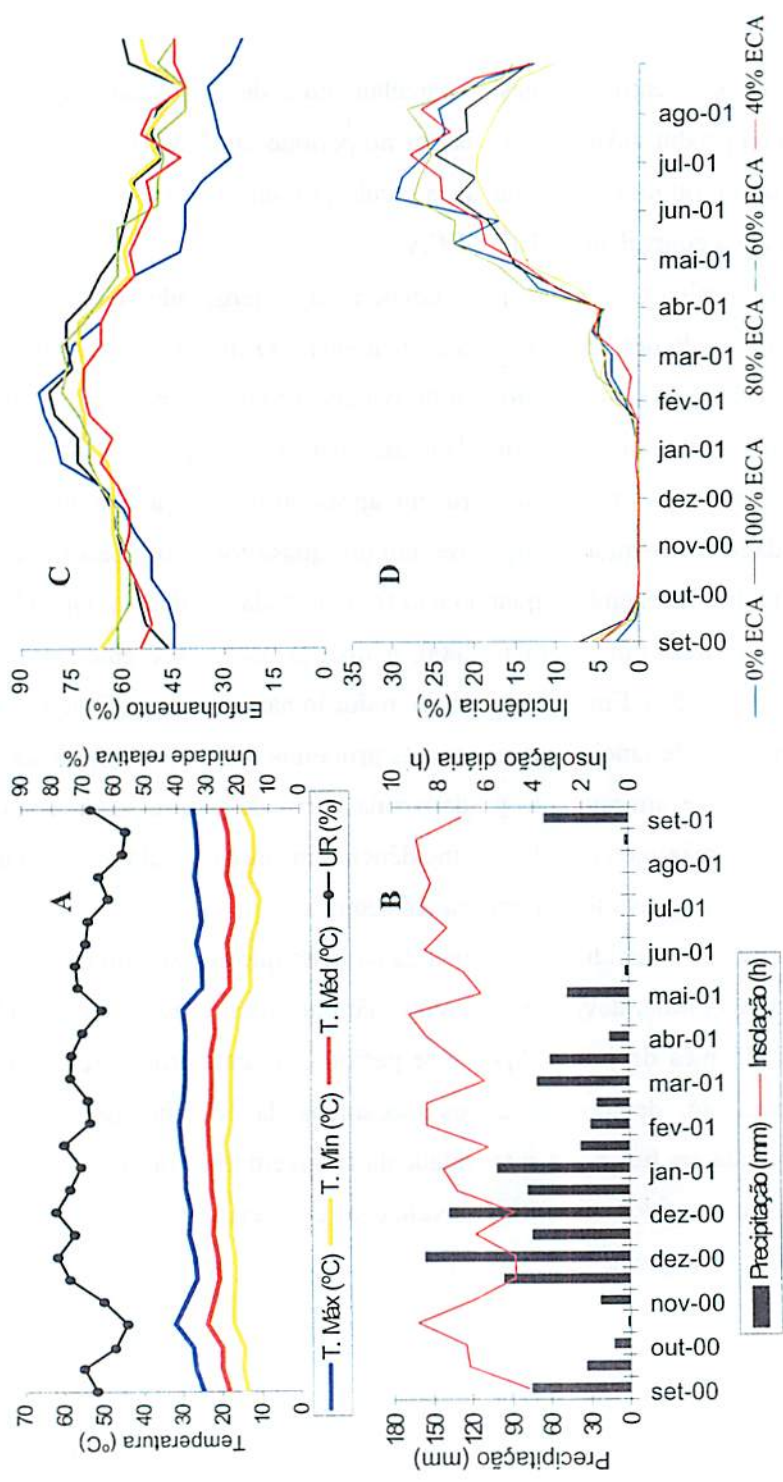


FIGURA 6. Variáveis climáticas (A e B), enfolhamento (C) e curva de progresso da incidência de ferrugem (D) em cafeeiros sob diferentes lâminas de irrigação, no período de set./2000 a set./2001. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Pelo comportamento das variáveis climáticas observadas entre setembro/2000 e setembro/2001, em Lavras, pode-se considerar o período durante o qual foi monitorado o experimento como atípico. Isso devido a temperaturas mais elevadas, menor volume pluviométrico e menor umidade relativa do ar, comparados às médias de 30 anos na região (Tabela 4).

TABELA 4. Dados de temperatura, volume pluviométrico e umidade relativa do ar no período de condução do experimento e dados médios de 25 anos, em Lavras, MG, 2002 (Setor Agrometeorológico/UFLA).

Variáveis Climáticas	Média set./1999-set./2000	Média set./2000-set./2001	Média 1965-1990
TMa	26,7°C	27,6°C	26,1°C
TMi	14,7°C	15,5°C	14,8°C
TMe	19,8°C	20,7°C	19,4°C
PP	1467 mm	1111 mm	1530 mm
UR	70 %	69%	76,2 %

TMa, TMi e TMe = temperaturas máxima, mínima e média, respectivamente (°C); PP = precipitação (mm); UR = umidade relativa do ar (%).

Este comportamento atípico do clima pode ser demonstrado analisando-se o período entre janeiro e julho/2001, marcado por pouquíssimas chuvas. Neste período, choveu 396,4 mm em comparação com 797,6 mm das médias de 30 anos em Lavras, contabilizando uma diferença de 401,2 mm.

A correlação da doença com as variáveis climáticas ocorridas durante o intervalo entre cada avaliação apresentou alta significância ($P < 0,01$), mesmo registrando-se coeficiente de correlação relativamente baixos, em alguns casos (Tabela 5).

Constatou-se correlação negativa entre a temperatura, precipitação e umidade relativa do ar, enquanto a insolação correlacionou-se positivamente com a incidência da doença. Os coeficientes de correlação indicaram um aumento na taxa de progresso da ferrugem, principalmente quando ocorrem

redução na temperatura e precipitação até um nível considerado ideal para o desenvolvimento do patógeno.

A temperatura destaca-se como o fator mais limitante ao estabelecimento da infecção desta doença. A faixa de temperatura ideal para a infecção e germinação do fungo é de 21° a 26°C, com um ponto ótimo em 23°C e máximo percentual de germinação a 25°C. Não se observa infecção em temperaturas acima de 30°C (Akutsu, 1981; Silva-Acuña et al., 1998).

TABELA 5. Coeficientes de correlação entre variáveis climáticas ocorridas nos quinze dias anteriores à avaliação e incidência da ferrugem do cafeeiro, no período entre set./2000 e set./2001, em diferentes lâminas de irrigação. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Lâminas	TMa	Tmi	TMe	PP	UR	IN
0% ECA	-0,48**	-0,76**	-0,67**	-0,58**	-0,28*	0,50**
100% ECA	-0,46**	-0,75**	-0,65**	-0,58**	-0,28**	0,50**
80% ECA	-0,47**	-0,75**	-0,67**	-0,60**	-0,28**	0,50**
60% ECA	-0,48**	-0,75**	-0,67**	-0,58**	-0,30**	0,47**
40% ECA	-0,54**	-0,82**	-0,74**	-0,61**	-0,34**	0,50**

TMa, Tmi e TMe = temperaturas máxima, mínima e média, respectivamente (°C); PP = precipitação (mm); UR = umidade relativa do ar (%); IN = insolação (horas diárias).

* = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

** = significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Os resultados concordam com essa afirmação a respeito da influência da temperatura ao verificar nessa variável os maiores coeficientes de correlação para incidência. O mesmo se observa quanto à severidade (Tabela 6).

O decréscimo na incidência, verificado no início das avaliações (outubro), coincide com época de temperatura mais elevada. Chegou a valores acima de 30°C e permaneceu acima de 26°C até maio, quando reduziu e ocorreu um expressivo aumento nos índices da doença. Nesta época, a temperatura encontrava-se, em média de 18°C e mínimas de 11° a 13°C.

TABELA 6. Coeficientes de correlação entre variáveis climáticas ocorridas nos quinze dias anteriores à avaliação e severidade da ferrugem do cafeeiro, no período entre set./2000 e set./2001, em diferentes lâminas de irrigação. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Lâminas	TMa	TMi	TMe	PP	UR	IN
0% ECA	-0,43**	-0,70**	-0,63**	-0,60**	-0,30*	0,50**
100% ECA	-0,44**	-0,71**	-0,65**	-0,58**	-0,28**	0,50**
80% ECA	-0,35**	-0,65**	-0,56**	-0,59**	-0,30*	0,53**
60% ECA	-0,40**	-0,70**	-0,60**	-0,60**	-0,31**	0,57**
40% ECA	-0,50**	-0,77**	-0,70**	-0,60**	-0,32**	0,50**

TMa, TMi e TMe = temperaturas máxima, mínima e média, respectivamente (°C); PP = precipitação (mm); UR = umidade relativa do ar (%); IN = insolação (horas diárias).

* = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

** = significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

A temperatura influencia o período de incubação e período latente de *H. vastatrix* e sua maior ou menor duração repercute no número de ciclos de reprodução do patógeno durante o ciclo da cultura e, conseqüentemente, na intensidade da doença. Tanto o período de incubação quanto o latente são maiores nos meses mais frios (10,3° a 11,3°C) e menores nos meses mais quentes. No referido trabalho, os períodos variaram de 29 a 62 e 38 a 70 dias, respectivamente, a depender da época do ano (Kushalappa & Martins, 1980).

Os picos de incidência da ferrugem no presente estudo ocorreram nos meses considerados frios em Lavras, MG. Assim, o período de incubação e período latente devem ter sido mais longos nas condições deste experimento. Dessa forma, a correlação com variáveis ocorridas nos quinze dias antecedentes podem não ser as ideais para o estudo em questão.

Segundo Kushalappa et al. (1983), certas combinações ou seqüências de fatores meteorológicos para intervalos conhecidos controlam vários processos epidemiológicos. deve-se identificar, no curso da epidemia, a defasagem mais adequada das relações da doença com o clima.

Dessa forma, tomando como referência a incidência observada nas parcelas não irrigadas, e portanto isentas do efeito proporcionado pela irrigação, verifica-se, além da importante contribuição da temperatura no comportamento da doença, um efeito significativo da precipitação ocorrida durante os trinta dias anteriores à avaliação (Tabela 7).

TABELA 7. Coeficientes de correlação entre variáveis climáticas ocorridas nos trinta dias anteriores à avaliação e incidência da ferrugem do cafeeiro, no período entre set./2000 e set./2001, em diferentes lâminas de irrigação. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Lâminas	TMa	TMi	TMe	PP	UR	IN
0% ECA	-0,51**	-0,70**	-0,64**	-0,62**	-0,20 ^{ns}	0,57**
100% ECA	-0,48**	-0,67**	-0,62**	-0,62**	-0,21 ^{ns}	0,58**
80% ECA	-0,50**	-0,70**	-0,64**	-0,64**	-0,22*	0,61**
60% ECA	-0,50**	-0,70**	-0,65**	-0,63**	-0,24*	0,58**
40% ECA	-0,57**	-0,77**	-0,72**	-0,66**	-0,27*	0,60**

TMa, TMi e TMe = temperaturas máxima, mínima e média, respectivamente (°C); PP = precipitação (mm); UR = umidade relativa do ar (%); IN = insolação (horas diárias).

ns = não significativo.

* = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

** = significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Ao se compararem os coeficientes de correlação para a variável precipitação aos quinze e aos trinta dias anteriores à avaliação, observa-se que esta última explica melhor a variação no comportamento da doença em função da pluviosidade. A correlação negativa chama a atenção para a importância da precipitação no início do processo infectivo, quando sabe-se da sua importância na germinação e penetração dos urediniosporos na folha.

No final da estação chuvosa, observou-se elevação nos índices de doença (Figura 6). Neste período, do ponto de vista fenológico, o cafeeiro já completou sua recomposição foliar e encontrava-se com maior enfolhamento e brotações novas que garantiram ao patógeno sua multiplicação e sua disseminação em razão da disponibilidade de água livre para germinar e infectar.

Além disso, a precipitação pluviométrica em março e abril facilitou a disseminação do patógeno para a folhagem adjacente, possibilitando o aumento da doença (Terrones, 1984; Silva-Acuña, 1996; Carvalho & Chalfoun, 1998).

A curva de progresso da ferrugem no presente estudo assemelha-se ao comportamento da doença em anos anteriores, em Lavras (Talamini, 1999; Boldini, 2001). Houve aumento na taxa de progresso da doença a partir de março, condicionada pela precipitação que favoreceu a disseminação e infecção do patógeno, aliadas ao alto enfolhamento da cultura.

Esperava-se correlação significativa da umidade relativa do ar com os índices de ferrugem devido à sua atuação na esporulação e germinação dos fungos chegando, às vezes, a ser limitante no processo de infecção. Entretanto, deve-se fazer algumas inferências sobre os baixos coeficientes de correlação desta variável com a doença, encontrados no presente trabalho.

No patossistema estudado, estava envolvido o fator irrigação, ou seja, alta umidade do solo em algumas parcelas e níveis de umidade variáveis nas demais, exceto na parcela testemunha, mesmo em épocas sem chuva. Aliado a isto os hospedeiros são cafeeiros cultivados em plantio semi-adensado (adensamento na linha de plantio).

Logo, apesar de não monitorada, a umidade relativa em condições microclimáticas pode ter se encontrado em valores diferentes daqueles monitorados pela Estação Meteorológica, em campo aberto, utilizados para correlação com a ferrugem. Isto poderia justificar a não influência desta variável na curva de progresso da doença em questão.

Quanto à variável insolação, a correlação positiva com a doença ($P < 0,01$) pode estar relacionada ao aumento do enfolhamento na cultura, proporcionando condições favoráveis ao desenvolvimento da doença, inclusive reduzindo a intensidade luminosa no interior da parte aérea. Isto, indiretamente proporcionaria condições ideais para a germinação dos esporos, que é

considerada máxima na ausência de luz, intermediária na presença de luz difusa e nula sob a luz direta (Montoya & Chaves, 1974).

A correlação dos índices de ferrugem com o enfolhamento dos cafeeiros não apresentou significância. No entanto, a elevação acima de 5% da incidência da ferrugem, observada em março, coincide justamente com época de máximo enfolhamento da cultura. Conforme Gaunt (1995), assumindo condições de umidade, nutrientes e similares ótimas, a produção de biomassa é freqüentemente relacionada à radiação solar na cultura, sendo clara a relação entre área foliar e interceptação da luz.

Durante as avaliações da ferrugem, observou-se diferença visível e significativa nos índices de doença nos dois lados da linha de plantio do cafeeiro (Figura 7). Este comportamento deve estar relacionado a um maior sombreamento verificado em um dos lados.

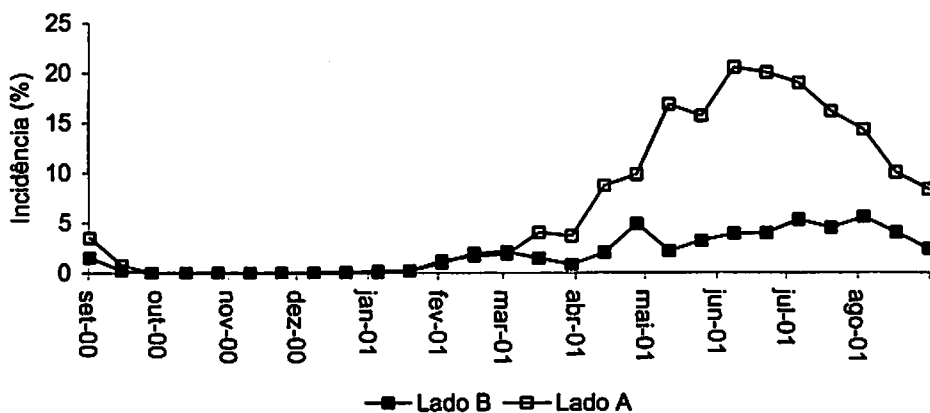


FIGURA 7. Incidência de ferrugem do cafeeiro em cada lado da linha de plantio, no período de set./2000 a set./2001. UFLA, Lavras, MG, 2002.

As avaliações sempre se iniciaram pela manhã, entre 7 horas e 8 horas, quando se observavam diferenças na umidade da superfície foliar, causada pelo orvalho, nos dois lados da linha de plantio. As folhas localizadas no lado

contrário à exposição direta do sol pela manhã sempre se encontravam mais úmidas por mais tempo, que aquelas no lado oposto da linha de plantio.

No lado sombreado pela manhã, ocorreu um prolongamento na duração das condições de umidade e temperatura propiciadas durante a madrugada e que são favoráveis ao fungo. Daí, esta significativa diferença na incidência em cada lado da linha de plantio. Além disso em época de maior enfolhamento o fechamento de entrelinhas reduz ainda mais a incidência de luminosidade no lado sombreado.

Apesar destas variáveis (molhamento foliar e temperatura da folha) não terem sido monitoradas tecnicamente, é conhecida sua influência no estabelecimento da infecção do fungo e manutenção de inóculo.

Comparando o volume de chuvas observado entre set./2000 e set./2001 e o observado em época anterior, observa-se diferença de 356 mm. Esse é um volume considerável, que pode ter influenciado fortemente tanto a curva de progresso das doenças, quanto o comportamento vegetativo e produtivo dos cafeeiros.

Com relação à média pluviométrica da região, um déficit acumulado de 419 mm em volume de chuvas nestes dois períodos realça o aumento na área irrigada observada nesta região e aumenta ainda mais a necessidade de estudos epidemiológicos visando à melhor compreensão das doenças sob estas condições.

4.2 Cercosporiose

Ocorreu influência significativa ($P < 0,01$) da irrigação na incidência da cercosporiose. Entretanto, não observou-se efeito significativo da adubação ou a interação entre os dois fatores sobre o progresso da doença .

Pode-se observar tendência linear de redução da doença com o aumento da lâmina de água aplicada até 100% ECA (Figura 8). Dessa forma, os maiores índices de doença foram encontrados nas parcelas não irrigadas, indicando uma influência positiva da quantidade de água disponibilizada para a planta na redução da incidência da cercosporiose.

Este comportamento pode estar associado à falta de umidade do solo condicionando a planta à menor absorção de nutrientes, tornando-a mais suscetível ao fungo.

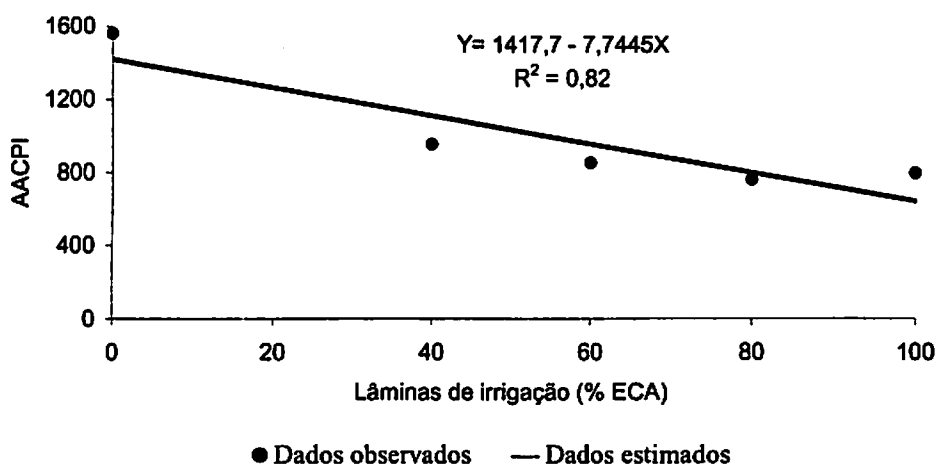


FIGURA 8. Equação de regressão para área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) de cercosporiose em folhas de cafeeiros sob diferentes lâminas de irrigação no período de set./2000 a set./2001. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Conforme Carvalho & Chalfoun (1998), as condições de solo e do sistema radicular vão influenciar diretamente a nutrição do cafeeiro com efeito direto sobre a intensidade da cercosporiose.

Juliatti et al. (2000b) relatam a mudança de local das lavouras de áreas tradicionais para o cerrado mineiro (Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba). Nessa região, os solos são, geralmente, de baixa fertilidade natural e apresentam deficiência hídrica pronunciada nos meses de março a setembro, aumentando a severidade de cercosporiose nos cafeeiros.

Talamini (1999) e Boldini (2001) observaram efeitos semelhantes com aumento na incidência da doença em função das menores lâminas de água. Esses resultados concordam com diversos relatos sobre a associação existente entre deficiência hídrica e desenvolvimento da cercosporiose (Echandi, 1959; Fernández-Borrero & López-Duque, 1971; Miguel et al., 1976; Carvalho & Chalfoun, 1998). Nestes estudos evidencia-se severa ocorrência da doença nos cafeeiros submetidos a período de estiagem prolongada ou a solos onde há pouca retenção de água.

No entanto, Juliatti et al. (2000b) verificaram maior incidência da doença em cafeeiros submetidos a maior lâmina de irrigação por gotejamento, em Araguari, MG, no ano agrícola de 97/98. Segundo os autores, existia uma necessidade de avaliar a nutrição das plantas para melhor inferir sobre estes resultados.

Fernández-Borrero & López-Duque (1971) relacionam também o desequilíbrio nutricional das plantas à incidência da doença. É possível que o patógeno tenha sido favorecido ou afetado em sua nutrição pela ausência ou excesso de determinado elemento em seu hospedeiro.

Porém, apesar da existência de uma estreita relação entre esta doença e níveis de nutrição, o parcelamento da adubação não teve efeito sobre os índices da doença observados durante o período estudado.

Todos os tratamentos receberam as mesmas doses de nitrogênio e potássio. Assim, a partir de análises do solo e foliar, mesmo com quantidades menores de adubo no início, para o parcelamento em 9 vezes, as quantidades aplicadas em seguida, até completar o total, supriram o cafeeiro na quantidade necessária de nutrientes a ponto de não afetar a suscetibilidade das plantas à cercosporiose (Talamini, 1999).

Boldini (2001) observou interação do parcelamento em 3 vezes tanto com a lâmina 100% ECA quanto com a lâmina zero, proporcionando maior severidade da cercosporiose. Isso foi atribuído à produtividade superior deste parcelamento em relação aos demais, o que teria debilitado as plantas e facilitando o estabelecimento do fungo.

Durante o presente estudo, a quantificação da doença pela severidade não permitiu detectar diferenças entre os tratamentos. Encontrou-se quase sempre, apenas uma lesão por folha, de tamanho relativamente pequeno, constantemente inferior a 6% da área foliar lesionada. Mas, conforme Fernandes (1988) a dificuldade em encontrar folhas com alta severidade desta doença no campo deve-se ao fato da folha cair com uma única lesão.

Não se observou interação das lâminas com os parcelamentos de adubação influenciando a curva de progresso da cercosporiose, como foi para ferrugem. Entretanto, deve-se considerar a baixa incidência da cercosporiose comparada à ferrugem (Figura 1).

Os índices de doença observados no presente trabalho são semelhantes aos obtidos por Talamini (1999) quando os cafeeiros tinham 1 ano de idade. Porém, comparando-os aos encontrados por Boldini (2001) nos mesmos cafeeiros, os maiores índices atingiram picos de 13% nas parcelas não irrigadas, em contrapartida aos 24% encontrados pela autora. A discrepância pode ser atribuída, dentre outros possíveis fatores, às variações climáticas ocorridas entre

um ano e outro, bem como níveis de produtividade diferenciados entre as safras (Tabela 8).

TABELA 8. Médias de produtividade dos cafeeiros, na safra 1999/2000 e 2000/2001, em diferentes lâminas de irrigação. UFLA, Lavras, MG.

Tratamento (% ECA)	Safra 1999/2000 (sacas/hectare)	Safra 2000/2001 (sacas/hectare)
0	81,29	36,25
100	156,99	47,77
80	139,65	33,24
60	133,81	35,67
40	199,21	34,03

Fonte: Vilella (2001); Silva (2002)

Diferenças nas condições climáticas de um ano para o outro podem ter modificado a relação entre processos fisiológicos da planta, alterando a produtividade e a incidência de doença, como já foi discutido para ferrugem.

O manejo e genótipo de plantas continuam a mudar com o avanço nos estudos, tendendo a aumentar a produtividade. Assim, é tentador concluir que a suscetibilidade às doenças aumenta simultaneamente. No relacionamento entre severidade de doença e produção (biomassa e colheita), a influência das reservas nutricionais no desenvolvimento de doenças em plantas está ligada ao fato de haver menores reservas, ou de existir maior demanda na granação ou, ainda, por causa dos requerimentos nutricionais dos patógenos (Gaunt, 1995).

A produtividade destes cafeeiros em sua terceira safra foi inferior à segunda safra (Silva, 2002). Como nestes dois períodos os cafeeiros estiveram submetidos aos mesmos tratamentos, segundo a autora, esta queda pode estar relacionada ao fato de os mesmos entrarem numa estabilização de produção, evidenciando assim a característica de bianualidade de produção.

Assim, com uma carga pendente menor, sem estresse nutricional evidente e com elevada capacidade de recuperação da lavoura devido aos tratamentos culturais recebidos, resultaram plantas menos suscetíveis à cercosporiose, durante o período do presente trabalho. Dessa forma, justificou-se os índices mais baixos de infecção ocorridos.

A curva de progresso da cercosporiose teve praticamente o mesmo comportamento em todos os tratamentos, variando apenas na intensidade, conforme já foi discutido, encontrando-se máxima incidência entre maio e julho. Estas observações concordam com Talamini (1999) e Boldini (2001) e diferem de Matiello (1991) quando cita que a maior incidência de cercosporiose no campo ocorre entre janeiro e abril.

No início das avaliações (setembro/2000), a doença encontrava-se em níveis inferiores a 5% de incidência e prosseguiu reduzindo-se durante os meses seguintes, voltando a elevar-se em janeiro. A partir de então, a taxa de progresso da incidência tornou-se positiva até junho e julho, quando observou-se redução na incidência da doença (Figura 9).

A máxima incidência da cercosporiose coincide com a intensa desfolha verificada nos cafeeiros, agravada pelo final da colheita e severidade da ferrugem.

De acordo com Fernandes (1988), é de se esperar aumento no número de folhas caídas, enquanto o número de folhas com lesão na planta deva diminuir com a alta incidência de cercosporiose, pois o desenvolvimento da doença ocorre partindo das folhas na parte inferior da planta.

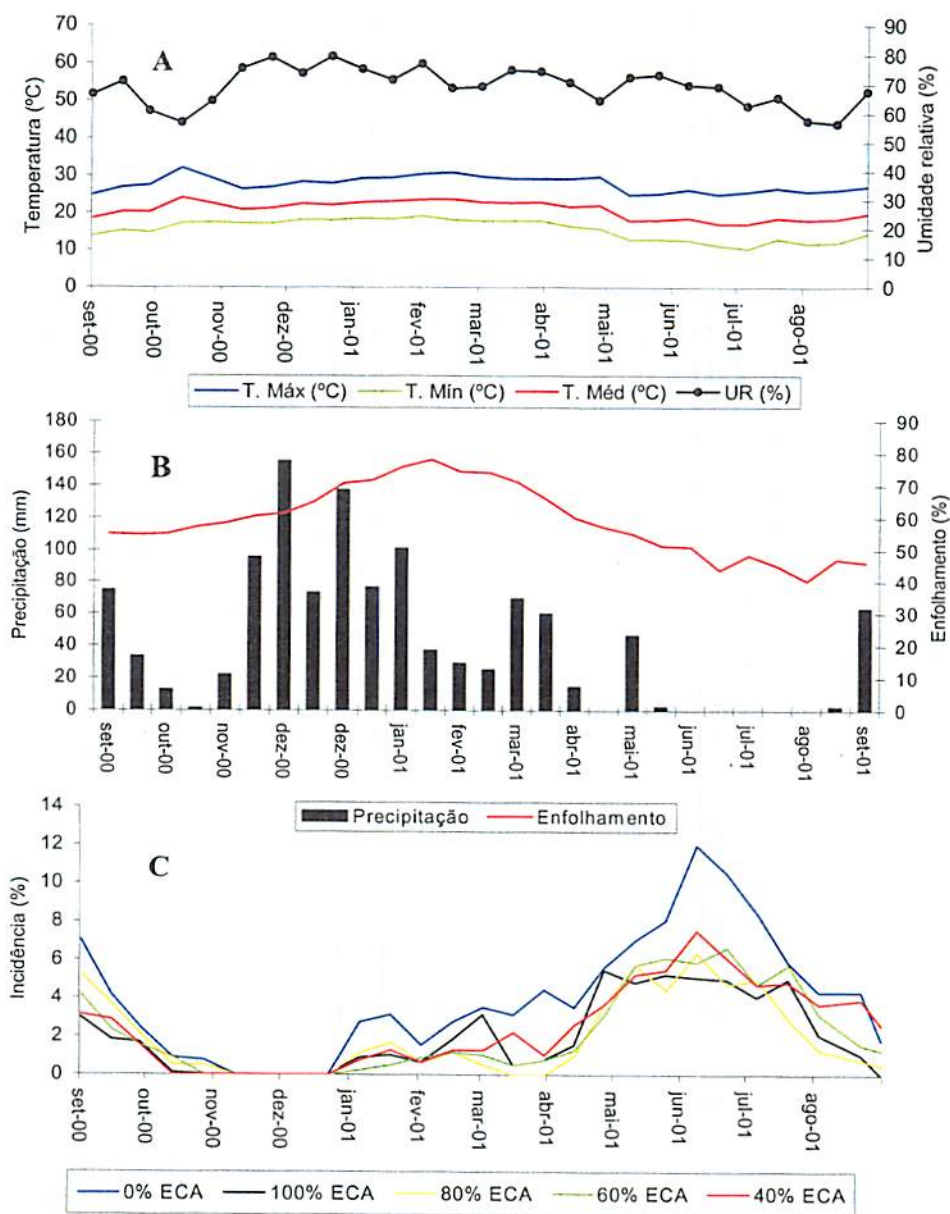


FIGURA 9. Comportamento das variáveis climáticas e enfolhamento (A e B) e incidência de cercosporiose (C) em cafeeiros sob diferentes lâminas de irrigação, no período de set./2000 a set./2001. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Dentre as variáveis analisadas, a maior influência na curva de progresso da cercosporiose deve-se à temperatura e à precipitação, quando evidencia-se uma correlação negativa. Não houve correlação significativa entre umidade relativa do ar ou a insolação e a curva de progresso da doença neste período (Tabelas 9 e 10).

TABELA 9. Coeficientes de correlação entre variáveis climáticas ocorridas nos quinze dias anteriores à avaliação e incidência de cercosporiose em cafeeiros, no período entre set./2000 e set./2001, em diferentes lâminas de irrigação. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Lâminas	TMa	TMi	TMe	PP	UR	IN
0% ECA	-0,50*	-0,67**	-0,63**	-0,50*	-0,10 ^{ns}	0,31 ^{ns}
100% ECA	-0,40*	-0,61**	-0,56**	-0,51**	-0,10 ^{ns}	0,36 ^{ns}
80% ECA	-0,56**	-0,66**	-0,65**	-0,40 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,14 ^{ns}
60% ECA	-0,60**	-0,80**	-0,74**	-0,52**	-0,20 ^{ns}	0,30 ^{ns}
40% ECA	-0,60**	-0,80**	-0,73**	-0,55**	-0,21 ^{ns}	0,38 ^{ns}

TMa, TMi e TMe = temperaturas máxima, mínima e média, respectivamente (°C); PP = precipitação (mm); UR = umidade relativa do ar (%); IN = insolação (horas diárias).
ns = não significativo.

* = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

** = significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 10. Coeficientes de correlação entre variáveis climáticas ocorridas nos trinta dias anteriores à avaliação e incidência de cercosporiose em cafeeiros, em diferentes lâminas de irrigação, no período entre set./2000 e set./2001. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Lâminas	TMa	TMi	TMe	PP	UR	IN
0% ECA	-0,50**	-0,60**	-0,60**	-0,60*	-0,03 ^{ns}	0,40*
100% ECA	-0,40*	-0,52**	-0,50*	-0,52**	-0,01 ^{ns}	0,43*
80% ECA	-0,55**	-0,60**	-0,60**	-0,45*	-0,07 ^{ns}	0,23 ^{ns}
60% ECA	-0,60**	-0,72**	-0,70**	-0,60**	-0,15 ^{ns}	0,41*
40% ECA	-0,60**	-0,72**	-0,70**	-0,61**	-0,16 ^{ns}	0,50*

TMa, TMi e TMe = temperaturas máxima, mínima e média, respectivamente (°C); PP = precipitação (mm); UR = umidade relativa do ar (%); IN = insolação (horas diárias).
ns = não significativo.

* = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

** = significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

As variáveis climáticas tiveram efeitos diferenciados em cada lâmina de irrigação, indicando papéis diferentes da temperatura (máxima, média e mínima) e precipitação na incidência da doença. Ao defasar os dados climáticos em trinta dias, a precipitação passou a ter uma maior influência na curva de progresso da cercosporiose, quando se comparam os valores coeficientes de correlação (Tabela 10).

A maior influência na curva de progresso da cercosporiose deveu-se às temperaturas mínima e média, chegando a explicar até 80% da variação ocorrida nos índices de doença encontrados no campo, durante o período estudado (Tabela 9). Assim, é válido discutir o seu papel no processo infectivo do fungo.

Os índices inferiores de doença, observados entre outubro e abril, devem-se às temperaturas mais altas, variando de 29,6°C (máxima) a 17,6°C (mínima).

O aumento de folhas com sintomas coincide com queda na temperatura, quando se registrou média em torno de 15,5°C e mínima de 12,5°C, a partir de maio, indicando correlação negativa (Figura 10). A mudança no comportamento da doença tem relação com a mudança de temperatura, em torno de 6°C, entre a época de maior e menor incidência.

Estas observações concordam com Zambolim et al. (1997), quando citam a temperatura de 10° a 25°C como uma das condições ideais para a ocorrência da doença. Echandi (1959) destaca, ainda, a temperatura de 24°C como a temperatura ótima requerida para crescimento do fungo.

O nível inicial de inóculo da doença pode ter influenciado o aumento na taxa de progresso da doença, haja vista a incidência do fungo também nos frutos quando estes se encontravam próximos à colheita (abril e maio).

A maior desfolha nas plantas não irrigadas deve ter contribuído para a maior incidência da doença nestas parcelas, em função de um maior nível de inóculo remanescente da safra anterior. Conforme Echandi (1959), os conídios

podem sobreviver por mais de sete semanas em folhas, destacadas e permanecerem viáveis por quase nove meses na superfície foliar aguardando condições favoráveis para esporular (30°C). Tais condições podem ser a precipitação e temperatura alta registradas durante o mês de abril.

Em geral, o desenvolvimento do fungo é favorecido por temperaturas mais baixas associadas à alta umidade (Carvalho & Chalfoun, 1998).

No entanto, como sua ocorrência está relacionada também a estresse hídrico, isto significa que o fungo consegue germinar também em umidade relativa muito baixa. Dessa forma reduz a importância desta variável no comportamento da doença, como verificado na correlação não significativa.

Este resultado difere de López-Duque & Fernández-Borrero (1969) que observaram correlação positiva entre produção de conídios de *C. coffeicola* e a umidade relativa do ar em Chinchiná, Colômbia. Entretanto, este estudo foi realizado em condições em que a faixa de umidade relativa do ar (70% a 86%) é diferente da ocorrida durante este trabalho, em Lavras, onde registrou-se mínima de 56% e máxima de 79%.

Vale considerar novamente que, neste patossistema, o fator irrigação, assim como o cultivo semi-adensado dos cafeeiros (adensamento na linha de plantio), propicia alterações no microclima.

O nível de crescimento da planta ou estágio fenológico pode modificar o ambiente no qual o patógeno desenvolve-se e infecta a planta (Bourke, 1970). Apesar de não monitorada, a umidade relativa na atmosfera microclimática pode ter se encontrado numa faixa de valores diferentes daqueles monitorados pela Estação Meteorológica, em campo aberto, utilizados para correlação com os índices de cercosporiose encontrados. Isto poderia justificar a não influência desta variável na curva de progresso da doença em questão.

Não houve correlação dos índices da doença encontrados no campo com a insolação registrada aos quinze dias, mas sim aos trinta dias, quando observou-

se correlação positiva ($P < 0,05$) nas lâminas 100%, 60% e 40% ECA. Porém, os coeficientes de correlação não explicam muito o comportamento da doença nas condições deste experimento, nem mesmo na parcela testemunha onde foram encontrados os maiores índices de doença.

O incremento na incidência da doença, observado durante a fase de enchimento de grãos (janeiro a abril) nos cafeeiros estudados, provavelmente deve-se também ao maior dreno que geralmente ocorre neste período, aliado às condições climáticas favoráveis ao fungo. Esta fase é propícia ao aparecimento da doença, resultando em significativa perda na produtividade (Fernández-Borrero et al., 1966).

O comportamento da doença nos frutos de café foi similar ao observado nas folhas quanto aos tratamentos aplicados. Verificou-se que a irrigação teve efeito significativo ($P < 0,01$), não sendo observado efeito dos parcelamentos de adubação ou interação na incidência da doença nos frutos.

Pôde-se verificar nas parcelas não irrigadas, maior incidência de cercosporiose (Figura 10). Também observou-se uma tendência linear de redução, à medida que aumentou-se a quantidade de água aplicada até a lâmina 100% ECA.

Resultados semelhantes foram obtidos por Boldini (2001) na segunda safra dos cafeeiros. Entretanto, os índices de doença observados pela autora, equivalentes a 22% dos frutos com sintomas da doença, foram superiores aos observados nesta terceira safra.

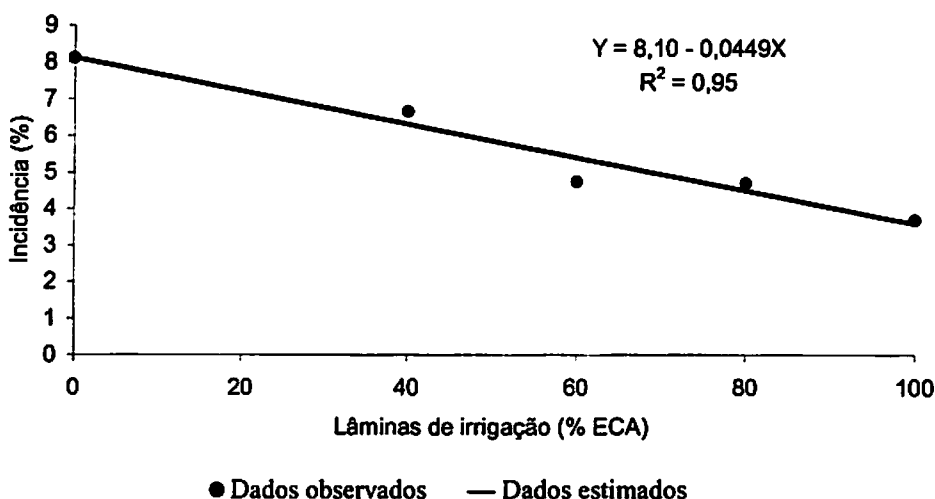


FIGURA 10. Equação de regressão para a incidência de cercosporiose em frutos de cafeeiros, em diferentes lâminas de irrigação, no período de set./2000 a set./2001. UFLA, Lavras, MG, 2002.

Fernández-Borrero et al. (1969) ressaltam que os danos da doença em frutos são significativos ocasionando perdas na produtividade e uma notável diminuição na qualidade dos grãos. Pelo observado, as plantas não irrigadas coincidem com a menor produtividade e registraram a maior incidência da doença nos frutos.

Os resultados demonstraram tanto para cercosporiose quanto para a ferrugem que o manejo da irrigação e da fertirrigação afetaram a curva de progresso destas doenças, alterando o patossistema.

Tais efeitos devem estar relacionados ao padrão vegetativo (maior ou menor enfolhamento) ou níveis de produtividade (carga pendente) dos cafeeiros. Eles propiciam condições que facilitam o estabelecimento da doença, possivelmente alterando o microclima da parte aérea das plantas ou as concentrações de nutrientes retidos nas folhas, condicionando a incidência e severidade das doenças.

5 CONCLUSÕES

Os fatores climáticos apresentaram efeito variável na curva de progresso da ferrugem e cercosporiose, em função da quantidade de água disponibilizada para as plantas.

A irrigação e o parcelamento de adubação influenciaram a curva de progresso da ferrugem, enquanto apenas a irrigação influenciou a cercosporiose.

O parcelamento em 9 vezes propiciou a maior incidência e severidade da ferrugem e pode estar relacionada à maior produtividade encontrada nestas parcelas.

A maior incidência da ferrugem ocorreu na máxima lâmina aplicada, interagindo com o parcelamento em 9 vezes, enquanto observou-se a maior severidade na ausência de irrigação.

A máxima intensidade da ferrugem foi observada em junho e julho, em parcelas com maior enfolhamento, influenciada, principalmente, pela temperatura mais amena (média de 18°C).

A cercosporiose, tanto em folhas quanto em frutos, foi menor nas maiores lâminas, sendo que a máxima incidência ocorreu nas parcelas não irrigadas.

A máxima incidência de cercosporiose ocorreu em junho, influenciada por temperaturas mais baixas (média de 15,5°C).

A ferrugem e cercosporiose estiveram ausentes ou em índices inferiores a 5%, entre outubro/2000 e janeiro/2001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M S. de. **Resistência horizontal a *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. em cafeeiros descendentes do híbrido de Timor.** 1988. 68p. Tese (Doutorado em Fitopatologia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

AGRIANUAL, 2001. **Anuário da agricultura brasileira.** São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 562p.

AKUTSU, M. **Relações de funções climáticas e bióticas com a taxa de infecção da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*).** 1981. 67p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ALVES, M.E.B. **Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) a diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação.** 1999. 94p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ANTUNES, R.C.B. et al. **Influência da fertirrigação com nitrogênio e potássio nos componentes vegetativos do cafeeiro (*Coffea arabica*) em formação.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas/MG. **Resumos expandidos...** Brasília: EMBRAPA/Café, 2000. v.2, p.802-806.

ARAÚJO, J.A.C. **Análise do comportamento de uma população de café Icatu (h-4782-7) sob condições de irrigação por gotejamento, quebra-vento artificial.** 1982. 87p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

AZEVEDO NETTO, J.M. de et al. **Manual de hidráulica.** 8.ed. São Paulo: E. Blücher, 1998. 666p.

BEDENDO, I.P. **Ambiente e doença.** In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L.**Manual de fitopatologia: princípios e conceitos.** 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v.1, p.330-341.

BERGAMIN FILHO, A. AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1996, 289p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 4.ed. Viçosa: UFV, 1986. 488p.

BOCK, R. Seasonal periodicity leaf rust and factor the severity of outbreaks in Kenya colony. **Transactions British Mycological Society**, London, v.45, n.3, p.289-300, 1962.

BOLDINI, J.M. **Epidemiologia da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e fertirrigado por gotejamento**. 2001. 68p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BONOMO, R. **Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de Minas Gerais**. 1999. 224p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BOURKE, P.M.A. Use of weather information in the prediction of plant disease epiphytotic. **Annual Review of Phytopathology**. Palo Alto, Califórnia, v.8, p.345-370, 1970.

CAMARGO, A.P. de. O clima e a cafeicultura no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.126, p.13-26, 1985.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: J. Wiley, 1990. 532p.

CAPPAERT, M.R. et al. Influence of irrigation on severity of potato early dying and tuber yield. **Phytopathology**, v.82, n.11, p.1448-1453, 1992.

CARVALHO, V.L. de. **Influência de níveis de produção sobre a evolução da ferrugem e a composição química das folhas do cafeeiro**. 1991. 85p. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

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

CARVALHO, V.L. et al. Influência da produção na incidência da ferrugem do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.6, p.401-405, jun.1996.

CHALFOUN, S. M.; ZAMBOLIM, L. Ferrugem do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.126, p.42-46, jun. 1985.

CHAVES, J.C.D.; SARRUGE, J.R. Alterações nas concentrações de macronutrientes nos frutos e folhas do cafeeiro durante um ciclo produtivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.4, p.427-432, abr. 1984.

COELHO, G. Épocas de irrigação, parcelamentos de adubação e fertirrigação do cafeeiro no Sul de Minas. 2001. 54p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ECHANDI, E. La chasparria de los cafetos causada por el hongo *Cercospora coffeicola*, Berk & Cooke). **Turrialba**, Costa Rica, v.9, n.2, p.54-67, 1959.

FARIA, M.A. de; REZENDE, F.C. **Irrigação na cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 110 p.

FARIA, M.A. de. Influências das lâminas de irrigação na maturação e produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) – 1ª colheita. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas/MG. **Resumos expandidos...** Brasília: EMBRAPA/Café, 2000. v.2, p.924-927.

FERNANDES, A.T.F. **Componentes que expressam a intensidade de cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Br.) em progênies de Catimor**.1989. 65p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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

FERNÁNDEZ-BORRERO, O.; LÓPEZ-DUQUE, S. Fertilización de plantulas de café e su relacion con la incidencia de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk & Cooke). **Cenicafe**, Chinchiná, Colômbia, v.22, n.4, p.95-108, 1971.

FERNÁNDEZ-BORRERO, O.; MESTRE-MESTRE, A.; LÓPEZ-DUQUE, S. Efecto de la fertilización en la incidencia de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*). **Cenicafe**, Chinchiná, Colômbia, v.17, n.1, p.5-16, 1966.

GARCIA JÚNIOR, D. **Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em função de doses de potássio e cálcio em solução nutritiva**. 2002. 70p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GODOY, C.V.; BERGAMIN FILHO, A.; SALGADO, C.L. Doenças do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: KIMATI H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; et al. **Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v.1, p.184-200.

GAUNT, R.E. The relationship between plant disease severity and yield. **Annual Review of Phytopathology**. Palo Alto, Califórnia, v.33, p.119-144, 1995.

GROHMANN, F.; CAMARGO, A.P. de; DESSIMON, L.M. Consumo de água disponível do solo nas diferentes fases fenológicas do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas/MG. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p.33-34.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. **Cultura do café no Brasil: manual de recomendações**. Rio de Janeiro: IBC, 1976. 261p.

ITO, M.F., TANAKA, M.A.S.; MASCARENHAS, H.A.A. Efeito residual da calagem e da adubação potássica sobre a queima foliar (*Cercospora kikuchii*) da soja. **Summa Phytopathologica**, v.19, n.1, p.21-23, 1993.

JULIATTI, F.C. et al. Incidência de *Cercospora coffeicola* no café irrigado de Araguari-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24, 1998, Poços de Caldas/MG. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro, 1998. p.212-213.

JULIATTI, F.C. et al. Incidência e severidade da ferrugem em lavoura cafeeira conduzida sob diferentes sistemas de irrigação e laminas d'água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas/MG. **Resumos expandidos...** Brasília: EMBRAPA/Café, 2000a.v.2, p.211-214.

JULIATTI, F.C. et al. Incidência e severidade da cercosporiose em lavoura cafeeira conduzida sob diferentes sistemas de irrigação e laminas d'água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas/MG. **Resumos expandidos...** Brasília: EMBRAPA/Café, 2000b. v.2, p.219-222.

KARASAWA, S. **Crescimento e produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Topázio MG-1190) sob diferentes manejos de irrigação localizada**. 2001. 72p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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

KUSHALAPPA, A.C.; CHAVES, G.M. An analysis of the development of coffee rust in the field. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.5, n.1, p.95-113, 1980.

KUSHALAPPA, A.C.; MARTINS, C.P. Incubation and generation periods for *Hemileia vastatrix* on coffee in Viçosa, Minas Gerais. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.6, n.1, p.177-183, 1980.

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

MANTOVANI, E.C. A irrigação do cafeeiro. ITEM, Brasília, n.48, p.45-49, set. 2000.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2.ed. San Diego: Academic, 1988. 889p.

MATIELLO, J.B. *O café: do cultivo ao consumo*. São Paulo: O Globo, 1991. 320p.

MATIELLO, J.B. et al. Levantamento da aceitação do controle da ferrugem do cafeeiro, pelos cafeicultores na safra 73/74, no estado do Paraná, Minas Gerais e Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 2, 1974, Poços de Caldas. *Resumos...* Rio de Janeiro: IBC, 1974. p.343-344.

MENDES, A.N.G.; GUIMARÃES, R.J. *Cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade (genética e melhoramento)*. Lavras: UFLA/FAEPE, 1996. 99p.

MIGUEL, A.E. et al. Efeito associado da nutrição e pulverização com fungicidas no controle de cercosporiose em frutos do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 4, 1976, Caxambu/MG. *Resumos...* Rio de Janeiro: IBC, 1976. p.91-94.

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

PEREIRA, J.C.R. et al. Efeito de fontes de nitrogênio em componentes da resistência à ferrugem do cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.21, n.2, p.292-295, 1996.

PINTO, A.C. dos S. Sistema especialista para diagnose e manejo de problemas fitossanitários e redes neuronais para descrever epidemias da ferrugem do café. 2001. 91p. Tese (Doutorado em Fitopatologia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

POZZA, A.A.A. Influência da nutrição nitrogenada e potássica na intensidade da mancha de olho pardo (*Cercospora coffeicola*) em mudas de cafeeiro. 1999. 70p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ROTEM, J.; PALTI, J. Irrigation and plant diseases. *Annual Review of Phytopathology*. Palo Alto, Califórnia, v.6, p.267-288, 1969.

SALGADO, B.G.; MARCELO, R.L.G.; SALGADO, M. Progresso da ferrugem e cercosporiose do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) associado a ingazeiro (*Inga sessilis* (Vellozo) Martins), comparativamente a cafeeiros cultivados a pleno sol em Lavras/MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., Vitória/ES. Resumos... Brasília: EMBRAPA/Café, 2001. p.82

SANTINATO, R.; FERNANDES, A.L.T.; FERNANDES, D.R. Irrigação na cultura do café. Campinas: Arbore, 1996. 146p.

SILVA, A.L. da. Estudo técnico e econômico do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). 2002. 67p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA-ACUÑA, R. Fatores que influenciam o progresso da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). 1985. 91p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA-ACUÑA, R. Epidemiologia e controle químico da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). 1996. 140p. Tese (Doutorado em Fitopatologia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ANEXOS

ANEXO A

Página

TABELA 1A	Resumo da análise de variância sobre a área abaixo da curva de progresso da incidência da ferrugem do cafeeiro, em função de lâminas de irrigação (tratamento primário) e de parcelamentos de adubação (tratamento secundário) e da interação entre ambos, no período entre setembro/2000 e setembro/2001	66
TABELA 2A	Resumo da análise de variância sobre a área abaixo da curva de progresso da severidade da ferrugem do cafeeiro, em função de lâminas de irrigação (tratamento primário) e de parcelamentos de adubação (tratamento secundário) e da interação entre ambos, no período entre setembro/2000 e setembro/2001	66
TABELA 3A	Resumo da análise de variância com desdobramento da interação, considerando o estudo de lâminas de irrigação (tratamento primário) dentro de parcelamentos de adubação (tratamento secundário)	67
TABELA 4A	Resumo da análise de variância sobre a área abaixo da curva de progresso da incidência de cercosporiose em folhas do cafeeiro, em função de lâminas de irrigação (tratamento primário) e de parcelamentos de adubação (tratamento secundário) e da interação entre ambos, no período entre setembro/2000 e setembro/2001.....	67
TABELA 5A	Resumo da análise de variância sobre a área abaixo da curva de progresso da incidência de cercosporiose em frutos do cafeeiro, em função de lâminas de irrigação (tratamento primário) e de parcelamentos de adubação (tratamento secundário) e da interação entre ambos, na safra 2000/2001.....	68



TABELA 6A	Resumo da análise de variância sobre a área abaixo da curva de progresso de enfolhamento do cafeeiro, em função de lâminas de irrigação (tratamento primário) e de parcelamentos de adubação (tratamento secundário) e da interação entre ambos, na safra 2000/2001.....	68
TABELA 7A	Resumo da análise de variância sobre a produtividade do cafeeiro, em função de lâminas de irrigação (tratamento primário) e de parcelamentos de adubação (tratamento secundário) e da interação entre ambos, na safra 2000/2001.....	69
TABELA 8A	Resultado do teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade, aplicado aos valores médios de produtividade dos cafeeiros, submetidos a diferentes parcelamentos de adubação nitrogenada e potássica, na safra 2000/2001 (Silva, 2002).....	69
TABELA 9A	Resultado do teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade, aplicado aos valores médios área abaixo da curva de progresso de incidência (AACPI) de ferrugem em cafeeiros não irrigados.....	70
TABELA 10A	Resultado do teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade, aplicado aos valores médios área abaixo da curva de progresso de incidência (AACPI) de ferrugem em cafeeiros irrigados com lâmina 60% ECA.....	70
TABELA 11A	Resultado do teste Scott-Knott a 5% de probabilidade aplicado aos valores médios área abaixo da curva de progresso de incidência (AACPI) de ferrugem em cafeeiros irrigados com lâmina 100% ECA.....	70
TABELA 12A	Dados de temperatura média e precipitação mensais ocorridas em Lavras, MG, durante o período de avaliação do experimento, obtidos junto à Estação Climatológica e dados médios observados de 30 anos (Setor Agrometeorológico/UFLA).....	71

TABELA 1A. Resumo da análise de variância sobre a área abaixo da curva de progresso da incidência da ferrugem do cafeeiro, em função de lâminas de irrigação (tratamento primário) e de parcelamentos de adubação (tratamento secundário) e da interação entre ambos, no período entre setembro/2000 e setembro/2001.

Fonte de variação	G.L.	Q.M.	F	Pr > F
Bloco	3	4987119,17	3,451	0,0515 ^{NS}
Lâmina	4	1929467,40	1,335	0,3128 ^{NS}
Resíduo 1	12	1445100,63		
Parcelamento	2	7002427,21	9,857	0,0005**
Lam x Parc	8	2001108,00	2,817	0,0186*
Resíduo 2	30	710375,92		
CV 1 (%) = 34,85				
CV 2 (%) = 24,44				

^{NS} não-significativo.

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 2A. Resumo da análise de variância sobre a área abaixo da curva de progresso da severidade da ferrugem do cafeeiro, em função de lâminas de irrigação (tratamento primário) e de parcelamentos de adubação (tratamento secundário) e da interação entre ambos, no período entre setembro/2000 e setembro/2001.

Fonte de variação	G.L.	Q.M.	F	Pr > F
Bloco	3	76706,85	3,382	0,0542 ^{NS}
Lâmina	4	9596,90	0,423	0,7891 ^{NS}
Resíduo 1	12	22678,88		
Parcelamento	2	45751,25	2,826	0,0751 ^{NS}
Lam x Parc	8	39682,58	2,451	0,0358*
Resíduo 2	30	16191,48		
CV 1 (%) = 24,79				
CV 2 (%) = 20,95				

^{NS} não-significativo.

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 3A. Resumo da análise de variância com desdobramento da interação, considerando o estudo de lâminas de irrigação (tratamento primário) dentro de parcelamentos de adubação (tratamento secundário).

Fonte de variação	G.L.	Q.M.	F	Pr > F
Lam. d. 3 parc.	4	9538,92	0,520	0,7212 ^{NS}
Lam. d. 6 parc.	4	21897,49	1,193	0,3282 ^{NS}
Lam. d. 9 parc.	4	57525,67	3,134	0,0248*
Resíduo	39	18353,95		

^{NS} não-significativo.

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 4A. Resumo da análise de variância sobre a área abaixo da curva de progresso da incidência de cercosporiose em folhas do cafeeiro, em função de lâminas de irrigação (tratamento primário) e de parcelamentos de adubação (tratamento secundário) e da interação entre ambos, no período entre setembro/2000 e setembro/2001.

Fonte de variação	G.L.	Q.M.	F	Pr > F
Bloco	3	594716,62	3,155	0,0645 ^{NS}
Lâmina	4	1305679,65	6,926	0,0040**
Resíduo 1	12	188522,64		
Parcelamento	2	119698,66	0,220	0,8040 ^{NS}
Lam x Parc	8	286382,13	0,526	0,8275 ^{NS}
Resíduo 2	30	544637,40		

CV 1 (%) = 44,13

CV 2 (%) = 75,00

^{NS} não-significativo.

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 5A. Resumo da análise de variância sobre a área abaixo da curva de progresso da incidência de cercosporiose em frutos do cafeeiro, em função de lâminas de irrigação (tratamento primário) e de parcelamentos de adubação (tratamento secundário) e da interação entre ambos, na safra 2000/2001.

Fonte de variação	G.L.	Q.M.	F	Pr > F
Bloco	3	20,65	2,611	0,0995 ^{NS}
Lâmina	4	75,65	9,565	0,0010**
Resíduo 1	12	7,90		
Parcelamento	2	35,60		0,0765 ^{NS}
Lam x Parc	8	21,09	2,645	0,1458 ^{NS}
Resíduo 2	30	13,46	1,567	
CV 1 (%) = 50,30				
CV 2 (%) = 65,61				

^{NS} não-significativo.

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 6A. Resumo da análise de variância sobre a área abaixo da curva de progresso de enfolhamento do cafeeiro, em função de lâminas de irrigação (tratamento primário) e de parcelamentos de adubação (tratamento secundário) e da interação entre ambos, na safra 2000/2001.

Fonte de variação	G.L.	Q.M.	F	Pr > F
Bloco	3	4603000,00	0,946	0,4491 ^{NS}
Lâmina	4	25904437,50	5,234	0,0106*
Resíduo 1	12	4865187,50		
Parcelamento	2	1897125,00	0,498	0,6125 ^{NS}
Lam x Parc	8	6634312,50	1,742	0,1291 ^{NS}
Resíduo 2	30	3807375,00		
CV 1 (%) = 9,55				
CV 2 (%) = 8,45				

^{NS} não-significativo.

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 7A. Resumo da análise de variância sobre a produtividade do cafeeiro, em função de lâminas de irrigação (tratamento primário) e de parcelamentos de adubação (tratamento secundário) e da interação entre ambos, na safra 2000/2001.

Fonte de variação	G.L.	Q.M.	F	Pr > F
Bloco	3	2806,10	14,955	0,0002**
Lâmina	4	421,21	2,245	0,1250 ^{ns}
Resíduo 1	12	187,64		
Parcelamento	2	1067,25	5,467	0,0095**
Lam x Parc	8	607,35	3,111	0,0111*
Resíduo 2	30	195,23		
CV 1 (%) = 36,63				
CV 2 (%) = 37,36				

^{ns} não-significativo.

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 8A. Resultado do teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade, aplicado aos valores médios de produtividade dos cafeeiros, submetidos a diferentes parcelamentos de adubação nitrogenada e potássica, na safra 2000/2001 (Silva, 2002).

Parcelamento	Produtividade (sacas/hectare)*
3	30,49 a
6	36,65 a
9	45,04 b

*Média seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si.

TABELA 9A. Resultado do teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade, aplicado aos valores médios área abaixo da curva de progresso de incidência (AACPI) de ferrugem em cafeeiros não irrigados.

Parcelamento	AACPI*
3	2497,89 a
9	3903,28 b
6	4640,93 b

*Média seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si.

TABELA 10A. Resultado do teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade, aplicado aos valores médios área abaixo da curva de progresso de incidência (AACPI) de ferrugem em cafeeiros irrigados com lâmina 60% ECA.

Parcelamento	AACPI*
3	2345,89 a
6	3510,89 b
9	3863,25 b

*Média seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si.

TABELA 11A. Resultado do teste Scott-Knott a 5% de probabilidade aplicado aos valores médios área abaixo da curva de progresso de incidência (AACPI) de ferrugem em cafeeiros irrigados com lâmina 100% ECA.

Parcelamento	AACPI*
6	2953,38 a
3	3478,70 a
9	5357,49 b

*Média seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si.

TABELA 12A. Dados de temperatura média e precipitação mensais ocorridas em Lavras, MG, durante o período de avaliação do experimento, obtidos junto à Estação Climatológica e dados médios observados de 30 anos (Setor Agrometeorológico/UFLA).

Meses	2000		2001		(1961 – 1990)	
	T°C	PP	T°C	PP	T°C	PP
Jan	-	-	23	147,5	21,7	272,4
Fev	-	-	23,8	46,8	22,1	192,3
Mar	-	-	22,6	146,4	20,9	174
Abr	-	-	22,1	7,4	19,8	67
Mai	-	-	18,4	48,3	17,5	40,6
Jun	-	-	17,7	0	16,3	27,9
Jul	-	-	17,7	0	15,8	23,4
Ago	18,4	13,1	-	-	17,7	24,8
Set	19,1	109,9	-	-	19	72,5
Out	23	25,2	-	-	20,4	126
Nov	21,1	239,2	-	-	20,9	213
Dez	22,2	233,8	-	-	21,1	295,8

T°C = temperatura média ; PP = precipitação (mm).

Fonte: Silva (2002)