

IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO E MANEJO DO FÓSFORO NO PROGRESSO DA FERRUGEM DO CAFEIEIRO

Mauro Peraro Barbosa Junior¹, Edson Ampélio Pozza², Paulo Estevão de Souza³,
Mirian de Lourdes Oliveira e Silva⁴, Adélia Aziz Alexandre Pozza⁵, Rubens José Guimarães⁶

(Recebido: 26 de abril de 2016; aceito: 12 de setembro de 2016)

RESUMO: A ferrugem é a principal doença do cafeeiro, sendo sua ocorrência e intensidade afetadas em razão do fornecimento de água e equilíbrio nutricional das plantas. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o progresso da ferrugem do cafeeiro em função de diferentes manejos de irrigação e da adubação fosfatada, em lavoura irrigada por gotejamento. O estudo foi realizado em Lavras-MG, em cafeeiro da cultivar MGS Travessia. As avaliações da doença foram realizadas no período de março de 2012 a novembro de 2014. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com doze tratamentos, sendo 3 manejos de adubação, 4 manejos de irrigação e 3 repetições, totalizando 36 parcelas. O resultado referente à média da incidência da doença durante o período avaliado foi plotado em gráfico. Os dados de incidência foram integrados em área abaixo da curva de progresso da doença (AACPIF). Foi observada maior AACPIF ($P < 0,05$) no tratamento sem irrigação no ano de 2013. A ausência da adubação com fósforo também proporcionou maior progresso da ferrugem.

Termos para indexação: *Hemileia vastatrix*, epidemiologia, cafeicultura irrigada, nutrição mineral, *Coffea arabica*.

IRRIGATION DRIP AND PHOSPHORUS MANagements IN THE RUST COFFEE PROGRESS

ABSTRACT: Rust is the most devastating disease of coffee. The rust intensity is affected by water supply and nutritional balance of plants. Thus the aim of this study was to evaluate the incidence of rust in coffee plantations with different management of irrigation and phosphorus fertilization. The study was carried out in Lavras-MG, with coffee cultivar MGS Crossing. Evaluations of the disease were carried out from March 2012 to November 2014. The experimental design was a randomized complete block design with twelve treatments, 3 fertilization managements with 4 drip irrigation management, in a factorial scheme of variance analysis, with three replicates, totaling 36 plots. The results for the average of disease incidence during the evaluation period was plotted. The data were integrated into area under incidence progress curve (AUIPC). It was observed higher AUIPC ($P < 0.05$) in the treatment without irrigation in 2013. The rust incidence progress was higher when phosphorus fertilization was not provided.

Index terms: *Hemileia vastatrix*, epidemiology, irrigated coffee, mineral nutrition, *Coffea arabica*.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de café, com participação, na safra 2015, de 43,24 milhões de sacas de 60 kg do produto beneficiado, redução de 5,3% comparada ao ano anterior. Essa queda deve-se à forte estiagem no início de 2015 e a ocorrência de doenças e pragas, entre outros fatores. Além disso, o país é o segundo maior consumidor. Assim, a cultura do cafeeiro tem grande importância sócio-econômica, sendo o estado de Minas Gerais, responsável por cerca de 50,36% da produção nacional e a região sul do estado a de maior área plantada (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB, 2015).

A região sul do estado de Minas Gerais tem índices pluviométricos favoráveis à cultura do cafeeiro. Entretanto, devido à ocorrência de

adversidades climáticas nas fases críticas da cultura e também devido à demanda de incrementos na produtividade e na qualidade do café, a técnica da irrigação tornou-se economicamente recomendada aos cafeicultores (COELHO et al., 2009; LIMA; CUSTÓDIO; GOMES, 2008). Apesar dos benefícios, o cultivo em sistema irrigado pode influenciar a intensidade de doenças, como a ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome) (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010). A presença de água fornecida por irrigação, principalmente por aspersão, pode modificar o microclima da lavoura, com aumento do período de molhamento foliar e da umidade relativa, além de reduzir a temperatura na copa do cafeeiro, aumentando a intensidade de doenças. Tal modificação do microclima não ocorre em áreas irrigadas por gotejamento (MIRANDA et al., 2006; TALAMINI et al., 2001, 2003).

^{1,2,3}Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Fitopatologia/DFP - 37.200-000 - Lavras - MG - mjrperaro@gmail.com, edsonpozza@gmail.com, pauleste@dfp.ufla.br

^{4,5}Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Ciências do Solo/DCS - 37.200-000 - Lavras - MG - mirian.silva@dcs.ufla.br, adeliapozza@gmail.com

⁶Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - 37.200-000 - Lavras - MG - rubensjg@dag.ufla.br

No entanto, vários outros fatores do ambiente podem influenciar o progresso de doenças. Citam-se entre eles, a temperatura, a quantidade de horas de insolação, a fertilidade, o pH, a textura e a estrutura do solo e conseqüentemente a nutrição da planta. Segundo Custódio et al. (2014), as maiores intensidades da ferrugem do cafeeiro não dependem somente da lâmina de irrigação, mas também da produtividade do cafeeiro, ou seja, é preciso adequar a fertilidade do solo e o manejo da doença ao sistema de cultivo da cultura.

A nutrição mineral de plantas está diretamente relacionada à intensidade de doenças, sendo fator ambiental passível de ser manipulado. Quando manejada corretamente, a nutrição mineral de plantas pode contribuir para fortalecer principalmente as barreiras de resistência horizontais e entre estas, a camada de cera e a parede celular, dificultando a penetração do patógeno (POZZA; POZZA, 2012). Sendo assim, pode ser utilizada como complemento ou método alternativo na redução e no controle de doenças (MARSCHNER, 2012).

Algumas pesquisas relacionaram a irrigação com a nutrição mineral na intensidade da ferrugem do cafeeiro (CUSTÓDIO et al., 2010; LIMA; CUSTÓDIO; GOMES, 2008; MIRANDA et al., 2010; TALAMINI et al., 2001, 2003). O equilíbrio entre a quantidade de água e os nutrientes fornecidos pode influenciar, além da produtividade, a taxa de progresso da doença no campo, sendo mais uma alternativa de manejo para os cafeicultores, refletindo na redução de impactos ambientais, melhor posicionamento de fungicidas e maiores sustentabilidade tanto econômica quanto ambiental nos agroecossistemas.

Diante do exposto, o objetivo neste trabalho foi avaliar o progresso da ferrugem do cafeeiro em função de diferentes manejos de irrigação e da adubação fosfatada, em lavoura irrigada por gotejamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido de 16/03/2012 a 12/11/2014, em área do setor de cafeicultura da Universidade Federal de Lavras (MG), com latitude de 21°13'S, longitude de 45°00'W e altitude média de 919 m, apresentando clima tipo Cwa de acordo com a classificação de Köppen, com chuvas predominantes no verão e o inverno considerado seco. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico.

A cultivar de café utilizada foi MGS Travessia, com 7 anos de idade espaçamento de 2,60 m entre linhas e 0,60 m entre plantas. A área experimental foi constituída por 9 linhas de plantio com média de 185 plantas.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 12 tratamentos e 3 repetições, em esquema fatorial 3 x 4 de análise de variância, sendo 3 manejos de adubação e 4 de irrigação, totalizando 36 parcelas. As parcelas foram compostas por 10 plantas, sendo considerada parcela útil as oito plantas centrais.

O turno de rega foi fixo (irrigação feita às terças e sextas-feiras) e a lâmina aplicada foi definida com base no balanço hídrico simplificado entre duas irrigações. As lâminas de irrigação foram definidas estimando-se a evapotranspiração da cultura a partir da Evaporação do Tanque Classe A (ECA) e dos coeficientes de tanque recomendados por Doorembos e Pruitt (1984) e dos coeficientes de cultura, baseados na idade das plantas e no espaçamento de plantio, conforme publicação de Allen et al. (1998). Nos tratamentos com suspensão de irrigação, ao reiniciar a irrigação, a umidade de solo foi elevada à condição de capacidade de campo e posteriormente seguiu com o manejo proposto.

Os tratamentos de irrigação foram i- sem irrigação (SI), ii- irrigação o ano todo (IT), iii- suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (I30) e iv- suspensão da irrigação por 70 dias entre os meses de julho a setembro (I70). Foi feita a interrupção da irrigação nos períodos mais secos para proporcionar uma maior uniformidade na florada e garantir maior porcentagem de frutos maduros (SOUZA et al., 2014).

Todos os tratamentos foram fertirrigados utilizando bomba injetora Amiad®, durante os meses de outubro a fevereiro. Na testemunha a adubação foi feita manualmente, no mesmo período. As fontes dos nutrientes utilizadas foram uréia (45% de nitrogênio), nitrato de potássio (13% de nitrogênio e 44% de potássio) e fosfato de monoamônio (11% de nitrogênio e 60% P₂O₅). A aplicação de P₂O₅ foi feita com 2/3 da dose nos meses de setembro/outubro e 1/3 em janeiro/fevereiro. Já a aplicação de N e K₂O foi feita com 2/3 da dose entre os meses de outubro e dezembro e 1/3 nos meses de janeiro e fevereiro.

A adubação com micronutrientes foi via foliar, de acordo com as necessidades definidas, com base na análise foliar realizada nos meses de janeiro de cada ano. As lavouras foram mantidas

livres de plantas daninhas e de insetos mediante capina manual e tratamentos fitossanitários, padronizados para todas as parcelas.

Os tratamentos de adubação foram i- adubação tradicional com base na análise do solo e recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999) (A), ii-300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 550 kg ha⁻¹ de N e 550 kg ha⁻¹ de K₂O/ano agrícola (B) e iii- 550 kg ha⁻¹ de N e 550 kg ha⁻¹ de K₂O/ano agrícola (C).

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, do tipo localizado, e constou de reservatório com capacidade de 5.000 litros, cabeçal de controle composto de bomba centrífuga, filtros de areia e disco, bomba injetora de fertilizante, manômetro e conexões, linha principal de tubo e de derivação de PVC e linhas laterais de polietileno com gotejadores inseridos a cada 0,50 m.

Foram coletados os dados climáticos diários médios, da temperatura máxima, média e mínima, umidade relativa do ar, radiação e precipitação, na estação climatológica localizada no campus da Universidade Federal de Lavras. O período de monitoramento foi compreendido na mesma época das avaliações da ferrugem do cafeeiro.

Foram realizadas 24 avaliações da incidência da doença, a cada 30 dias, entre 16/03/2012 e 12/11/2014. Foram amostradas 12 folhas/planta, nas 8 plantas centrais, no total de 96 folhas/parcela. As folhas foram avaliadas aleatoriamente por método não destrutivo, no terço médio da planta, entre o 3º e o 4º pares de folhas dos ramos plagiotrópicos. A incidência da ferrugem foi calculada de acordo com a equação:

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

Portanto:

I (%) = incidência da ferrugem no cafeeiro,
NFD = número de folhas doentes,
NTF = número total de folhas amostradas.

O resultado referente ao índice médio de incidência da doença nas 36 parcelas foi plotado em gráfico da curva de progresso da doença, durante o período avaliado. Os dados obtidos da incidência nas folhas de cafeeiro, ao longo das avaliações e por períodos separados, foram integralizados em área abaixo da curva de progresso da doença para a incidência da ferrugem (AACPDIF), de acordo com a equação proposta por Shaner e Finney (1977).

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

Portanto:

AACPDIF = área abaixo da curva de progresso doença para incidência de ferrugem,
Y_i = proporção da doença na i-ésima observação,
T_i = tempo em dias na i-ésima observação,
n = número total de observação.

O enfolhamento das parcelas foi avaliado concomitantemente à avaliação das doenças e foram atribuídas notas de 1 a 5, de acordo com a porcentagem de enfolhamento nas parcelas, sendo 1 (0 a 20% de enfolhamento), 2 (21 a 40%), 3 (41 a 60%), 4 (61 a 80%) e 5 (81 a 100%) segundo escala proposta por Boldini et al. (2000).

Os dados foram submetidos a análise de normalidade por meio do teste de Shapiro & Wilk, homogeneidade Bartlett e independência Box & Pierce. Devido aos dados seguirem as pressuposições da análise de variância (ANAVA), não houve a necessidade de transformação.

Realizou-se a análise de variância em esquema fatorial 3 x 4 para a variável AACPDIF por ano de avaliação. As variáveis significativas no teste F da ANAVA foram submetidas ao teste de agrupamento Scott-Knott. Foi utilizado, para a análise estatística do experimento, o programa Sisvar® (FERREIRA, 2008) versão 4.0.

Também foi estimada a correlação de Pearson entre a incidência da ferrugem em folhas e as variáveis climáticas, com a média de 30 dias anteriores às avaliações, no software SAS® 9.0 (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE- SAS INSTITUTE, 2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A curva de progresso mostra o comportamento da doença em relação às condições ambientais, virulência do patógeno e susceptibilidade do hospedeiro no período avaliado. A doença ocorreu durante o período de avaliação do experimento (Figura 1) em todas as parcelas (Figura 2), com variação tanto na incidência quanto no enfolhamento. Houve variação na incidência da doença entre aos anos de avaliação. Foi observada maior incidência média da ferrugem em 05/07/2012 (9,58%), 21/05/2013 (13,47%) e 03/06/2014 (54,57%) (Figura 1 A).

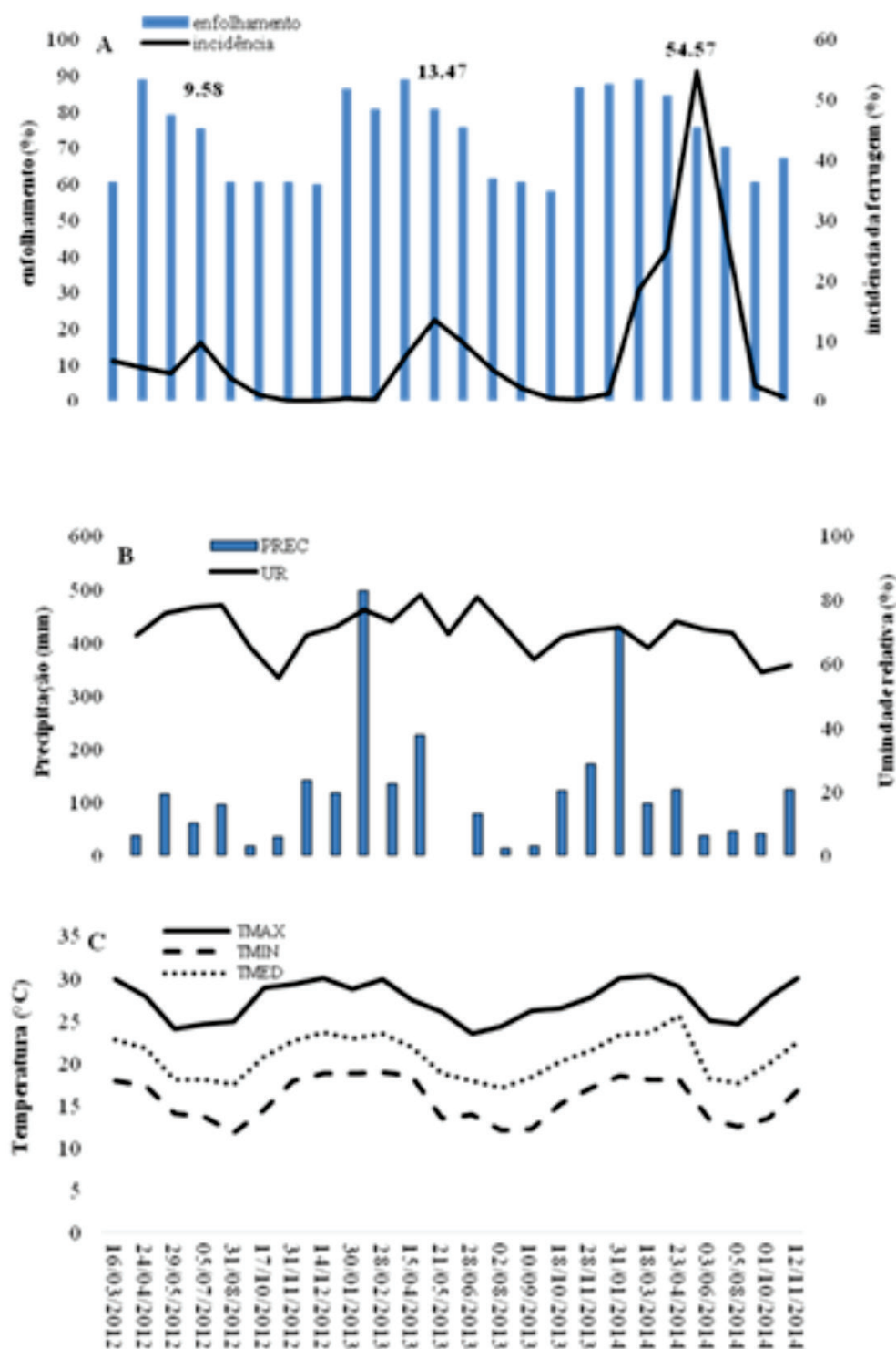


FIGURA 1- Curva de progresso média da incidência da ferrugem e porcentagem de enfolhamento médio das parcelas (A), médias mensais das variáveis climáticas umidade relativa (UR) e precipitação acumulada (PREC) (B) e temperaturas máxima (TMAX), mínima (TMIN) e média (TMED) (C). No período de março de 2012 a novembro de 2014.

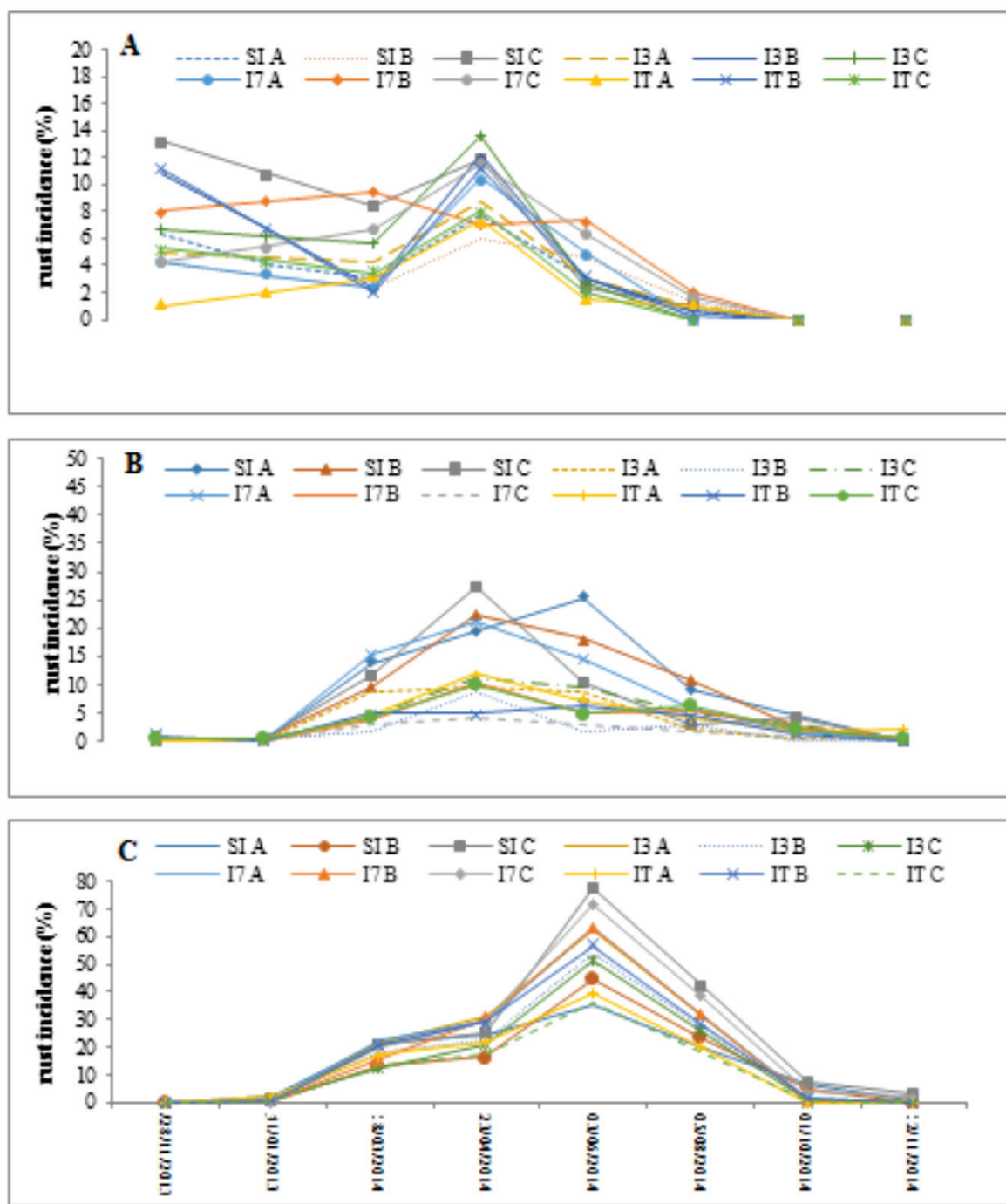


FIGURA 2 - Curva de progresso da ferrugem ao longo do tempo para os tratamentos de irrigação e de adubação: Sem irrigação (SI); Suspensão da irrigação no mês de julho (I30); Suspensão da irrigação entre os meses de julho a setembro (I70); Irrigação o ano todo (IT); Adubação tradicional com base na análise da fertilidade do solo (A); 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 550 kg ha⁻¹ de N e 550 kg ha⁻¹ de K₂O/ano agrícola (B) e 550 kg ha⁻¹ de N e 550 kg ha⁻¹ de K₂O/ano agrícola (C), nos anos de 2012, 2013 e 2014.

Nos meses posteriores às maiores incidências da doença devido às condições ambientais desfavoráveis como déficit hídrico (mm), menor umidade relativa (%) e temperatura (°C), ocorreu queda acentuada no enfolhamento e menor incidência da doença (Figura 1, A, B e C).

Entre 2012 e 2014 (Figura 2), devido às diferenças nas condições ambientais enfrentadas no período, o processo de infecção pode mudar e afetar o progresso da doença (ALVES et al., 2011).

No ano de 2012, as maiores intensidades da doença ocorreram entre os meses de março a julho, com índices de 13,19% no tratamento sem irrigação e adição de 550 kg ha⁻¹ de N e 550 kg ha⁻¹ de K₂O/ano agrícola (SI C) em março e 13,54% no tratamento com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho e 550 kg ha⁻¹ de N e 550 kg ha⁻¹ de K₂O/ano agrícola (I30 C) no mês de julho.

Em 2013, nos meses de janeiro a fevereiro a doença ficou com valores próximos de zero em todos os tratamentos. A partir de abril a doença começou a aumentar, atingindo 13,88% de incidência no tratamento sem irrigação e adubação tradicional com base na análise da fertilidade do solo (SI A). No mês de maio, registrou-se a maior incidência do ano com valor de 27,43% no tratamento sem irrigação e adição de 550 kg ha⁻¹ de N e 550 kg ha⁻¹ de K₂O/ano agrícola (SI C). No mês de junho, o tratamento sem irrigação e adubação tradicional com base na análise da fertilidade do solo (SI A) atingiu índice de 25,34%.

Entre novembro de 2013 a fevereiro de 2014, foi verificada menor incidência da ferrugem. A partir de março a intensidade da doença teve aumento exponencial, sendo a maior incidência observada no tratamento com suspensão da irrigação por 70 dias entre os meses de julho a setembro e a adubação tradicional com base na análise de fertilidade do solo (I70 A), atingindo 22,56%. A maior incidência da doença foi observada no mês de junho, 77,43%, no tratamento sem irrigação e adição de 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 550 kg ha⁻¹ de N e 550 kg ha⁻¹ de K₂O/ano agrícola (SI C).

Não houve interação significativa entre a irrigação e a adubação, e para adubação isoladamente. Porém houve diferença estatística (P<0,05) para irrigação isoladamente no ano de 2013. Constatou-se por meio do teste de agrupamento Scott-Knott a 5% de probabilidade maior AACPDIF no tratamento sem irrigação (SI) (Tabela1).

Independentemente do tratamento foram observadas maiores intensidades da ferrugem nos meses de maio a julho, a partir daí a taxa de progresso da doença se tornava negativa. Fato mostrado por meio da análise de correlação entre a incidência e os tratamentos de irrigação (Tabela 2).

Observou-se, no ano de 2012, correlação negativa para as temperaturas máxima e média e positiva para a umidade relativa do ar com a incidência da ferrugem. Em 2013, ocorreu correlação negativa para as temperaturas máxima, mínima e média e para a precipitação nos tratamentos SI e IT. Já em 2014, verificou-se correlação negativa para todas as temperaturas e positiva para umidade relativa do ar em 2012 e 2014.

A intensidade da doença variou ao longo do tempo para os anos avaliados, em função dos tratamentos e também das variações climáticas. As maiores incidências ocorreram nos meses de maio a julho, de menores temperaturas 18,06 °C e pluviosidade de 52,77 mm, inclusive com correlação negativa entre essas variáveis, devido provavelmente à falta de água presente nos solos. Nos períodos de seca as plantas absorvem menos nutrientes, deixando o patógeno com menor quantidade de alimento. Em sua tentativa de sobrevivência ele libera maior quantidade de esporos, para dispersar-se e infectar novos hospedeiros, e garantir a manutenção da sua espécie (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010). Logo após esse período, em virtude do ambiente desfavorável para a germinação e a infecção, e também devido à queda das folhas com a colheita, observaram-se índices da doença próximos de zero. Além disso, o enfolhamento aumentou rapidamente, diluindo a quantidade de doença.

A partir de outubro, as condições ambientais tornaram-se favoráveis, com temperaturas e pluviosidade favoráveis para a penetração do fungo nas folhas do cafeeiro. A temperatura exerce papel fundamental no processo de infecção de *H. vastatrix*, sendo considerada de 22 a 24°C ótima para o patógeno (KUSHALAPPA; CHAVES, 1980). A pluviosidade também proporcionou molhamento foliar necessário para os uredosporos iniciarem o processo de infecção e colonização. A presença de água fornecida por irrigação tipo pivô-central, chuva ou orvalho, aumenta o período de molhamento foliar, favorecendo a germinação da *H. vastatrix* (MEIRA; RODRIGUES; MORAIS, 2008).

TABELA 1- Valores médios para da AACPDIF, em quatro tratamentos de irrigação.

Tratamentos	AACPDIF/2012*	AACPDIF/2013*	AACPDIF/2014*
SI	1037,67 A	2074,36 B	5731,95 A
I30	1126,56 A	839,83 A	5913,87 A
I70	1167,36 A	1043,51 A	6948,41 A
IT	935,59 A	950,52 A	5332,43 A

Médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

TABELA 2- Coeficientes de correlação dos dados climatológicos de temperatura máxima, mínima e média, precipitação e umidade relativa do ar com a incidência da ferrugem nos diferentes anos e tratamentos de irrigação.

Irrigação 2012/2013/2014	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura média (°C)	Precipitação (mm)	Umidade relativa (%)
SI 2012	-0,27*	-0,15 ^{ns}	-0,24*	-0,16 ^{ns}	0,34*
I30 2012	-0,33*	-0,20 ^{ns}	-0,29*	-0,09 ^{ns}	0,42*
I70 2012	-0,48*	-0,37*	-0,45*	0,21 ^{ns}	0,34*
IT 2012	-0,27*	-0,16 ^{ns}	-0,24*	-0,07 ^{ns}	0,35*
SI 2013	-0,56*	-0,25*	-0,34*	-0,25*	0,17 ^{ns}
I30 2013	-0,62*	-0,26*	-0,33*	-0,23 ^{ns}	0,18 ^{ns}
I70 2013	-0,53*	-0,20 ^{ns}	-0,29*	-0,20 ^{ns}	0,16 ^{ns}
IT 2013	-0,59*	-0,31*	-0,39*	-0,27*	0,16 ^{ns}
SI 2014	-0,55*	-0,44*	-0,38*	-0,44*	0,32*
I30 2014	-0,54*	-0,39*	-0,34*	-0,40*	0,39*
I70 2014	-0,61*	-0,45*	-0,39*	-0,46*	0,43*
IT 2014	-0,48*	-0,34*	-0,28*	-0,39*	0,38*

* Significativo P (<0,05), ns – Não significativo

Sob condições ambientais ideais, apenas uma pústula é necessária para desencadear a epidemia no campo (SCHIEBER, 1972). Geralmente a infecção inicia-se nas folhas mais velhas, no terço inferior da planta, e então atinge as mais novas nos ramos superiores, em ciclos posteriores da doença. No início, os sintomas são pouco visíveis e a maior intensidade da doença é verificada a partir dos sinais, ou seja, da última fase do ciclo das relações patógeno-hospedeiro, sendo observada em maior intensidade nos meses com temperaturas adversas e baixa pluviosidade, a partir de maio (CUSTÓDIO et al., 2014). Embora nessa época não ocorra condições ideais para a infecção, observa-se a esporulação de áreas da folha já colonizadas.

Outros autores também observaram esse mesmo comportamento quanto ao progresso da doença. No sequeiro, sem irrigação, Lopez et al. (2012) observaram maiores índices da ferrugem

nos meses de julho a agosto, com incidência de 79%. Em sistema irrigado por pivô central, Custódio et al. (2010) observaram altas incidências da ferrugem no mês de agosto, atingindo 15% no ano de 2004, enquanto Miranda et al. (2006) em 2003 notaram incidências de 17% no final do mês de julho em café irrigado por gotejamento.

Nesse trabalho, nos anos de 2013 e 2014, para os tratamentos não irrigados e sem adubação fosfatada (SIC), observaram-se as maiores incidências, atingindo 27,43 e 77,43%, respectivamente. A função da fertirrigação é enviar água e nutrientes através das raízes para a parte aérea das plantas, contribuindo para reduzir a intensidade de doenças. A água é o principal constituinte do tecido vegetal, sendo necessária para absorção, transporte e translocação dos nutrientes (TAIZ; ZEIGER, 2013). A deficiência hídrica culmina em desequilíbrio nutricional, afetando o crescimento, desenvolvimento a

produtividade das culturas (CUSTÓDIO et al., 2014; POZZA; POZZA, 2012). Provavelmente, a falta de água para translocar nutrientes essenciais de diversas organelas e de processos essenciais de síntese de ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas, na fotossíntese e na respiração celular, para produção de energia, reduziu a formação das barreiras de resistência da planta (MARSCHNER, 2012; POZZA; POZZA, 2012). Além disso, o fósforo desempenha funções estruturais, fisiológicas e bioquímicas essenciais para a planta e faz parte de sua molécula de energia, o ATP (adenosina trifosfato) (BUCHANAN, 2015). Entretanto sua disponibilidade é afetada principalmente por condições de estresse hídrico, pois além de fixar-se na fração argila ele é pouco móvel na solução do solo. Sem a presença do elemento o metabolismo das plantas associado às barreiras de resistência é prejudicado e favorece a infecção de patógenos (CUSTÓDIO et al., 2014; POZZA; POZZA, 2012).

Os tratamentos não irrigados em experimentos com fornecimento de água via gotejamento apresentaram maior incidência de doenças, porém não foi estudada a relação com o fósforo. Miranda et al. (2006) verificaram severidades de até 11,2% da ferrugem em parcelas não irrigadas. Paiva et al. (2013) e Talamini et al. (2001) observaram maiores incidências da cercosporiose com níveis próximos de 49,5 e 30% respectivamente, bem como Vasco et al. (2015) com incidências de 35,50%, porém em frutos de café e Santos et al. (2014) observaram incidências da mancha de phoma em folhas de café entre 4,7 a 5,3%.

No entanto, a irrigação em áreas ou anos de boa pluviosidade para o cafeeiro, com índice pluviométrico acima de 1200 mm e bem distribuída (CAMARGO; ROLIM; SANTOS, 2007) pode não proporcionar redução na intensidade de doenças, devido ao fornecimento adequado de água via precipitação para a testemunha (PAIVA et al., 2011). Miranda et al. (2006) e Talamini et al. (2001, 2003), avaliando durante 5 anos a cultivar “Acaia Cerrado”, plantada em março de 1997, não encontraram diferença na incidência da ferrugem entre as lâminas de água (0, 40, 60, 80 e 100% ECA) fornecidas por gotejamento devido à pluviosidade ter sido considerada ideal para a cultura. Ou seja, a irrigação pode contribuir para reduzir a incidência de doenças, quando a pluviosidade é inferior à exigida para o cafeeiro ou mal distribuída ao longo do ano, principalmente

em áreas com adensamento e de alta produtividade em latossolos. O déficit hídrico tem sido cenário atual mesmo em áreas aptas ao plantio do cafeeiro, devido às mudanças climáticas (CHALFOUN; CARVALHO; PEREIRA, 2001; DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

4 CONCLUSÕES

Nas condições do experimento realizado:

Os manejos de adubação fosfatada foram estatisticamente iguais, para Área Abaixo da Curva de Progresso para a Incidência da Ferrugem.

A maior Área Abaixo da Curva de Progresso para a Incidência da Ferrugem foi para o manejo sem irrigação (SI).

5 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crope evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage, 56).

ALVES, M. C. et al. Ecological zoning of soybean rust, coffee rust and banana black sigatoka based on Brazilian climate changes. **Science Direct**, Cluj-Napoca, n.6, p. 35-49, 2011.

BOLDINI, J. M. et al. Incidência e severidade da cercosporiose em frutos de cafeeiro fertirrigado na região de Lavras-MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas. **ResumosExpandidos...** Poços de Caldas: EMBRAPA Café, 2000. p. 273-275.

BUCHANAN, B. B. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2015.

CAMARGO, M. P.; ROLIM, G.; SANTOS, M. A. Modelagem agroclimatológica do café: estimativas e mapeamentos das produtividades. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 241, p. 58-65, 2007.

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

COELHO, G. et al. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamentos de adubação sobre a produtividade do cafeeiro ‘Catuaí’. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 67-73, jan./fev. 2009.

- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. ed. Lavras, 1999. 359 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café: safra 2015: terceira estimativa**. Brasília, DF, 2015.
- CUSTÓDIO, A. A. P. et al. Effect of center-pivot irrigation in the rust and brown eye spot of coffee. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 98, n. 7, p. 943-947, July 2014.
- _____. Intensidade da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro quanto a face de exposição das plantas. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 3, p. 214-228, set./dez. 2010.
- DANTAS, A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.
- DOORENBOS, J.; PRUIT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1984. 178 p. (Irrigation and Drainage, 24).
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análise e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.
- 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- 103, fev. 1980.
- LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P.; GOMES, N. M. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1832-1842, nov./dez. 2008.
- LOPEZ, P. R. et al. Evolução da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em agroecossistemas cafeeiros convencional, organo-mineral e organico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 1, n. 7, p. 160-198, 2012.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 2012.
- MEIRA, C. A.; RODRIGUES, L. H.;MORAIS, S. A. Análise da epidemia da ferrugem do cafeeiro com árvore de decisão. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 114-124, mar./abr. 2008.
- MIRANDA, J. C. et al. Intensidade da ferrugem em cafeeiro fertirrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 885-891, set./out. 2006.
- _____. Progresso da ferrugem na cafeicultura organica e convencional. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 1-9, jan./abr. 2010.
- PAIVA, B. R. T. L. et al. Progresso da cercosporiose do cafeeiro sob diferentes manejos de irrigação e densidade de plantio. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 166-175, abr./jun. 2013.
- _____. Progresso da ferrugem do cafeeiro irrigado em diferentes densidades de plantio pós-poda. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 137-143, jan./fev. 2011.
- POZZA, E. A.; CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M. Sintomas de injúrias causadas por doenças em cafeeiro. In: GUIMARAES, R. J.; MENDES, A. N. G.; BALIZA, D. P. (Ed.). **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas semiologia do cafeeiro**. Lavras: Ed. UFLA, 2010. p. 68-106.
- POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A. Nutrição mineral no manejo de doenças de plantas. In: GRUPO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM FITOPATOLOGIA. **Nutrição no manejo de doenças de plantas**. Viçosa, MG: GEAFIP, 2012. p.177-212.
- SANTOS, L. S. D. et al. Incidência da mancha de phoma em cafeeiro irrigado por gotejamento, sob diferentes manejos de irrigação. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 77-89, jan./mar. 2014.
- SCHIEBER, E. Economic impact of coffee rust in Latin America. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 10, p. 491-510, Sept. 1972.
- SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-milde wing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 67, n. 3, p. 1051-1056, Feb. 1977.
- SOUZA, J. M. et al. Interrupção da irrigação e maturação dos frutos de café Conilon. **Científica**, Jaboticabal, v.42, n. 2, p. 170-177, 2014.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS software**. Version 9.4. Cary, 2008.
- TAIZ, L.; ZEIGEIR, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TALAMINI, V. et al. Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em diferentes lâminas de irrigação e diferentes parcelamentos de adubação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 55- 62, jan./fev. 2001.

_____. Progresso da ferrugem e da cercosporiose (*Coffea arabica* L.) com diferentes épocas de

início e parcelamento da fertirrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 141-149, jan./fev. 2003.

VASCO, G. B. et al. Incidência da cercosporiose em frutos de cafeeiro: diferentes densidades de plantio e manejos de irrigação. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 38-45, jan./mar. 2015.