



CRISTIAN DAVID PLAZA PÉREZ

**INTERAÇÃO DO NITROGÊNIO COM O
POTÁSSIO NA INTENSIDADE DA FERRUGEM
E DA MANCHA AUREOLADA DO CAFEIEIRO
EM SOLUÇÃO NUTRITIVA**

LAVRAS – MG

2015

CRISTIAN DAVID PLAZA PÉREZ

**INTERAÇÃO DO NITROGÊNIO COM O POTÁSSIO NA
INTENSIDADE DA FERRUGEM E DA MANCHA AUREOLADA DO
CAFEIEIRO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA**

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

Orientador

Dr. Edson Ampélio Pozza

Coorientadores

Dra. Adélia Aziz Alexandre Pozza

Dra. Marília Goulart da Silva

LAVRAS – MG

2015

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Plaza Pérez, Cristian David.

Interação do nitrogênio com o potássio na intensidade da
ferrugem e da mancha aureolada do cafeeiro em solução nutritiva /
Cristian David Plaza Pérez. – Lavras : UFLA, 2015.
57 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de
Lavras, 2015.

Orientador: Edson Ampélio Pozza.

Bibliografia.

1. *Coffea arabica*. 2. *Hemileia vastatrix*. 3. Epidemiologia. 4.
Pseudomonas syringae pv. *garcae*. 5. Nutrição mineral. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CRISTIAN DAVID PLAZA PÉREZ

**INTERAÇÃO DO NITROGÊNIO COM O POTÁSSIO NA
INTENSIDADE DA FERRUGEM E DA MANCHA AUREOLADA DO
CAFEIEIRO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA**

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

APROVADA em 26 de Fevereiro de 2015.

Dra. Deila Magna dos Santos Botelho UFLA

Dr. Rodrigo Luz da Cunha EPAMIG

Dr. Edson Ampélio Pozza
Orientador

Dra. Adélia Aziz Alexandre Pozza
Dra. Marília Goulart da Silva
Coorientadores

LAVRAS – MG

2015

A Deus.

Aos meus amados pais, Aleida Pérez e Aldemar Plaza.

À minha querida irmã, Claudia Alejandra.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por tudo...

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Fitopatologia, pela oportunidade de cursar o mestrado.

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

Ao professor Edson Ampélio Pozza, pela orientação.

Aos coorientadores Adélia e Marília, pelo apoio.

A todos os professores do Departamento de Fitopatologia da UFLA.

A todos os alunos do DFP, especialmente aos da turma 2013-1 e aos do laboratório de Epidemiologia.

Ao grupo de estrangeiros que fala espanhol em Lavras, os quais fizeram mais harmônico o tempo na cidade durante o mestrado.

A todos os funcionários da UFLA, pelos serviços prestados.

A todos que, direta e indiretamente, contribuíram para a concretização desse sonho.

RESUMO

Objetivando-se avaliar o efeito da adubação nitrogenada e potássica, dois experimentos foram conduzidos, um em casa de vegetação e o outro em câmara de crescimento, para avaliar a intensidade da ferrugem e da mancha aureolada, respectivamente. Ambos os ensaios foram conduzidos no Departamento de Fitopatologia (DFP), da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Utilizou-se a cultivar suscetível Mundo Novo 376/4. Os tratamentos para ambos os experimentos foram os mesmos, os quais consistiram de cinco doses de N (3, 7, 11, 15 e 19 mmol.L⁻¹) combinadas com cinco doses de K (3, 5, 7, 9 e 11 mmol.L⁻¹), em esquema fatorial 5 x 5, totalizando 25 tratamentos e três repetições compostas por duas mudas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado. No primeiro experimento (Ferrugem), observou-se interação significativa entre o N e K para a área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) e o peso seco das folhas. Não houve influência combinada ou isolada de N e K nas variáveis ecofisiológicas estudadas (Clorofilas a, b e total e fotossíntese). No segundo experimento (Mancha aureolada), observou-se diferença significativamente apenas para o N na AACPS, matéria seca total e clorofilas a, b e total. Houve correlação significativa e positiva para as clorofilas a, b e total com o N e a AACPS.

Palavras chave: *Coffea arabica*. *Hemileia vastatrix*. Epidemiologia. *Pseudomonas syringae* pv. *garcae*. Nutrição mineral.

ABSTRACT

With the objective of evaluating the effect of nitrogen and potassium fertilization, two experiments were conducted, one in greenhouse and the other in a growth chamber, in order to evaluate the intensity of rust and bacterial blight, respectively. Both trials were conducted at the Department of Plant Pathology (DFP), of the Universidade Federal de Lavras (UFLA). We used the susceptible cultivar Mundo Novo 374/4. The treatments for both experiments were the same, consisting of five N doses (3, 7, 11, 15 and 19 mmol.L⁻¹) in combination with five K doses (3, 5, 7, 9 and 11 mmol.L⁻¹) in a 5 x 5 factorial scheme, totalizing 25 treatments and three replicates composed of two seedlings. The experimental design was completely randomized. In the first experiment (Rust), we observed a significant interaction between N and K for the area under the severity progress curve (AUDCPS) and dry weight of the leaves. There was no isolated or combined influence of N and K over the studied ecophysiological variables (Chlorophylls a, b and total and photosynthesis). In the second experiment (Halo blight), we observed significant difference only for N in AUDCPS, total dry matter and chlorophylls a, b and total. There was a significant positive correlation for chlorophylls a, b and total with N and the AUDPCS.

Keywords: *Coffea arabica*. *Hemileia vastatrix*. Epidemiology. *Pseudomonas syringae* pv. *garcae*. Mineral nutrition.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Curva de progresso da severidade (%) da ferrugem do cafeeiro, ao longo do tempo 33
- Figura 2 Área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) do cafeeiro (*Coffea arabica*) em função das doses de N e K em solução nutritiva 35
- Figura 3 Matéria seca (folhas) das mudas de cafeeiro (*Coffea arabica*) em função das doses de N e K em solução nutritiva 37
- Figura 4 Curva de progresso da incidência (%) da mancha aureolada (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*) do cafeeiro, ao longo do tempo 40
- Figura 5 Área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) de *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica*) em função das doses de nitrogênio em solução nutritiva .. 42
- Figura 6 Produção da matéria seca total (●), da raiz (⊙), do caule (▼) e da folha (△) em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica*) em função das doses de nitrogênio em solução nutritiva 44
- Figura 7 Teor de clorofila total em folhas de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica*), em função das doses de nitrogênio em solução nutritiva.. 46

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Correlação entre variáveis ecofisiológicas e nitrogênio, potássio, área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) e matéria seca da ferrugem do cafeeiro 39
- Tabela 2 Correlação entre fotossíntese e teores de clorofila como nitrogênio, potássio e área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) da mancha aureolada 47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Ferrugem (<i>Hemileia vastatrix</i>) e mancha aureolada (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>garcae</i>) do cafeeiro	14
2.2	Nutrição mineral de plantas	17
2.3	Nitrogênio	18
2.4	Potássio	22
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	Área de estudo e tratamentos	25
3.2	Obtenção de mudas de cafeeiro	25
3.3	Avaliação da intensidade da ferrugem (<i>Hemileia vastatrix</i>): obtenção de Inóculo e Inoculação	27
3.3.1	Avaliações	27
3.4	Avaliação da intensidade da mancha aureolada (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>garcae</i>): obtenção do Inóculo e Inoculação	28
3.4.1	Avaliações	28
3.5	Variáveis analisadas em ambos os ensaios: área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD)	29
3.5.1	Fotossíntese e teor de Clorofilas	29
3.5.2	Matéria Seca	30
3.6	Análise estatística	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1	Avaliação da intensidade da ferrugem (<i>Hemileia vastatrix</i>): área Abaixo da Curva de Progresso da Doença	32
4.1.1	Matéria Seca das Mudas de Cafeeiro	37
4.1.2	Clorofila e Fotossíntese	38
4.2	Avaliação da intensidade da mancha aureolada (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>garcae</i>): área Abaixo da Curva de Progresso da Doença	39
4.2.1	Matéria Seca	43
4.2.2	Clorofila e Fotossíntese	45
5	CONCLUSÕES	48
	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

O café é o segundo produto mais comercializado no mundo, sendo responsável por empregar grande quantidade de mão de obra e gerar renda para os municípios produtores. O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café (*Coffea arabica* L.), sendo o estado de Minas Gerais responsável por, aproximadamente, 52% da produção nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2014). No entanto, a atividade cafeeira é afetada por fatores bióticos e abióticos, responsáveis por reduzir a produtividade da lavoura e a qualidade da bebida, acarretando redução da renda da comunidade envolvida nesse agroecossistema.

As deficiências nutricionais, o manejo inadequado da cultura, as geadas, as pragas e as doenças, entre outros fatores, são as principais fontes de perdas nas lavouras. Entre as doenças, destacam-se a ferrugem e a mancha aureolada do cafeeiro, cujos agentes etiológicos são o fungo *Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome e a bactéria *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* Young, Dye & Wilkie, respectivamente. A primeira destaca-se como a principal doença da cultura e está distribuída por todas as regiões produtoras no Brasil, causando perdas de até 50% na produção (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010). A bacteriose, por sua vez, é uma doença com alta capacidade destrutiva e rápida disseminação, porém poucas informações estão disponíveis atualmente (BELAN et al., 2014).

Vários são os métodos empregados no controle dessas doenças, porém os mais utilizados são o genético, o químico e o cultural. Infelizmente, mais de 90 % da área plantada no Brasil é de cultivares suscetíveis a ambas as doenças, sob manejo de alta produtividade, acarretando maior intensidade de doenças e, conseqüentemente, maior uso de pulverização com fungicidas e antibióticos (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010). Embora esses produtos possam ser usados com sucesso no controle das doenças, o emprego de moléculas de

forma contínua favorece a seleção de raças ou isolados resistentes, além disso, a população tem sido cada vez mais exigente ao solicitar a redução do emprego desses produtos e aumentar a sustentabilidade ambiental.

Os métodos culturais de manejo constituem alternativa ao controle químico, entre os quais destaca-se a adubação eficiente e equilibrada com os elementos minerais para constituir barreiras de resistência horizontais, físicas e/ou químicas. (CARRE-MISSIO et al., 2009; POZZA; POZZA, 2012b). Assim, a nutrição mineral influencia a anatomia e a composição química das células vegetais, as quais podem aumentar ou reduzir a resistência das plantas aos patógenos (MARSCHNER, 2012).

Dentre os nutrientes, destacam-se o N e o K por serem mais exigidos. A adubação nitrogenada, quando aplicada adequadamente, promove maior área foliar, maior produção de amido e outros carboidratos indispensáveis para a formação e crescimentos dos frutos (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Já o K estimula o desenvolvimento da raiz, controla a turgidez das plantas, transporte de açúcares, amido, auxilia na formação de proteínas, além de oferecer à planta maior resistência às doenças. A adubação inadequada desses nutrientes, por exemplo, excesso de N desequilibra as relações N/P e N/K, diminuindo a produção e tornando as plantas mais suscetíveis às doenças.

Na literatura, existem relatos de adubação com macro e micronutrientes na redução da intensidade de doenças em diversas culturas. Em lavouras cafeeiras, têm-se reportado estudos relacionando a nutrição mineral com a cercosporiose (GARCIA JUNIOR et al., 2003; POZZA et al., 2001), a mancha de Phoma (LIMA et al., 2010; CATARINO, 2011) e a ferrugem (SANTOS et al., 2008, TALAMINI et al., 2001). Em relação à mancha aureolada ainda não existem informações disponíveis.

A crescente demanda por cultivares de cafeeiro cada vez mais produtivos, assim como a expansão de lavouras para solos de baixa fertilidade,

exige melhor compreensão da dinâmica dos nutrientes na cultura do cafeeiro (REIS JÚNIOR; MARTINEZ, 2002). No entanto, estudar a relação entre nutrição e doenças é complexo devido à dificuldade em isolar todos os fatores. Para isso, trabalha-se o cultivo de mudas de cafeeiro em solução nutritiva a fim de isolar o efeito dos nutrientes, possibilitando o estudo da relação entre nutrição e intensidade da doença (LIMA et al., 2010).

Poucas são as informações sobre a relação do estado nutricional das plantas e a suscetibilidade às doenças do cafeeiro. Portanto há necessidade de realizar trabalhos para entender a relação nutrição-patógeno-hospedeiro nos patossistemas citados e, conseqüentemente, contribuir com o manejo integrado de doenças, equilibrando a nutrição da cultura.

Desenvolveu-se, este trabalho, a fim de estudar a interação de doses de nitrogênio e de potássio na incidência e na severidade da ferrugem alaranjada (*Hemileia vastatrix*) e da mancha aureolada (*P. s. pv. garcae*), em mudas de cafeeiro cultivadas em solução nutritiva.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e mancha aureolada (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*) do cafeeiro

a) Ferrugem

O fungo *H. vastatrix* é parasita obrigatório e ocorre em várias espécies do gênero *Coffea* (KROHLING et al., 2010). A sua presença foi identificada pela primeira vez em 1861, na África e, em 1970, a ferrugem foi detectada no Brasil, no estado da Bahia.

Dentre as condições favoráveis para a penetração e a germinação do uredósporo de *H. vastatrix* na folha, a temperatura é considerada fator limitante, sendo ótima entre 22 e 23°C (CARVALHO; CUNHA; CHALFOUN, 2002; GUZO, 2004; MATIELLO; ALMEIDA, 2006). Além da temperatura, a presença de água na superfície foliar favorece a germinação dos esporos (NUTMAN; ROBERTS, 1963). A infecção por *H. vastatrix* manifesta-se por meio dos sinais, as pústulas (uredósporos) de cor laranja na face abaxial das folhas do cafeeiro (RIJO; RODRIGUES, 1978). Já o vento e a chuva são responsáveis principalmente por disseminar os uredósporos no campo, causando as epidemias.

As perdas devido à ferrugem podem atingir 50% da produção do cafeeiro e os danos causados são principalmente de forma indireta, devido à desfolha. A queda precoce das folhas resulta em menor vingamento da florada, dos chumbinhos e também a ocorrência de seca nos ramos plagiotrópicos, levando à baixa produção no ano seguinte, afetando a qualidade da bebida e, conseqüentemente, tornando a lavoura gradativamente antieconômica (FERNANDES et al., 2013).

Em relação à nutrição e sua influência no progresso da ferrugem poucas são as informações disponíveis. Santos et al. (2008) avaliaram o efeito da adubação orgânica na intensidade da doença e observaram maior progresso da doença com a fonte de palha de café, a qual eleva os teores de K e reduz o Ca e Mg nas folhas. Carvalho et al. (1996) correlacionaram teores de N, K e B foliares com o progresso da ferrugem. Os teores de N e K das folhas influenciaram a incidência da doença, o mesmo não ocorreu com os teores de B. Baixas concentrações de K proporcionaram sua maior incidência.

O manejo da ferrugem em cultivares suscetíveis envolve principalmente o uso de fungicidas protetores cúpricos e sistêmicos do grupo dos triazóis, isoladamente ou em mistura com as estrobilurinas, podendo ser alternado com produtos do grupo dos cúpricos (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010). Porém, o uso de métodos alternativos vem sendo desenvolvido, e dentre esses, destacam-se o controle biológico, a resistência vertical e o incremento de barreiras de resistência horizontal com a nutrição mineral.

b) Mancha Aureolada

A mancha aureolada do cafeeiro tem sido relatada no Quênia, Etiópia, Uganda e na China. No Brasil foi relatada pela primeira vez em 1995, no estado de São Paulo, posteriormente em Minas Gerais e Paraná (AMARAL; TEIXEIRA; PINHEIRO, 1956; KIMURA; ROBBS; FERRARI, 1956; MOHAN et al., 1976). Atualmente, a doença é considerada importante nas regiões produtoras de café do País, sendo evidenciado o aumento da intensidade em viveiros e lavouras, devido a sua rápida disseminação e difícil manejo (ROGRIGUES et al., 2013).

O agente etiológico da doença é *Pseudomonas. syringae. pv. garcae*, bactéria gram-negativa, aeróbia estrita, cujas células têm formato de bastonete e são movimentadas por vários flagelos polares, com medidas de 0,5 a 1,0 µm de

diâmetro e de 1,5 a 5,0 μm de comprimento. Os sintomas causados por *P. s. pv. garcae* podem ocorrer em folhas, ramos, rosetas e frutos do cafeeiro (COSTA; SILVA, 1960; GODOY; BERGAMIN FILHO; SALGADO, 1997; POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010; RODRIGUES et al., 2013). Em folhas, ocorre o desenvolvimento de halo amarelado ao redor das lesões e o progresso dos sintomas acarreta em seca do tecido, atingindo em alguns casos, cerca de 50% da folha.

Em mudas nos viveiros, o adensamento, as irrigações constantes, o excesso de N e a não utilização de fontes de Ca e Mg, proporcionam condições e ambiente favorável para a disseminação do patógeno e a epidemia da doença (ROMEIRO, 2005). No campo, a disseminação ocorre principalmente por ação de respingos de chuva, vento e ferimentos (curta distância) ou por mudas infectadas e/ou maquinaria contaminada (longa distância).

O manejo da mancha aureolada tem se tornado necessário devido às perdas e conseqüente aumento no custo de produção, por causa da aplicação de defensivos na tentativa de conter o progresso da doença. Dentre os métodos empregados no controle da mancha aureolada, destacam-se as técnicas culturais. Rodrigues et al. (2013) verificaram a importância do equilíbrio nutricional, principalmente no estágio de desenvolvimento inicial para favorecer o vigor das mudas. Porém, elevadas doses de N podem beneficiar o porte das plantas, sendo confundido com vigor. A aplicação de altas doses de N, sem a presença de Ca, como ocorre comumente nos viveiros, diminui a concentração de lignina nos tecidos, além de favorecer a produção de açúcares na superfície foliar. Essas alterações, somadas à presença de água na folha compõem a combinação ideal para epidemias de etiologia bacteriana (AMARAL; TEIXEIRA; PINHEIRO, 1956).

2.2 Nutrição mineral de plantas

A nutrição mineral de plantas é importante por manter a produtividade dos cultivos, sendo necessário aplicar periodicamente fertilizantes, a fim de repor os nutrientes lixiviados, além dos extraídos na colheita (MARSCHNER, 2012). Além disso, a nutrição mineral é importante nas condições fitossanitárias dos cultivos e no manejo das doenças (TAIZ; ZEIGER, 2013), devido à contribuição do estado nutricional da planta na determinação da resistência ou suscetibilidade da cultivar, assim como a virulência do patógeno (HUBER, 1997).

Os nutrientes conferem níveis de resistência às plantas (HUBER; WILHEM, 1998). Em condições de nutrição equilibrada, as plantas produzem substâncias fenólicas e flavonóides nas células epidérmicas com propriedades antifúngicas, aumentando a taxa de difusão e composição dos exsudatos citoplasmáticos ao exterior, além de barreiras físicas para impedir a penetração dos patógenos, entre outros (EPSTEIN; BLOOM, 2006). As condições de desequilíbrio dos nutrientes minerais acarretam células epidérmicas e cutículas mais finas, parede celular com menor espessura, menor suberização e lignificação, acúmulo de compostos orgânicos de baixo peso molecular como glicose, sacarose e alguns aminoácidos (PERRENOUD, 1990). Assim, a carência dos nutrientes necessários para sintetizar compostos químicos e barreiras físicas, ao redor do ponto de infecção, pode resultar em suscetibilidade do hospedeiro (MARSCHNER, 2012).

As relações entre a nutrição da planta e as doenças foram estudadas em diferentes culturas, (HUBER, 1997), tanto com patógenos do solo, quanto da parte aérea (ZEHR, 1996), demonstrando-se o efeito dos nutrientes nas funções metabólicas das plantas, devido a estes estarem envolvidos em quase todos os mecanismos de defesa, resultando na produção de substâncias repelentes ou

inibidoras como as fitoalexinas, compostos de resistência das plantas (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

A nutrição mineral é um fator ambiental capaz de ser manipulado com certa facilidade para o controle das doenças. No entanto, torna-se necessário o conhecimento do efeito desses na intensidade da doença, devido às alterações nas propriedades histológicas e citológicas da planta e, conseqüentemente, no processo de patogênese (MARSCHNER, 2012; POZZA; POZZA, 2012a). Dentre as técnicas empregadas no estudo da eficiência nutricional, o uso de solução nutritiva destaca-se quando existe a necessidade de isolar o efeito de determinado nutriente como o N e o K. Plantas em solução nutritiva são nutridas por meio de solução aquosa com todos os elementos essenciais ao crescimento em quantidades e proporções definidas (MARTINEZ; SILVA FILHO, 2006). Embora a validade e a aplicabilidade dos resultados sejam limitadas, as técnicas com solução nutritiva apresentam satisfatória eficiência, e trazem como vantagens a possibilidade de controlar as condições de crescimento das plantas, assim como estudar o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular.

Entre os macronutrientes necessários para o bom crescimento e desenvolvimento das mudas de cafeeiro, o N e o K assumem papel essencial por serem os mais exigidos, além de exercerem funções em vários processos bioquímicos e fisiológicos nas plantas.

2.3 Nitrogênio

No cafeeiro, o nitrogênio (N) é o nutriente mineral de maior exigência (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Em torno de 80% do N absorvido é utilizado na formação de proteínas, 10% em ácidos nucleicos, 5% em aminoácidos solúveis e o restante para compostos envolvidos na formação de reguladores de crescimento, fitoalexinas e fenóis (CHAVES, 2006).

A alta concentração de nitrogênio torna mais fina as células epidérmicas e a cutícula, além de reduzir a produção de compostos fenólicos (fungistáticos) e de lignina das folhas, possibilitando ao patógeno penetrar com maior facilidade no hospedeiro, principalmente por via direta, através da cutícula. O N aumenta também a concentração de açúcares, aminoácidos e de amidas no apoplasto e na superfície foliar, capazes de influenciar a germinação dos conídios, e o crescimento do tubo germinativo (MARSCHNER, 2012). Contrariamente, plantas adubadas com doses equilibradas de N apresentam melhor resposta contra patógenos, por terem concentrações adequadas de compostos relacionados à defesa.

No caso de patógenos obrigatórios como *Pseudomonas syringae* pv, *tomato*, *Ustilago maydis*, *Puccinia graminis*, *Erysiphe graminis* e *Oidium lycopersicum*, observou-se aumento da suscetibilidade quando as plantas cresceram com elevadas doses de N (HOFFLAND; JEGGER; VAN BEUSICHEM, 2000). Aliás, estudos com cereais e outros cultivos têm evidenciado a influência de elevadas doses de N no aumento de doenças associadas a patógenos biotróficos, particularmente *Puccinias* pp, agente etiológico de ferrugens (PALTI, 1981) e outros como *H. vastatrix* (WALLER; BIGGER; HILLOCKS, 2007). Por outro lado, a adubação nitrogenada favoreceu as atividades metabólicas e de síntese das células hospedeiras aumentando a resistência aos parasitas facultativos, os quais preferem tecidos senescentes. Desse modo, verificou-se menor severidade de doenças, cujos agentes etiológicos foram *Alternaria*, *Fusarium* e *Xanthomonas*, quando fornecidos altos níveis de N (DORDAS, 2008).

Para o cafeeiro, alguns trabalhos em solução nutritiva e no campo, avaliaram o efeito da adubação com N na intensidade de algumas doenças da cultura (CARVALHO et al., 1996; FERNANDEZ; LÓPEZ, 1971;

FIGUEIREDO; HIROCE; OLIVEIRA, 1976; LIMA et al., 2010; MUTAPPA; RAJENDRAN, 1978; POZZA et al., 2001; SANTOS et al., 2008).

Na Colômbia, Fernandez e López (1971) avaliaram o efeito de nutrientes na incidência da mancha de olho pardo (*Cercospora coffeicola*), em frutos de plantas de cafeeiro da cultivar Caturra. Foi aplicado fertilizante de fórmula 12-12-17 em quantidades de 0, 60, 120 e 180 g.planta⁻¹, resultando em porcentagens de infecção de 32,8; 13,7; 10,4 e 4,4 %. Ou seja, como aumento da concentração de N associada com outros macronutrientes, houve redução na incidência de *C. coffeicola* em frutos de cafeeiro. Porém, os autores não isolaram o efeito dos demais nutrientes da fórmula aplicada.

Também no campo, Carvalho et al. (1996) estudaram o progresso da ferrugem do cafeeiro e sua relação com os teores de N, K e B das folhas em plantas da cultivar Mundo Novo LCP-19 com oito anos de idade, as quais sofreram desbaste total dos frutos, e em três estádios de desenvolvimento dos mesmos. A adubação foi feita aplicando-se 160 g de N, 40 g de P₂O₅ e 160 g de K₂O por cova. Os autores observaram tendência de menores teores de N foliar nas plantas com maiores porcentagens da doença, passando de 47,89 para 55,39% de ferrugem nos teores 2,88 e 3,0% de N, respectivamente. Os resultados da correlação entre o teor de N das folhas e a porcentagem de folhas com ferrugem apresentou relação inversa entre essas variáveis. No entanto, os autores não variaram as doses de nutrientes aplicados no solo.

Para a incidência da ferrugem, em solução nutritiva, Figueiredo, Hiroce e Oliveira (1976) avaliaram o efeito do N em quantidades equilibradas (N P K), comparado com os tratamentos com três vezes a dose de N e omissão de N, com P e K na incidência da ferrugem em cafeeiro. Os tratamentos com omissão de N apresentaram maior porcentagem de folhas com pústulas de ferrugem (61%), associadas a 127 pústulas por folha e 1,03 pústulas por cm². Contudo, os autores avaliaram o efeito combinado do N e K em uma única dose.

Para *C. coffeicola*, Pozza et al. (2001) avaliaram o efeito da interação da nutrição nitrogenada e potássica na incidência e na severidade de *C. coffeicola*, em mudas de cafeeiro em solução nutritiva. Os tratamentos consistiram de quatro doses de N (3, 7, 11 e 15 mmol.L⁻¹), combinadas com quatro de K (3, 5, 7 e 9 mmol.L⁻¹). De acordo com os resultados, as doses de N e K estudadas não influenciaram a área abaixo da curva de progresso do número de folhas lesionadas (AACPF), portanto não houve interferência significativa na incidência da mancha de olho pardo. Porém, a área abaixo da curva de progresso do número de lesões por folha (AACPLPF) diminuiu com o aumento das doses de N, com menor valor (269) observado para a dose 11,69 mmol.L⁻¹ de N com a menor de K (3 mmol.L⁻¹). A partir dessa dose de N, observou-se aumento na AACPLPF. Com relação à desfolha, encontraram-se valores próximos a 50% na maior dose de K (9 mmol.L⁻¹), combinada com a menor de N (3 mmol.L⁻¹).

Para outra doença do cafeeiro em solução nutritiva, a mancha de Phoma, a relação nitrogênio/potássio e a nutrição de mudas de cafeeiro foi estudada por Lima et al. (2010). O trabalho consistiu em avaliar a interação de doses de N/K, fornecidos via raiz, na intensidade da doença. Para isso, os tratamentos utilizados consistiram de 5 doses de N (3, 7, 11, 15 e 19 mmol.L⁻¹) combinados com 5 doses de K (4, 5, 6, 7 e 8 mmol.L⁻¹). O incremento das doses de N e K na solução nutritiva influenciou, significativamente e de forma independente, tanto a incidência quanto a severidade da doença. Assim, com o aumento das doses de N, verificou-se aumento de 34,8% para incidência e 34,3% para severidade, da menor (3 mmol.L⁻¹) para a maior dose (19 mmol.L⁻¹). Em relação ao potássio, observou-se redução com o aumento da concentração, até certa dose, a partir da qual houve aumento na intensidade da doença, sendo obtidas as menores incidência e severidade com a dose de 6,59 mmol.L⁻¹ e 6,57 mmol.L⁻¹, respectivamente.

Assim, de acordo com a literatura, a suscetibilidade às doenças depende da disponibilidade de N, sendo essa relação específica para determinado patógeno e hospedeiro.

2.4 Potássio

O potássio é absorvido pelas raízes na forma de K^+ , por fluxo de massa, sendo o processo essencialmente ativo. Esse nutriente tem ação fundamental no metabolismo vegetal por exercer papel fundamental na fotossíntese e na transformação da energia luminosa em energia química. É também responsável por translocar os carboidratos sintetizados no processo fotossintético, agindo como ativador de enzimas (EPSTEIN, 1975).

Dos macronutrientes citados na literatura, o K é considerado um dos nutrientes de maior efeito benéfico para a sanidade da maioria das espécies vegetais (PERRENOUD, 1990; PINHEIRO et al., 2011). O K apresenta consistentes resultados positivos na redução da incidência de pragas e doenças, em muitas espécies de plantas. Em quantidades equilibradas aumenta a espessura da parede celular em células da epiderme, promove rigidez da estrutura dos tecidos e regula a abertura e o fechamento dos estômatos, além de contribuir para recuperar tecidos injuriados (HUBER; ARNY, 1985; MARSCHNER, 2012). No caso dos patógenos biotróficos como as ferrugens, pode ajudar a recuperar os tecidos colonizados, após o término da infecção, por aplicações de fungicidas curativos (PINHEIRO et al., 2011).

A deficiência de K provoca acúmulo de aminoácidos solúveis e aumento no teor de glutamina, favorecendo a germinação de esporos, como verificado para *Pyricularia grisea*, agente etiológico da brusone do arroz (GRAHAM, 1983). A glutamina também retarda a cicatrização das lesões, favorecendo a penetração dos patógenos. A perda do turgor celular é outro efeito de plantas

deficientes em K, e essa perda facilita a penetração tanto de fungos como de insetos, devido à alteração dessa barreira física. Sendo assim, o K tem ação bem definida na resistência às doenças causadas tanto por patógenos obrigatórios como facultativos.

Para o cafeeiro, alguns trabalhos em solução nutritiva e no campo, avaliaram o efeito da adubação com K, na intensidade de algumas doenças da cultura (CRUZ FILHO; CHAVES, 1973, MORAES; CERVELINI; GALLO, 1974, MUTHAPPA; RAJENDRAN, 1978, RENGIFO; LEGUIZAMÓN; RIANO, 2006).

Cruz Filho e Chaves (1973), estudando a influência da adubação com e sem macronutrientes (N P K), inclusive o K, associados a micronutrientes (Fritted trace elements[®]) na incidência da ferrugem, em mudas de cafeeiro cultivadas em vasos plásticos, não observaram efeito significativo entre os tratamentos para a incidência da ferrugem.

Já Moraes, Cervelini e Gallo (1974), no campo, avaliaram a influência de diferentes níveis de adubação, 0 e 2 (nível equilibrado e o dobro, respectivamente) dos elementos N, K e P e 0 e 1 dos micronutrientes B e Zn na ferrugem do cafeeiro. Houve diferença significativa e positiva na incidência (47,8 %) nos tratamentos com a maior dose de K (K₂) e também na interação do K com o P (P₀K₂), com incidência de (51,2 %).

Também no campo, Custódio (2011) avaliou o efeito de doses de potássio e de cálcio no progresso da ferrugem no campo. Segundo o autor, o menor progresso da ferrugem (5150,09) foi obtido na dose mediana de cálcio (2 t.ha⁻¹), associada à dose máxima de potássio (400 kg.ha⁻¹), reafirmando a necessidade de equilíbrio entre os nutrientes.

Em solução nutritiva, Garcia Junior et al. (2003) avaliaram o efeito de diferentes doses de potássio (1, 3, 5 e 7 mmol.L⁻¹) e de cálcio (2, 4, 6 e 8 mmol.L⁻¹) na incidência e na severidade de cercosporiose em mudas de cafeeiro

da cv Mundo Novo IAC 379-19. As áreas abaixo da curva de progresso do número total de folhas (AACPTF), incidência (AACPI) e total de lesões (AACPTL), assim como a porcentagem de área foliar lesionada (AFL%) foram significativamente influenciadas ao incrementar as doses de K e ao combinar os dois nutrientes. Para AACPTF houve aumento em todas as doses de K, com exceção da dose 1 mmol.L⁻¹ e com o incremento das doses de Ca. A maior AACPTF (1366,64) foi obtida com a dose 4,07 mmol.L⁻¹ de K e 6 mmol.L⁻¹ de Ca. A menor AACPI (14,6) foi obtida com a dose 4 mmol.L⁻¹ de K e decresceu linearmente com o aumento das doses de Ca. A menor AACPTL (213,25) foi obtida com as doses 7 mmol.L⁻¹ de K e 6,35 mmol.L⁻¹ de K e menor (AFL% = 0,48), obtida com as doses de 7 mmol.L⁻¹ de K e 6,18 mmol.L⁻¹ de Ca. Pinheiro et al. (2011), ao estudarem o efeito do K e do Ca, em solução nutritiva, na severidade da ferrugem da soja, também confirmaram a hipótese de equilíbrio nutricional. Os autores observaram o comportamento da doença após as plantas serem tratadas com cinco doses de K (4, 5, 6, 7 e 8 mmol.L⁻¹), combinadas com cinco de Ca (3, 5, 7, 9 e 11 mmol.L⁻¹). A menor área abaixo da curva de progresso da doença (AACPS) foi observada na combinação das doses de 8 e 11 mmol.L⁻¹ de K e Ca, enquanto a maior AACPS foi observada nas doses de 4 e 5 mmol.L⁻¹ de K e Ca. A interação Ca-K influenciou na redução da severidade da ferrugem da soja com a elevação do suprimento de Ca e com as maiores doses de K.

Os resultados obtidos para as variáveis avaliadas confirmam a importância de nutrir a planta adequadamente com esse nutriente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo e tratamentos

Dois experimentos foram realizados, um em casa de vegetação e o outro em câmara de crescimento para avaliar a intensidade da ferrugem e da mancha aureolada, respectivamente. Ambos os ensaios foram conduzidos no Departamento de Fitopatologia (DFP), da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Os tratamentos para os dois experimentos foram os mesmos, sendo testadas cinco doses de N (3, 7, 11, 15 e 19 mmol.L⁻¹) combinadas com cinco doses de K (3, 5, 7, 9 e 11 mmol.L⁻¹), em esquema fatorial 5 x 5 de análise de variância, totalizando assim 25 tratamentos e três repetições, sendo cada repetição composta por duas mudas, em vasos de 5 litros. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado.

As soluções nutritivas foram calculadas a partir da solução básica de Hoagland e Arnon (1950) e as doses de N e K balanceadas. As fontes utilizadas de macronutrientes foram: NH₄NO₃; Ca(NO₃)₂.4H₂O; KNO₃; KCl; KH₂PO₄; MgSO₄.7H₂O e CaCl₂.6H₂O. Os micronutrientes empregados para compor a solução estoque foram: H₃BO₃ (2,8 mg.L⁻¹); ZnSO₄.7H₂O (0,22 mg.L⁻¹); MnSO₄.4H₂O (3 mg.L⁻¹); CuSO₄.5H₂O (0,08 mg.L⁻¹); H₂MoO₄.H₂O (0,02 mg.L⁻¹) e 1ml/L de Solução Fe-EDTA. Foi utilizado 1 mg.L⁻¹ dessa solução estoque.

3.2 Obtenção de mudas de cafeeiro

Sementes de cafeeiro da cultivar Mundo Novo 374/4 foram lavadas com água de torneira, desinfestadas com álcool 50% por 50 segundos, transferidas

para hipoclorito de sódio 1% por um minuto e enxaguadas, em seguida, com água destilada esterilizada. Após esse procedimento, as sementes foram semeadas em bandejas plásticas contendo areia lavada. Após a emissão do par de folhas cotiledonares, as mudas foram regadas com solução básica de Hoagland e Arnon a 20% da força iônica. A adubação com essa solução foi repetida a cada dez dias até as mudas emitirem o primeiro par de folhas definitivas.

Após 20 dias da primeira adubação, as mudas foram transferidas para recipientes com capacidade de 5 litros contendo solução básica de Hoagland e Arnon, a 50% da força iônica, sob aeração contínua, realizada por um compressor e mangueiras. Nessa solução, as mudas permaneceram por mais 20 dias, para o processo de aclimação.

Após esse período, selecionaram-se mudas de acordo com a uniformidade de tamanho e essas foram transferidas para recipientes de plástico com capacidade de 5 litros, contendo a solução de Hoagland e Arnon completa, com os tratamentos especificados anteriormente. A aeração da solução foi de forma contínua por compressor de ar conectado aos recipientes por mangueiras. O pH da solução foi monitorado semanalmente com pHmetro digital, mantendo-o entre 5,0 e 5,5 adicionando, quando necessário HCl ou NaOH, ambos a 0,1 mol.L⁻¹. Quando necessário, o volume dos vasos foi completado com água deionizada.

As variáveis ambientais foram monitoradas por meio de termohigrógrafo (temperatura máxima, média e mínima e umidade relativa do ar), localizado em abrigo meteorológico nas bancadas onde foram montados os experimentos.

3.3 Avaliação da intensidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix*): obtenção de Inóculo e Inoculação

O patógeno foi obtido de folhas infectadas no campo. As folhas foram submetidas à câmara úmida, por 24 horas. Após esse período, lavaram-se com água deionizada e com auxílio de um pincel foi raspada a superfície foliar de modo a coletar os uredósporos. Essa suspensão foi calibrada em hemacitômetro na concentração de $1,0 \times 10^5$ uredósporos.mL⁻¹ e inoculada com atomizador na face abaxial dos dois primeiros pares de folhas de cafeeiro até o ponto de escorrimento. Após a inoculação, os vasos foram cobertos com saco plástico, por 72 horas, para constituir câmara úmida (CRUZ FILHO; CHAVES, 1973).

3.3.1 Avaliações

Quando os primeiros sinais da doença foram observados, iniciou-se a avaliação da doença. Realizaram-se sete avaliações da intensidade da ferrugem nas folhas do cafeeiro, em intervalos de sete dias. A incidência (I) foi avaliada a partir do número de folhas com lesão sobre o número total de folhas avaliadas por planta, empregando-se a equação 1:

$$I (\%) = (Nf/Nt) \times 100 \quad (1)$$

Em que:

Nf: número de folhas lesionadas

Nt: número total de folhas avaliadas do hospedeiro

A severidade foi avaliada utilizando-se escala de notas, a qual variou de 1 a 6, sendo: 1 – de 0 a 3% de severidade; 2 – de 3 a 6% de severidade; 3 – de 6

a 12% de severidade; 4 – de 12 a 25% de severidade; 5 – de 25 a 50% de severidade; 6 – mais de 50% de severidade (CUNHA et al., 2001).

Com os resultados referentes aos índices médios de severidade para ferrugem, plotaram-se gráficos da curva de progresso da doença, durante o período de avaliação.

3.4 Avaliação da intensidade da mancha aureolada (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*): obtenção do Inóculo e Inoculação

Foi utilizado um isolado de referência de *P. syringae* pv. *garcae* ou chepatotype (CFPB1634), para implantar o experimento. Colônias da bactéria foram repicadas em tubos de ensaio contendo meio MB1. Após 48 horas, foi preparada a suspensão bacteriana em solução salina (NaCl a 0,85%) estéril, ajustada a $1,1 \times 10^9$ UFC.mL⁻¹ em espectrofotômetro a 600 nm (OD₆₀₀).

A inoculação foi efetuada após 24 horas de câmara úmida, obtidas por meio de sacos plásticos transparentes umedecidos. Decorridas as 24 horas, a suspensão bacteriana foi inoculada com atomizador sobre a face abaxial das folhas até o ponto de escorrimento. Após a inoculação, as plantas foram mantidas por mais 48 horas em câmara úmida para gerar as condições adequadas para a bactéria penetrar (BELAN et al., 2013). A umidade na câmara climatizada foi mantida com nebulizadores acima de 70% e temperatura de $23 \pm 3^\circ\text{C}$.

3.4.1 Avaliações

Após cinco dias, quando se observou o aparecimento dos sintomas, avaliaram-se três pares de folhas, novos e completamente desenvolvidos, totalizando seis folhas por muda, por um período de 10 dias. A incidência foi estimada diariamente (equação 1) e a severidade avaliada a cada dois dias,

utilizando-se a escala proposta por Belan et al. (2014), sendo: 1 – de 0 a 0.99% de severidade; 2 – de 1.0 a 2.0% de severidade; 3 – de 2.01 a 4.0% de severidade; 4 – de 4.01 a 8.0% de severidade; 5 – de 8.01 a 16.0% de severidade; 6 – de 16.01 a 25.0% de severidade; 7 – de 25.01 a 45.0 % de severidade e 8 – > 45.1 %.

3.5 Variáveis analisadas em ambos os ensaios: área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD)

Calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (SHARNER; FINNEY, 1977) para incidência (AACPDI) e para severidade (AACPDS), tanto da ferrugem quanto da mancha aureolada (Equação 2).

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

Em que:

AACPD = área abaixo da curva de progresso da doença;

Y_i = proporção de doença na i -ésima observação;

T_i = tempo, em dias, na i -ésima observação;

n = número total de observações

3.5.1 Fotossíntese e teor de Clorofilas

A avaliação da fotossíntese foi realizada utilizando-se o (IRGA), analisador de gás por infravermelho (LI-6400XT Portable Photosynthesis System, LI-COR, Lincoln, USA). As leituras foram feitas com fonte de radiação

fotossinteticamente ativa (PAR), em câmara fechada, fixada em 600 μmol de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Blue + Red LED LI-6400-02B, LI-COR, Lincoln, USA).

O teor de clorofila foi calculado indiretamente, a partir das leituras feitas com o medidor portátil de clorofila SPAD-502[®] (*Soil Plant Analysis Development*). Foi utilizada uma curva padrão, com folhas de cafeeiro com diferentes tons de verde. A concentração de clorofila a foi obtida através da fórmula $((0,0008 \times A_{663} - 0,0053 \times A_{645}) \times 1000 \text{ MF})$, a clorofila b por $(0,0004 \times A_{663} - 0,0032 \times A_{645}) \times 1000 \text{ MF}$ e a clorofila total calculada a partir da somatório da clorofila a + b.

Para o experimento I (ferrugem), dez dias após a inoculação de *H. vastatrix*, foram realizadas leituras com SPAD e com o IRGA (Infrared Gas Analyze) para detectar as taxas de clorofila a, b e total, e de trocas gasosas, respectivamente, sendo realizadas seis avaliações em intervalo de sete dias (AMARANTE et al., 2007). Já para o experimento II (mancha aureolada), após quatro dias, realizaram-se duas avaliações com SPAD e IRGA, em intervalos de seis dias. As avaliações foram efetuadas em uma folha por planta do terço médio.

3.5.2 Matéria Seca

Após o término das avaliações, coletou-se a parte aérea das plantas para análise de matéria seca (experimento I e II) Para isso, foram lavadas em água destilada, acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa, a 60°C, até atingir peso constante. Após a secagem, realizou-se a pesagem das raízes, caules e folhas separadamente para determinação da matéria seca.

3.6 Análise estatística

A análise estatística dos experimentos foi realizada no programa SISVAR 5.1. Foi feita análise de variância da AACPDI e da AACPDS, da matéria seca, do teor das clorofilas a, b e total e da fotossíntese, além dos nutrientes determinados. Em seguida, as médias entre os tratamentos foram comparadas por teste F ($P < 0,05$). As variáveis quantitativas significativas nesse teste foram submetidas à análise de regressão, ajustando-se o modelo estatístico adequado para explicar o comportamento do patossistema. Quando houve interação significativa entre o N e o K, plotaram-se superfícies de resposta das variáveis no programa Sigma Plot 12.0. A correlação entre a clorofila a, b, total e a fotossíntese, com as doses de N, K e AACPS em ambos os ensaios, foram feitas no SAS[®].

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação da intensidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix*): área Abaixo da Curva de Progresso da Doença

De acordo com a curva de progresso da severidade da ferrugem (Figura 1), observou-se na dose 7 mmol.L^{-1} de N combinada com as doses de K incremento da severidade a partir do 52º dia após a inoculação, atingindo o valor máximo de 16,48% no tratamento 7 mmol.L^{-1} de N x 11 mmol.L^{-1} de K. Em contraste, as menores porcentagens de severidade da doença foram observadas na combinação de 23 mmol.L^{-1} de N em todas as combinações de K.

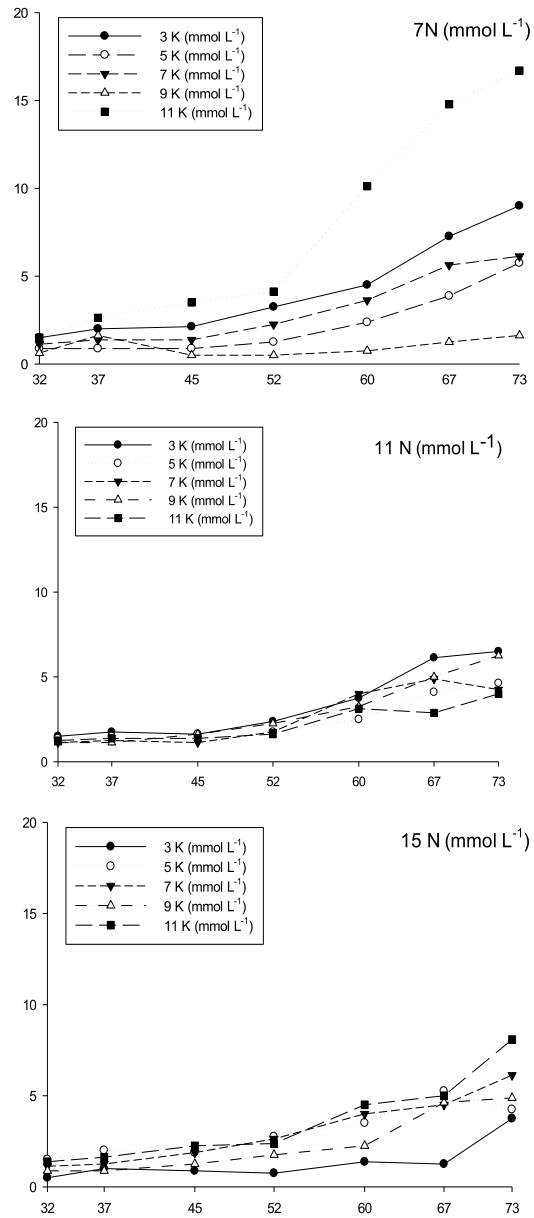
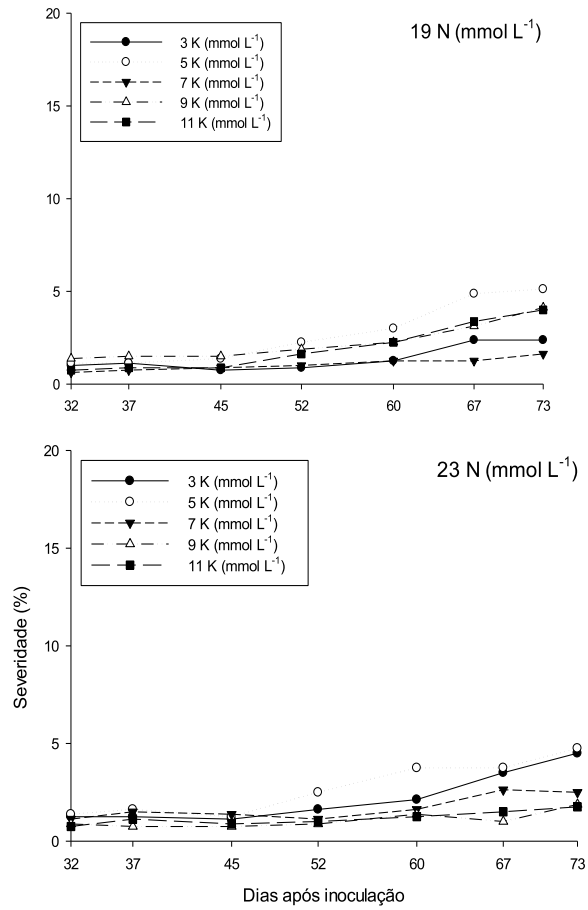


Figura 1 Curva de progresso da severidade (%) da ferrugem do cafeeiro, ao longo do tempo

(...continua...)

“Figura 1, conclusão”



Para a área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS), observou-se interação significativa entre as doses de N e K ($P < 0,05$) (Figura 2). Em geral, com o aumento das doses de N e K houve redução na AACPS.

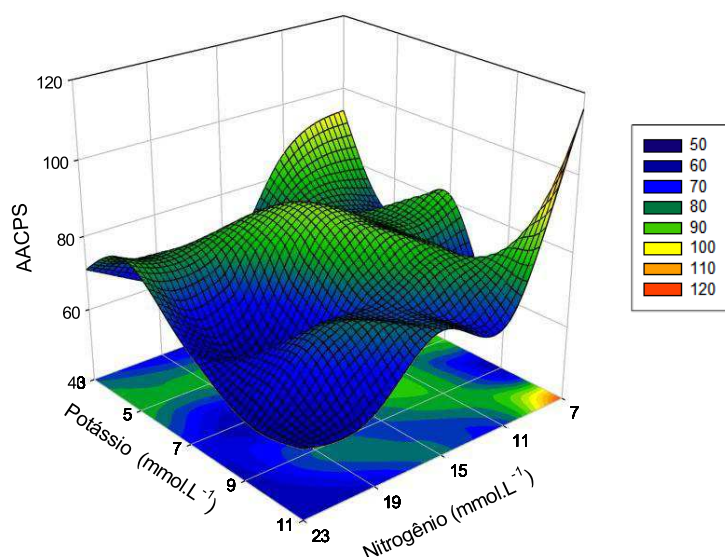


Figura 2 Área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) do cafeeiro (*Coffea arabica*) em função das doses de N e K em solução nutritiva

A menor AACPS (42,00) foi observada na combinação das doses próximas a 19 e 7 mmol.L⁻¹ de N e K, respectivamente, enquanto a maior AACPS (137,94) foi observada nas menores doses dos nutrientes, 7 e 11 mmol.L⁻¹ de N e K, respectivamente. Em outros estudos envolvendo a interação de N com K, não houve interação desses nutrientes para a AACPS. Pozza et al. (2001) avaliaram o efeito da nutrição nitrogenada e potássica na incidência e na severidade de *C. coffeicola* em mudas de cafeeiro. De acordo com os resultados, a área abaixo da curva de progresso do número de lesões por folha (AACPLPF) também diminuiu com o aumento das doses de N, concordando com os encontrados no presente trabalho. O menor valor de AACPLPF (269) foi observado na dose 11,69 mmol.L⁻¹ de N com a menor de K (3 mmol.L⁻¹). Com relação à desfolha, encontraram-se valores mínimos

próximos a 20% na maior dose de N (15 mmol.L^{-1}), combinada com a dose próxima de 5 mmol.L^{-1} .

No entanto, Lima et al. (2010) observaram aumento da intensidade da doença com maiores doses de N em solução nutritiva. Assim, com o aumento das doses de N, foi verificado aumento de 34,3% para AACPS, da menor (3 mmol.L^{-1}) para a maior dose (10 mmol.L^{-1}). Já para o potássio, observou-se redução com o aumento da concentração, até a dose $6,57 \text{ mmol.L}^{-1}$ com valor de AACPS próximo de 100, a partir dessa dose de K houve aumento na intensidade da doença.

Analisando o efeito isolado dos nutrientes sobre a AACPS, no caso do N, foi verificado neste estudo elevada AACPS da ferrugem, quando fornecido em baixas doses (7 mmol.L^{-1}), concordando com Carvalho et al. (1996), em cafeeiros com oito anos de idade adubados com fertilizante na proporção (4-1-4) de N, P e K, respectivamente). Os resultados dessa pesquisa determinaram maiores porcentagens de ferrugem (55,39%) em plantas com baixos teores foliares de N (3%), concordando com os resultados obtidos no presente trabalho. Esse aumento na intensidade da doença foi também constatado por Figueiredo, Hiroce e Oliveira (1976), pois, após a omissão do N, os autores observaram maiores porcentagens de folhas com pústulas da ferrugem nos cafeeiros (61%).

Com relação ao K, os resultados obtidos neste estudo concordam com os encontrados na literatura, sendo o aumento de K diretamente relacionado com maior resistência à doenças, nas plantas (MARSCHNER, 2012). Já Moraes, Cervelini e Gallo (1974) discordam do observado neste trabalho. Os autores observaram diferença significativa e positiva na porcentagem de incidência nas folhas dos tratamentos com a maior dose de K (K_2), em relação àqueles sem esse nutriente, ou seja, os tratamentos com altas doses de K aumentaram significativamente a porcentagem de incidência de ferrugem das folhas.

4.1.1 Matéria Seca das Mudanças de Cafeeiro

Houve interação significativa entre N e K ($P < 0,05$) para o peso seco das folhas do cafeeiro, atingindo o máximo (8,98 g) nas combinações das doses próximas a 19 mmol.L⁻¹ de N e 5 mmol.L⁻¹ de K (Figura 3).

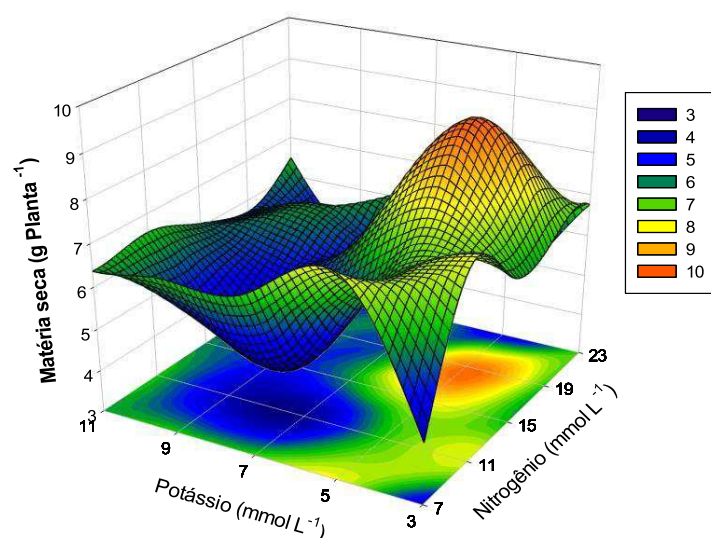


Figura 3 Matéria seca (folhas) das mudas de cafeeiro (*Coffea arabica*) em função das doses de N e K em solução nutritiva

Outros autores também observaram o incremento no peso seco total de mudas de cafeeiro, porém sem interação entre esses nutrientes.

Pozza et al. (2001) verificaram incremento significativo na produção de matéria seca total de mudas (MST) de cafeeiro de 2,2 g.planta⁻¹ para 5,0 g.planta⁻¹ com o aumento das doses de N de 3 para 15 mmol.L⁻¹, porém sem interação do K sobre esse fator. Segundo Malavolta et al. (1994) a nutrição

nitrogenada nas maiores doses, sem outros fatores limitantes é evidenciado no rápido desenvolvimento da planta, aumento do número de folhas brilhantes, e, conseqüentemente, incremento da área foliar e do peso seco das mesmas.

Em relação ao K, Garcia Júnior et al. (2003) também observaram a influência das doses de potássio na MST de mudas, a maior produção de MST (6,11 g.planta⁻¹) foi obtida com a dose de 1 mmol.L⁻¹ de K. No trabalho de Santos et al. (1994), observou-se o efeito isolado do K na produção de matéria total seca de plantas de cafeeiro, porém o resultado discordou do acima referido. Os autores constataram maior produção de MST com doses baixas próximas à omissão desse nutriente e diminuição da matéria seca para formar a muda com o aumento das doses.

De acordo com Marschner (1995) o K, quando presente em elevadas concentrações nas plantas pode interferir na translocação e na disponibilidade fisiológica de nutrientes como Mg e Ca, resultando em desordens metabólicas e, conseqüentemente, menor produção de MST.

A produção de MST também pode ser influenciada de uma cultivar para outra. Pozza et al. (2009) determinaram maior produção de MST na cultivar Mundo Novo (2,38 g), enquanto Icatu apresentou as menores produções de MST (2,01 g). Isso provavelmente ocorreu devido à cultivar Mundo Novo possuir maior porte, folhas maiores e abundantes (MATIELLO et al., 2002), podendo ter influenciado para obter diferença estatística apenas para peso seco das folhas e não para o restante da planta.

4.1.2 Clorofila e Fotossíntese

Não houve interação significativa para o N e K e também seus efeitos de forma isolada para os teores de clorofila e a fotossíntese. Além disso, não houve correlação entre as clorofilas a, b, total, fotossíntese e as doses de N, K e

AACPS. A fotossíntese mostrou correlação negativa significativa com a matéria seca das mudas de cafeeiro.

Tabela 1 Correlação entre variáveis ecofisiológicas e nitrogênio, potássio, área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) e matéria seca da ferrugem do cafeeiro

	N	K	AACPS	MS
Clorofila a	0,039ns	0,090ns	0,012ns	0,050ns
Clorofila b	0,040ns	0,089ns	0,013ns	0,051ns
Clorofila total	0,039ns	0,090ns	0,013ns	0,049ns
Fotossíntese	-0,012ns	0,045ns	0,002ns	-0,276*

Ns= não significativo * significativo a 0,05%

4.2 Avaliação da intensidade da mancha aureolada (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*): área Abaixo da Curva de Progresso da Doença

Houve aumento da doença a partir do oitavo dia após a inoculação (Figura 9). A maior incidência foi de 97,2%, obtida nas maiores concentrações dos dois nutrientes (23 mmol.L⁻¹ de N x 11 mmol.L⁻¹ de K).

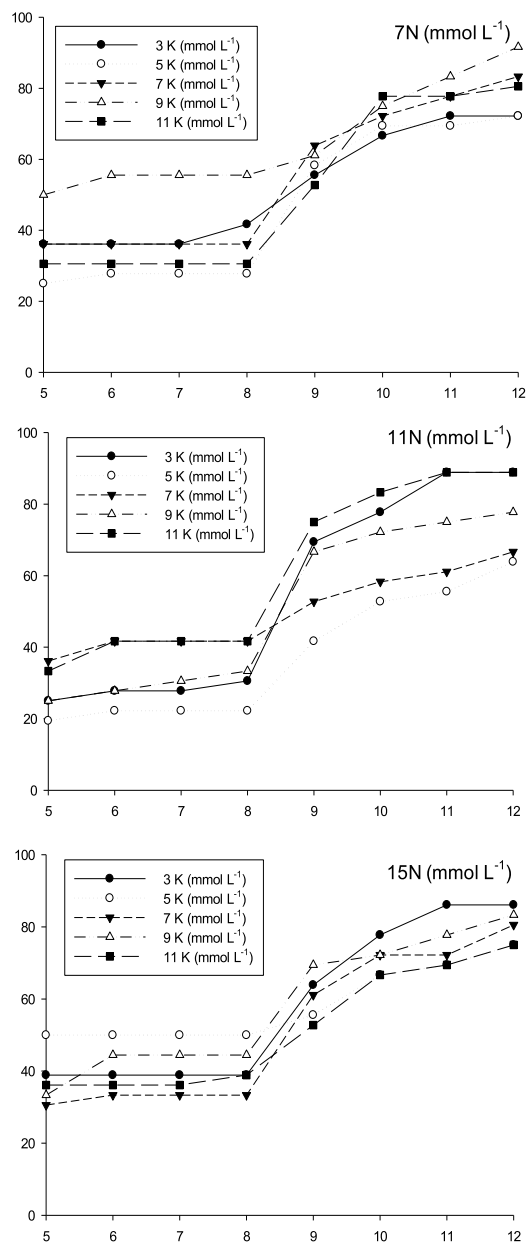
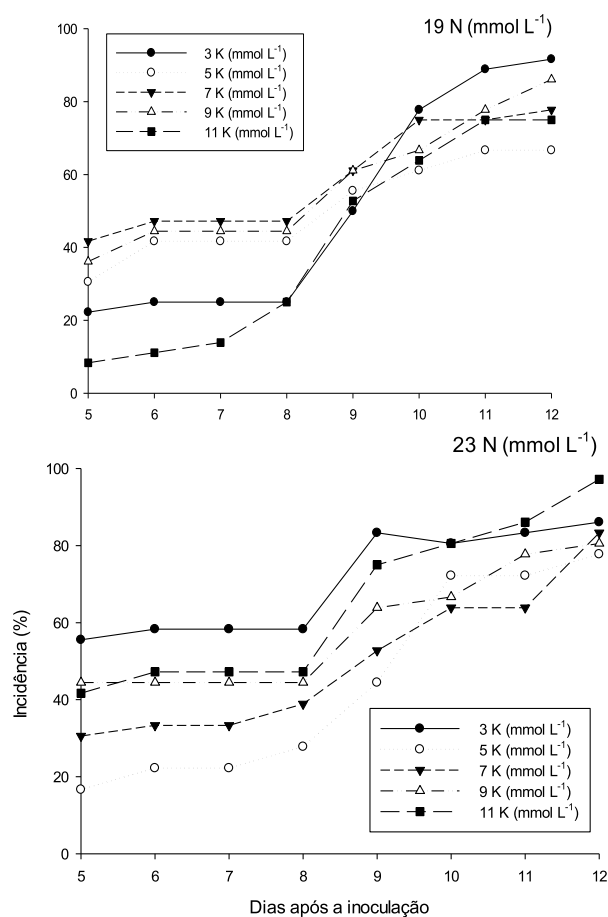


Figura 4 Curva de progresso da incidência (%) da mancha aureolada (*Pseudomonas syringae* pv *garcae*) do cafeeiro, ao longo do tempo (...continua...)

“Figura 4, conclusão”



Para a área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) a interação e o fornecimento independente das doses de N e de K não foram significativos. Já para a AACPS, as doses de N foram significativas, isoladamente. A menor AACPS (7,79) foi obtida com a dose 13,34 mmol.L⁻¹ de N. A partir dessa concentração, houve aumento quadrático da severidade da doença (Figura 8).

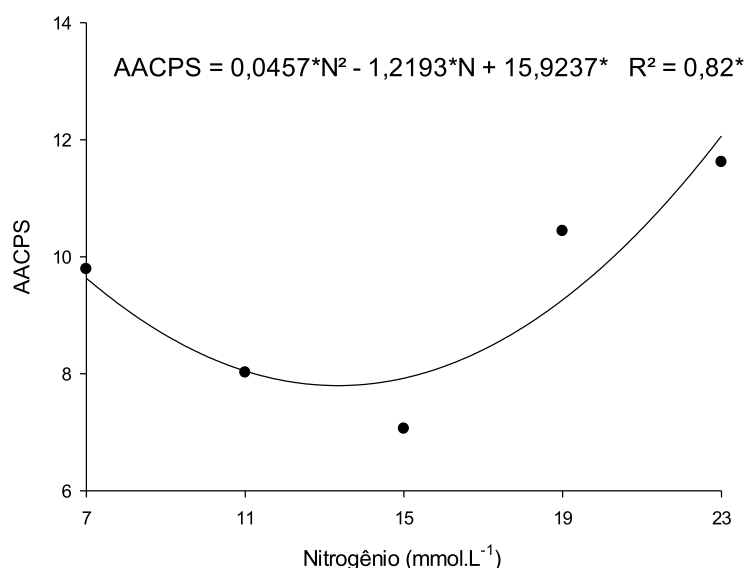


Figura 5 Área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) de *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* em mudas de café (*Coffea arabica*) em função das doses de nitrogênio em solução nutritiva

A influência do N em doenças causadas por bactérias fitopatogênicas também foi constatado por Silva (2007). Nesse estudo, o autor determinou o efeito de diferentes concentrações de N (0,0, 0,38, 0,76, 1,13 e 1,51 mmol.L⁻¹) e de K (0, 1,11, 2,22, 3,34, 4,45 mmol.L⁻¹), porém sobre a incidência e severidade da mancha foliar do eucalipto (*Xanthomonas axonopodis*). De acordo com os resultados, níveis intermediários (0,76 mmol.L⁻¹) de N na solução nutritiva aumentaram a área foliar lesionada, em até 60% para o clone 20242. Esse resultado discorda do encontrado neste trabalho para o patossistema *Pseudomonas syringae* pv *garcae* x *Coffea arabica*, pois próximo à dose intermediária de N (15 mmol.L⁻¹) a severidade da mancha aureolada foi menor para as mudas de café.

Até certo nível ou dose, o N pode contribuir para formar barreiras de resistência, como proteínas, por exemplo. Porém, a partir daí teores elevados

desse nutriente no tecido vegetal poderiam aumentar a predisposição do hospedeiro à mancha aureolada. Isso porque altos teores de N promovem aumento na produção de tecidos jovens e suculentos, com grande disponibilidade de água. Além disso, aumenta a concentração de açúcares de cadeia curta, aminoácidos e amidas no apoplasto e na superfície foliar capazes de influenciar o estabelecimento da relação patógeno-hospedeiro (MARSCHNER, 2012).

4.2.1 Matéria Seca

Com o incremento das doses de N, houve aumento significativo na produção de matéria seca total das mudas. O peso seco total das mudas de cafeeiro aumentou de $2,01 \text{ g.planta}^{-1}$ na menor dose de N (7 mmol.L^{-1}), para $4,55 \text{ g.planta}^{-1}$ na dose máxima de N (23 mmol.L^{-1}) ou seja, dobrou o peso (Figura 10).

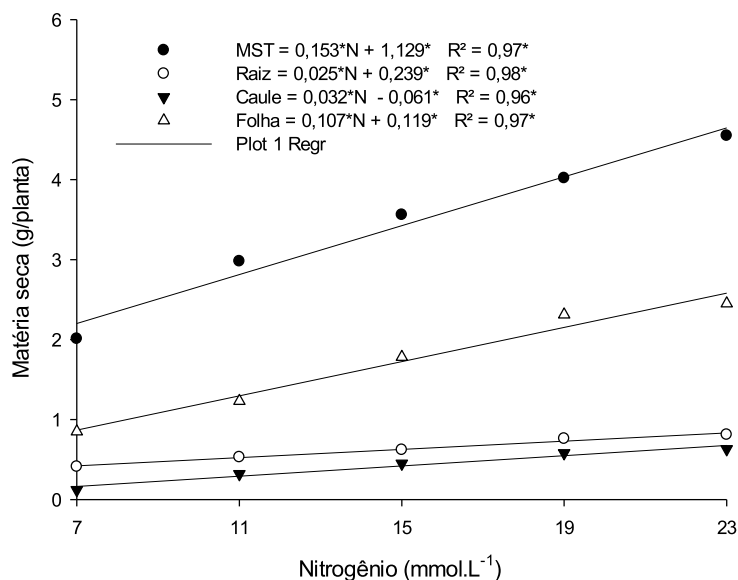


Figura 6 Produção da matéria seca total (●), da raiz (○), do caule (▼) e da folha (△) em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica*) em função das doses de nitrogênio em solução nutritiva

O incremento da matéria seca de mudas de cafeeiro, influenciadas por doses crescentes de N em solução nutritiva também foi constatado por Lima et al. (2010) e Pozza et al. (2001). Nesses trabalhos, observaram-se valores máximos de peso total seco das mudas de 6,63 e 5,01 g.planta⁻¹ nas doses 19 e 15 mmol.L⁻¹ de N, respectivamente.

Segundo Malavolta (2006), a adubação nitrogenada influencia em rápido desenvolvimento e maior enfolhamento das plantas, sendo obtidos maiores teores de matéria seca com maiores doses de N. No entanto, a contribuição da adubação com N no desenvolvimento das plantas não pode se generalizar. Contrário ao referido anteriormente sobre a relação direta entre o N e o peso da matéria seca, Salazar-Arias (1997) observou efeito negativo do N no desenvolvimento e também no peso seco da matéria seca de mudas, devido

possivelmente ao aumento da concentração de sais na solução do solo, com consequente elevação da pressão osmótica, causando desidratação das plantas. Esse efeito não foi observado neste estudo, sendo as doses de N calculadas (HOAGLAND; ARNON, 1950) de forma a não ultrapassar os limites de pressão osmótica adequada ao nível de raízes.

O N de forma isolada influenciou a MST das mudas inoculadas com *P. s. pv garcae*, enquanto aquelas inoculadas com *H. vastatrix* mostraram interação significativa do N e K no desenvolvimento. Isso, possivelmente, porque o N, no caso da infecção por bacteriose, estimula o crescimento e a produção de tecidos novos, folhas verdes e brilhantes utilizados para a multiplicação das células bacterianas, enquanto a ferrugem utiliza compostos sintetizados no processo fotossintético, a partir do K como carboidratos e enzimas (EPSTEIN, 1975) para sua reprodução, interferindo possivelmente nos processos de desenvolvimento da planta.

4.2.2 Clorofila e Fotossíntese

Não houve interação significativa para as clorofilas a, b e total nas doses de N e K testadas.

Houve diferença significativa ($P < 0.05$) das doses de N nos teores de clorofilas a, b e total, com a mesma tendência no aumento. Em relação à clorofila total, com o incremento das doses de N, observou-se incremento de 0,0548 na dose mínima de N (7 mmol.L⁻¹) para 0,057 na dose máxima (23 mmol.L⁻¹) (Figura 11).

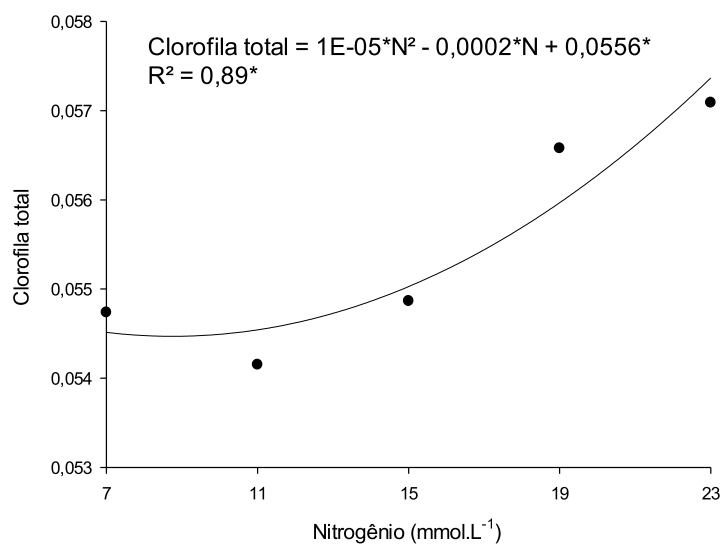


Figura 7 Teor de clorofila total em folhas de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica*), em função das doses de nitrogênio em solução nutritiva

Esse resultado concorda com estudos realizados por Fúrlani Junior et al. (1996) em feijoeiro e Godoy, Villas Boas e Grassi Filho (2003) em milho e pimenta. Os autores também determinaram correlação positiva entre o incremento dos teores de N com os teores de clorofila nas folhas de plantas dessas culturas, através da leitura direta com o SPAD.

Também foi observada correlação significativa ($P < 0.05$), entre essas variáveis e as doses de N e a ACCPS (Tabela 2).

Tabela 2 Correlação entre fotossíntese e teores de clorofila como nitrogênio, potássio e área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) da mancha aureolada

	N	K	AACPS	MS
Clorofila a	0,289*	-0,215ns	0,325*	0,4071*
Clorofila b	0,288*	-0,214ns	0,325*	0,4077*
Clorofila total	0,291*	-0,214ns	0,326*	0,4068*
Fotossíntese	-0,134ns	0,432ns	0,003ns	0,345ns

Ns= não significativo * significativo a 0,05%

Para o cafeeiro, Godoy et al. (2008) também determinaram aumento, porém linear, dos teores de clorofila em plantas da cv. Catuaí vermelho, quando submetidas a diferentes doses de N (0, 50, 150, 250 e 350 kg.ha⁻¹).

O N é necessário para a síntese de clorofila, e, como parte da molécula de clorofila, está envolvido na fotossíntese. Assim, com o aumento das doses de N na solução nutritiva ocorre aumento da concentração de clorofila na planta, conseqüentemente haverá aumento de compostos fotossintéticos como a glicose, cuja molécula é aproveitada por patógenos necrotróficos para se alimentarem, aumentando assim a severidade da doença por ele causada. Essa interação poderia explicar a correlação apresentada entre as clorofilas e a AACPS para mancha aureolada e não para a ferrugem.

A falta de N e clorofila pode significar diminuição no aproveitamento da luz do sol como fonte de energia para efetuar funções essenciais da planta (REIS JÚNIOR et al., 2002). Tal alteração no metabolismo poderia torná-la mais suscetível à infecção.

5 CONCLUSÕES

O fornecimento de doses combinadas de nitrogênio e potássio reduziu a ferrugem do cafeeiro. Porém, para mancha aureolada apenas o nitrogênio teve efeito sobre essa doença. Portanto, o manejo da adubação de forma correta e equilibrada pode contribuir para minimizar alterações nutricionais nas mudas de cafeeiro e reduzir o número de pulverizações com defensivos no controle de ambas as doenças.

A nutrição nitrogenada alterou as concentrações de clorofila nas mudas de cafeeiro, favorecendo o aumento da severidade da mancha aureolada.

REFERÊNCIAS

AGRIOS, G. M. **Plant pathology**. 5. ed. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2005.

AMARAL, J. F.; TEIXEIRA, C.; PINHEIRO, E. D. A bactéria causadora da mancha aureolada do cafeeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 151-155, ago. 1956.

AMARANTE, C. V. T. et al. Radiação, fotossíntese, rendimento e qualidade de frutos em macieiras 'Royal Gala' cobertas com telas antigranizo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 925-931, jul. 2007.

BELAN, L. L. et al. Diagrammatic scale for assessment bacterial blight in coffee. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 162, p. 801-810, Apr. 2014.

BELAN, L. L. et al. Influência da luz e período de molhamento foliar em diferentes métodos de inoculação artificial de *Pseudomonas syringae* pv. *garcae*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 46., 2013, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: Universidade Federal de Viçosa, 2013. p. 255-261.

BRAZ, O. A. I. **Caracterização cariológica do fungo *Hemileia vastatrix* responsável pela ferrugem alaranjada do cafeeiro**. 2012. 97 p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2012.

CARRÉ-MISSIO, V. et al. Ineficiência do silício no controle da ferrugem do cafeeiro em solução nutritiva. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 416-421, jul./ago. 2009.

CARVALHO, V. L.; CUNHA, R. L.; CHALFOUN, S. M. Manejo ecológico das principais doenças do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 214-215, p. 101-114, jan./abr. 2002.

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

CATARINO, M. A. **Intensidade da mancha de phoma em mudas de cafeeiro em função de doses de cálcio e de potássio**. 2011. 53 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

CHAVES, J. C. D. Estudos de culturas intercalares em cafezais recepados e em formação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 6., 2006, Ribeirão Preto. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC, 2006. p. 125-127.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café: safra 2014: terceira estimativa.** Brasília: Conab, 2014. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 03 fev. 2015.

COSTA, A. S.; SILVA, D. M. A mancha aureolada do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 19, n. 14, p. 62-68, abr. 1960.

CRUZ FILHO, J.; CHAVES, G. M. Efeito da adubação N, P, K e micronutrientes (F.T.E) na incidência da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PRAGAS E DOENÇAS DO CAFEEIRO, 1., 1973, Vitória. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC, 1973.

CUNHA, R. L. et al. Desenvolvimento e validação de uma escala diagramática para avaliar a severidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) do cafeeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Resumos...** Vitória: Embrapa Café, 2001. p. 77-78.

CUSTODIO, A. A. P. **Irrigação, nutrição mineral e face de exposição ao sol no progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro.** 2011. 197 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

DEVELASH, R. K.; SUGHA, S. K. Factors affecting development of downy mildew (*Peronospora destructor*) of onion (*Allium cepa*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 67, n. 2, p. 71-74, Apr. 1997.

DORDAS, C. Role of nutrients in controlling plantdiseases in sustainable agricultura: a review. **Sustainable Agriculture**, Binghamton, v. 28, n. 1, p. 33-46, Mar. 2008.

DURÃES, F. O. M. et al. **Fenotipagem associada a tolerância a seca em milho para uso em melhoramento, estudos genômicos e seleção assistida por marcadores.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas, princípios e perspectivas.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975.

- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006.
- FERNANDES, L. H. et al. Acidobenzolar-s-metil no controle da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro em condições de campo. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 24-32, jan. 2013.
- FERNÁNDEZ, B. O.; LÓPEZ, D. S. Fertilización de plántulas de café y su relación con la incidencia de la mancha de hierro *Cercospora coffeicola* Berk. Y Cooke. **Cenicafé**, Chinchina, v. 22, n. 4, p. 95-110, Nov. 1971.
- FIGUEIREDO, P.; HIROCE, R.; OLIVEIRA, D. A. Estado nutricional e ataque da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.). **O Biológico**, Campinas, v. 42, n. 7-8, p. 164-167, jul./ago. 1976.
- FURLANI JÚNIOR, E. et al. Correlação entre leituras de clorofila e doses de nitrogênio aplicados em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 171-175, out. 1996.
- GARCIA JÚNIOR, D. et al. Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 286-291, maio/jun. 2003.
- GODOY, C.; BERGAMIN FILHO, A.; SALGADO, C. L. Doenças do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. p. 184-200.
- GODOY, L. J. G. et al. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 217-226, jan./fev. 2008.
- GODOY, L. J. G.; VILLAS BOAS, R. L.; GRASSI FILHO, H. Adubação nitrogenada na cultura do milho baseada na medida do clorofilômetro e no índice de suficiência em nitrogênio (ISN). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 373-380, Nov. 2003.
- GRAHAM, R. D. Effects of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements. **Advances in Botanical Research**, London, v. 10, n. 4, p. 221-276, June 1983.

GUZZO, S. D. **Aspectos bioquímicos e moleculares da resistência sistêmica adquirida em cafeeiro contra *Hemileia vastatrix***. 2004. 236 p. Tese (Doutorado em Ciências/Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950.

HOFFLAND, E.; JEGGER, M. J.; VAN BEUSICHEM, M. L. Effect of nitrogen supply rate on disease resistance in tomato depends on the pathogen. **Plant Soil**, The Hague, v. 218, n. 1, p. 239-247, Nov. 2000.

HUBER, D. M. The use of fertilizer and organic amendments in control of plant disease. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of pest management in agriculture**: volume 1. Boca Raton: CRC, 1981. p. 357-394.

HUBER, D. M.; ARNY, D. C. Interactions of potassium with plant disease. In: MUNSON, R.D. (Ed.). **Potassium in agriculture**. Madison: ASA, 1985. p. 467-488.

HUBER, D. M.; WILHELM, N. S. The role of manganese in resistance to plant disease. In: GRAHAM, R. D.; HANNAM, R. J.; UREN, N. C. (Ed.). **Manganese in soils and plants**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. p. 155-173.

HUBER, D.M. Manejo de la nutrición para el combate de patógenos de plantas. **Agronomía Costarricense**, Costa Rica, v. 2, n. 1, p. 99-102, July 1997.

KIMURA, O.; ROBBS, C. F.; FERRARI, J. A. R. Algumas observações relacionadas com as bacterioses do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 4., 1976, Caxambu. **Anais...** Caxambu: IBC, 1956. p. 104.

KING, E. O.; RANEY, M. K.; WARD, D. E. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescin. **Journal of Laboratory and Clinical Medicine**, Saint Louis, v. 44, n. 2, p. 301-307, Aug. 1954.

KROHLING, C. A. et al. Uma avaliação do ataque da ferrugem do cafeeiro, *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., no sub-bosque da Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica. Espírito Santo. **Natureza**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 63-66, jan. 2010.

KUSHALAPPA, A. C.; AKUTSU, M.; LUDWIG, A. Application of survival ratio for monocyclic process of *Hemileia vastatrix* in predicting coffee rust infection rates. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 73, n. 10, p. 96–103, Apr. 1983.

KUSHALAPPA, A. C.; HERNANDEZ, T. A.; LEMOS, H. G. Evaluation of simple and complex coffee rust forecasts to time fungicide application. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 11, n. 3, p. 515–526, out. 1989.

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

MALAVOLTA, E. et al. **Seja o doutor dos seus citros**. Piracicaba: Potafós, 1994. (Informações Agronômicas, 65).

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York. Academic Press, 2012.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995.

MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. 2. ed. Viçosa: Editora da UFV, 2006.

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. **A ferrugem do cafeeiro no Brasil e seu controle**. Varginha: Mapa, 2006.

MATIELLO, J. B. et al. Podas. In: MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: Mapa, 2002. p. 256–274.

MOHAN, S. K. et al. Investigações sobre *Pseudomonas garcae* em cafeeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 4., 1976, Caxambu. **Anais...** Caxambu: IBC, 1976. p. 56.

MORAES, F. R. P.; CERVELINI, G. S.; GALLO, J. R. Influência do estado nutricional do cafeeiro sobre a intensidade do ataque da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk & Br). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2, 1974, Poços de Caldas. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC, 1974. p. 126-127.

MUTHAPPA, B. N.; RAJENDRAN, C. Effect of foliar nutrients on coffee leaf rust. **Journal of Coffee Research**, Karnataka, v. 8, n. 4, p. 86-89, July 1978.

NUTMAN, F. J.; ROBERTS, F. M. Studies on the biology of *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. **Transactions of the British Mycological Society**, Amsterdam, v. 46, n. 1, p. 27-48, Mar. 1963.

PALTI, J. **Cultural practices and infectious crop diseases: volume 9**. Berlin: Springer-Verlag, 1981.

PERRENOUD, S. **Potassium and plant health**. 2. ed. Berna: International Potash Institute, 1990.

PINHEIRO, J. B. et al. Severidade da Ferrugem de Soja em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 1, p. 43-50, jan/fev. 2011.

POZZA, A. A. A. et al. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha-de-olho-pardo em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 53-60, jan. 2001.

POZZA, A. A. A. et al. Suprimento do silicato de cálcio e a eficiência nutricional de variedades de cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1705-1714, nov./dez. 2009.

POZZA, E. A., POZZA, A. A. A. A nutrição mineral no manejo de doenças de plantas. In: SIMPÓSIO SOBRE ATUALIDADES EM FITOPATOLOGIA – NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 2., 2012, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Geafip, 2012b. p. 177-212.

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. **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas** Semiologia do cafeeiro. Lavras: Editora da UFLA, 2010. p. 68-106.

POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A. Relação entre nutrição e as doenças de plantas: implicações práticas. In: SIMPÓSIO AVANÇOS NA OTIMIZAÇÃO DO USO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NO MANEJO FITOSSANITÁRIO, 12., 2012, Lavras. **Anais...** Lavras: [s.n], 2012a. p. 259-281.

PRETTY, K. M. O Potássio e a qualidade da produção agrícola. In: YAMADA, T. et al. (Coord.). **O potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto de Potassa e Fosfato, 1982. p. 177-199.

RAYNER, R. W. Germination and penetration studies on coffee rust (*Hemileia vastatrix* B. & Br.). **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 49, n. 3, p. 497–505, Oct. 1961.

REIS JÚNIOR, R. A. et al. Diagnose nutricional de cafeeiros da região sul de Minas Gerais: normas DRIS e teores foliares adequados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 12, n. 2, p. 801-808, 2002.

REIS JÚNIOR, R. A.; MARTINEZ, H. E. P. Adição de Zn e absorção, translocação e utilização de Zn e P por variedades de cafeeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 537-542, jul./set. 2002.

RENGIFO, G. H. G.; LEGUIZAMÓN, C. J. E.; RIANO, H. N. M. Incidencia y severidad de la mancha de hierro en plántulas de *Coffea arabica* en diferentes condiciones de nutrición. **Cenicafé**, Chinchina, v. 57, n. 3, p. 232-242, June 2006.

REUVENI, M. et al. The influence of NPK fertilization rates on susceptibility to powdery mildew of field-grown wine grapes. **Journal of Small Fruit and Viticulture**, Binghamton, v. 2, n. 2, p. 31-41, Oct. 1993.

RIJO, L.; RODRIGUES, J. R. “Processo de infecção de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. em cultivares susceptíveis e resistentes de *Coffea arabica* L.” **Garcia de Orta**, Portugal, v. 5, n. 1-2, p. 23-24, abr. 1978.

ROBBS, C. F. Epiphytic survival of *Pseudomonas garcae* on coffee. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PLANT PATHOGENIC BACTERIA, 4., 1978, Kênia. **Proceedings...** Kênia: Coffee Research Foundation, 1978.

RODRIGUES, L. M. R. et al. **Mancha aureolada do cafeeiro causada por *Pseudomonas syringae* pv. *garcae***. Campinas: Instituto Agronômico, 2013.

ROMEIRO, R. da S. **Bactérias fitopatogênicas**. 2. ed. Viçosa: Editora da UFV, 2005.

ROMEIRO, R. S. **Identificação de bactérias fitopatogênicas**. Viçosa: Imprensa Universitária. 1976.

SALAZAR-ARIAS, N. Respuesta de plántulas de café a la fertilización com nitrógeno, fósforo y potasio. **Cenicafé**, Chinchiná, v. 28, n. 2, p. 61-66, Mar. 1997.

SANTOS, F. S. et al. Adubação orgânica, nutrição e progresso de cercosporiose e ferrugem do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária**, Brasília, v. 43, n. 7, p. 783-791, jul. 2008.

SANTOS, F. S. et al. Efeito de extratos vegetais no progresso de doenças foliares do cafeeiro orgânico. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 59-63, 1994.

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.

SILVA, A. G. **Histopatologia e influência de nutrientes na intensidade da bacteriose foliar do Eucalipto causada por *Xanthomonas axonopodis***. 2007. 71 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

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.

TOMAZELA, A. L. et al. Doses de nitrogênio e fontes de Cu e Mn suplementar sobre a severidade da ferrugem e atributos morfológicos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 192-201, jun. 2006.

WALLER, L. M.; BIGGER, M.; HILLOCKS, R. J. **Coffee pests, disease and their management**. Cambridge: CABI Publishing, 2007.

ZAMBOLIM, L. et al. Epidemiologia e controle da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.). In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: Suprema, 2002. p. 369-433.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, E. M. Doenças do cafeeiro (*Coffea arabica* e *Coffea canephora*). In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 165-180.

ZEHR, E. I.; SHEPARD, D. P.; BRIDGES JÚNIOR, W. C. Bacterial spot of peach as influenced by water congestion leaf wetness duration and temperature. **The American Phytopathological Society**, Saint Paul, v. 80, n. 3, p. 339-341, Mar. 1996.

ZOCCOLI, D. M.; TAKATSU, A.; UESUGI, C. H. Ocorrência de mancha aureolada em cafeeiros na Região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 843-849, abr. 2011.