



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**INCIDÊNCIA E SEVERIDADE DA
CERCOSPORIOSE DO CAFEIRO (*Coffea
arabica* L.) EM FUNÇÃO DE DOSES DE
POTÁSSIO E CÁLCIO EM SOLUÇÃO
NUTRITIVA**

DANIEL GARCIA JÚNIOR

2002

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

Garcia Júnior, Daniel.

Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em função de doses de potássio e cálcio em solução nutritiva.

– Lavras : UFLA, 2002.

59 p.

Orientador: Edson Ampélio Pozza.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Café. 2. Nutrição mineral. 3. Solução nutritiva. 4. *Cercospora coffeicola*. 5. Doença. 6. Potássio. 7. Cálcio. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.73981

DANIEL GARCIA JÚNIOR

**INCIDÊNCIA E SEVERIDADE DA CERCOSPORIOSE DO CAFEIEIRO
(*Coffea arabica* L.) EM FUNÇÃO DE DOSES DE POTÁSSIO E CÁLCIO
EM SOLUÇÃO NUTRITIVA**

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

APROVADA em 07 de fevereiro de 2002

Prof. Dr. Paulo Estevão de Souza UFLA

Prof(a) Dr(a) Janice Guedes de Carvalho UFLA

Prof. Dr. Fernando Cêzar Juliatti UFU



Prof. Dr. Édson Ampélio Pozza

UFLA

(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

DEDICO

A Deus, por estar sempre ao meu lado.

OFEREÇO

À minha mãe, Carmen Rita (*in memoriam*).

Aos meus irmãos, Rodrigo, Stela, Ana Laura e Mariângela.

Aos meus sobrinhos.

Aos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realizar o curso.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela bolsa de pesquisa concedida.

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, pelo apoio financeiro.

Ao prof. Dr. Edson Ampélio Pozza, pela amizade, pelo incentivo e pela orientação durante o curso.

À amiga Adélia Aziz Alexandre Pozza, pela contribuição essencial no planejamento e na execução deste trabalho.

À professora Janice Guedes de Carvalho, pela contribuição, cordialidade e atenção.

Aos docentes do curso de Fitopatologia, pelos ensinamentos transmitidos.

Em especial, aos colegas do Departamento de Fitopatologia, Luiz Henrique, Florisvalda, Deila, Cristiano, Moab, Marcos Roberto, Edin, Barone, Flávis, Miriam, Graciela, Vanúzia, Viviane, Frederico, Carlos, Flávio, e Zuleide pelo carinho, pelo companheirismo e pela compreensão.

Ao Alexandre, Luiz, Leandro, André e à Érica, grandes amigos, pela valiosa ajuda prestada.

Aos funcionários do Departamento de Fitopatologia, em especial Eloisa, Ana, Marcos, Maria de Lourdes e Leisa.

Ao Adalberto, funcionário do Laboratório de Nutrição de Plantas/DCS, pelas análises realizadas.

E a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para realizar este trabalho.

BIOGRAFIA

DANIEL GARCIA JÚNIOR, filho de Carmen Rita Martins Garcia e Daniel Garcia, nasceu em Araçatuba, SP, em 10 de junho de 1976.

No período de 1995 a 1999, realizou o curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Federal de Lavras e graduou-se em 02 de fevereiro de 2000.

Em fevereiro de 2000, iniciou o curso de mestrado em Fitopatologia na Universidade Federal de Lavras.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| LISTA DE ABREVIATURAS | i |
| RESUMO | ii |
| ABSTRACT | iii |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 3 |
| 2.1 O cafeeiro (<i>Coffea arabica</i> L.)..... | 3 |
| 2.2 Cercosporiose | 4 |
| 2.3 Nutrição mineral da planta e a doença | 5 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 12 |
| 3.1 Localização..... | 12 |
| 3.2 Delineamento experimental..... | 12 |
| 3.3 Mudanças utilizadas e solução nutritiva | 13 |
| 3.4 Inoculações..... | 16 |
| 3.5 Área foliar total | 16 |
| 3.5 Avaliação e análise da cercosporiose | 17 |
| 3.7 Matéria seca e análise nutricional das plantas | 19 |
| 3.8 Análise estatística..... | 20 |
| 4.6. Temperatura e umidade relativa do ar..... | 20 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 21 |
| 4.1 Produção de matéria seca | 21 |
| 4.1.1 Matéria seca da parte aérea..... | 21 |
| 4.1.2 Matéria seca da raiz..... | 24 |
| 4.1.3 Matéria seca total..... | 26 |
| 4.2 Área foliar | 27 |
| 4.3 Total de folhas..... | 30 |
| 4.4 Incidência e severidade da cercosporiose..... | 33 |
| 4.4.1 Incidência | 33 |
| 4.4.2 Severidade | 35 |
| 4.5 Teores de macro e micronutrientes na parte aérea | 42 |
| 4.5.1 Cálcio | 42 |
| 4.5.2 Potássio, nitrogênio e fósforo..... | 46 |
| 4.5.3 Magnésio, enxofre, manganês, ferro, cobre e zinco | 47 |
| 4.5.6 Boro..... | 51 |
| 5 CONCLUSÕES..... | 52 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 53 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|----------------|---|
| C. | <i>Cercospora</i> |
| °C | Graus Celsius |
| O | Oxigênio |
| H | Hidrogênio |
| K | Potássio |
| Ca | Cálcio |
| N | Nitrogênio |
| S | Enxofre |
| P | Fósforo |
| Na | Sódio |
| Mg | Magnésio |
| Mn | Manganés |
| Mo | Molibdênio |
| Cu | Cobre |
| Zn | Zinco |
| B | Boro |
| HCl | Ácido clorídrico |
| NaOH | Hidróxido de sódio |
| Fe | Ferro |
| C.V. | Coefficiente de variação |
| R ² | Coefficiente de determinação |
| Quadr. | Quadrática |
| n.s. | Não significativo |
| MSPA | Matéria seca da parte aérea |
| MSR | Matéria seca da raiz |
| MST | Matéria seca total |
| TF | Total de folhas |
| AFL (%) | Porcentagem de área foliar lesionada |
| AUDPC | Area under disease progress curve |
| AACP | Área abaixo da curva de progresso |
| AACPAF | Área abaixo da curva de progresso da área foliar |
| AACPTF | Área abaixo da curva de progresso do total de folhas |
| AACPI | Área abaixo da curva de progresso da incidência |
| AACPLF | Área abaixo da curva de progresso de lesões por folha |
| AACPTL | Área abaixo da curva de progresso do total de lesões |
| TLA | Total leaf area |
| ILA (%) | Injured leaf area percentage |

RESUMO

GARCIA JÚNIOR, Daniel. Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em função de doses de potássio e cálcio em solução nutritiva. 2002. 59p. (Dissertação – Mestrado em Fitopatologia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O objetivo deste trabalho foi avaliar a incidência e a severidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke) em mudas de cafeeiro, cultivar Mundo Novo IAC 379-19, em função de diferentes doses de K e Ca, aplicadas em solução nutritiva. O experimento foi realizado no Departamento de Fitopatologia/UFLA. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com dezesseis tratamentos, três repetições e duas plantas por repetição. Foi utilizado um esquema fatorial 4×4 , com quatro níveis de K (1, 3, 5 e 7 mmol/L) e quatro níveis de Ca (2, 4, 6 e 8 mmol/L). Ao atingirem dois a três pares de folhas, as mudas foram inoculadas semanalmente, durante doze semanas, com suspensão de esporos de *C. coffeicola* na concentração $1,5 \times 10^4$ conídios/mL. Foram realizadas sete avaliações quinzenais para a obtenção de dados como: área foliar total, número total de folhas, número de folhas lesionadas, número de lesões por folhas e número total de lesões. Os valores da área foliar, total de folhas, lesões por folha, incidência e total de lesões foram transformados em proporções de área abaixo da curva de progresso (AACP). Após as avaliações, as mudas foram coletadas e as lesões desenhadas em lâmina de transparência, para mensurar a área foliar lesionada (AFL%). Foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, B, Mn, S, Cu, Zn e Fe, presentes nos tecidos vegetais. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão. Em seguida, foram plotadas as superfícies de resposta, seus respectivos cortes e determinaram-se os pontos de máximo e/ou mínimo. A interação potássio-cálcio influenciou a matéria seca da parte aérea, a matéria seca das raízes, a AACP do total de folhas, a AACP de lesões por folha, a AACP do total de lesões (AACPTL), a porcentagem de área foliar lesionada e os teores de cálcio presentes nos tecidos vegetais. As doses de K influenciaram a matéria seca total, a área foliar total (AFT), a AACP da incidência (AACPI) e os teores de boro (B) presentes nos tecidos vegetais. As doses de Ca influenciaram apenas a AFT e a AACPI. A menor AACP do total de lesões e a menor AFL (%) foram obtidas com as maiores doses de K e Ca. A AACP da área foliar não foi influenciada pelas doses de K e Ca. O incremento das doses de K aumentou a AFT diminuiu a produção de matéria seca, os teores de B, a AACP do total de lesões e a AFL (%). O incremento das doses de Ca aumentaram a AACP do total de folhas e diminuíram a AACPI, a AACPTL e a AFL(%).

* Comitê de Orientação: Edson Ampélio Pozza – UFLA (Orientador) e Paulo Estevão de Souza – UFLA.

ABSTRACT

GARCIA JÚNIOR, Daniel. **Incidence and severity of the brown eye spot of coffee (*Coffea arabica* L.) according to doses of potassium and calcium in nutrient solution.** 2002. 59p. (Dissertation – Master Program in Phytopathology). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

The objective of this work was to evaluate the incidence and severity of the brown eye spot (*Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke) in coffee seedlings, cultivar Mundo Novo IAC 379-19, in relation to different dosages of K and Ca, applied in nutrient solution. The experiment was carried out at UFLA Plant Pathology Department in a complete randomized design with 16 treatments, 3 replicates and two plants per replicate. Treatments were displayed in a 4 x 4 factorial scheme, with 4 levels of K (1, 3, 5 and 7 mmol/L) and 4 levels of Ca (2, 4, 6 and 8 mmol/L). As the seedlings attained three pairs of leaves, they were inoculated, every week, during 3 months, with a conidial suspension of *C. coffeicola* at the $1,5 \times 10^4$ conidia/mL concentration. Total leaf area, total number of leaves, number of injured leaves, number of injuries per leaf, and total injury number, were obtained from seven evaluations made every fortnightly. The values of total leaf area, total number of leaves, injuries per leaf, incidence and total injury number were transformed into proportion of area under disease progress curve (AUDPC). After the evaluations, the coffee seedlings were collected, then the disease area were reproduced in transparency sheet, in order to measure the injured leaf area (ILA%). Contents of N, P, K, Ca, Mg, B, Mn, S, Cu, Zn and Fe present in the plant tissues were determined. Data were submitted underwent variance and regression analysis so that maximum and/or minimum points could be determined as well as the plotting of response surfaces and their respective perspectives. The potassium-calcium interaction influenced the aerial dry matter as well as the root dry matter, AUDPC of the total leaf number, AUDPC of the injury per leaf, AUDPC of the total injury, the injured leaf area percentage and the plant tissues calcium content. The dosages of K reduced the total dry matter, the total leaf area (TLA), AUDPC of the incidence (AUDPCI) and the boro contents (B) present in the plant tissues. The dosages of Ca only influenced the TFA and AUDPCI. The smallest value of AUDPC for the total injuries and the smallest ILA (%) were obtained with the highest dosages of K and Ca. The AUDPC of the leaf area it was not influenced by the dosages of K and Ca. Increase dosages of K led to increasing of TLA, dry matter production as well as the B contents, AUDPC of total injuries and ILA (%). The Ca dosages increment increased the AUDPC of total leaf but decreased AUDPI, AUDPC of the total injuries as well as the ILA (%).

* Guidance Committee: Edson Aupélio Pozza – UFLA (Major Professor) and Paulo Estevão de Souza – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

Com a elevação dos custos de produção, além do crescente aumento na competição do mercado interno e externo, torna-se necessário eliminar quaisquer fontes de perdas nas lavouras cafeeiras. A deficiência nutricional, o manejo inadequado da lavoura, as pragas e as doenças são os principais responsáveis pela redução da qualidade e da produtividade do café.

Dentre os principais problemas fitossanitários dos cafezais, a mancha-de-olho-pardo, mancha-de-cercospora, mancha-olho-de-pomba ou cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke) causa sérios prejuízos no campo e na formação de mudas no viveiro. A incidência pode agravar-se em decorrência da deficiência hídrica prolongada e da adubação insuficiente e desequilibrada (Fernandez-Borrero et al., 1996). Nas regiões altas do Espírito Santo e Minas Gerais, a partir de 1971, observou-se alta intensidade da mancha-de-olho-pardo com redução de até 30% no rendimento (Miguel et al., 1975). As maiores perdas ocorrem em viveiros de mudas, onde a incidência é favorecida por regas diárias. As plantas apresentam intensa desfolha, redução no desenvolvimento e raquitismo, tornando-se impróprias ao plantio (Fernandez-Borrero et al., 1996).

A principal forma de controle da doença é por aplicação de fungicidas. O controle químico é responsável muitas vezes por maior impacto ambiental, elevar os custos de produção e reduzir a sustentabilidade do agroecossistema café. A nutrição mineral, no caso da cercosporiose, pode contribuir para reduzir de forma significativa a aplicação de fungicidas (Pozza, 1999).

Os nutrientes minerais exercem funções específicas no metabolismo vegetal, afetando, desse modo, seu crescimento e produção. Além do mais, a nutrição mineral pode apresentar envolvimento secundário, por alterações na morfologia, anatomia e composição química, os quais podem aumentar ou reduzir a resistência das plantas aos patógenos (Marschner, 1995).

Existem poucos trabalhos relacionando o estado nutricional e a suscetibilidade às doenças do cafeeiro, muito embora haja observações de maior nível de infecção por *C. coffeicola* em lavouras depauperadas por adubações insuficientes (Castaño, 1956; Buitrago & Fernandez-Borrero, 1982) e deficiências hídricas (Santos et al., 1985; Silva & Silveira, 1994). A interação patógeno/nutrição do hospedeiro e sua relação causal com o nível de dano observado são obscuras e carecem de informações sob condições controladas.

Os conhecimentos dos efeitos dos nutrientes minerais sobre a suscetibilidade do cafeeiro à cercosporiose podem promover a redução das aplicações de defensivos agrícolas.

Com o presente trabalho, procurou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de potássio e de cálcio na incidência e na severidade da cercosporiose em mudas de café, em solução nutritiva.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

Pertencente a família das rubiáceas, o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) é a espécie mais importante do gênero *Coffea*, predominando nas lavouras cafeeiras do Brasil (Matiello et al., 1974). Introduzida no país em 1727, no estado do Pará, expandiu-se gradativamente pelas demais regiões da confederação, tendo sido solidamente implantada no sudeste e no sul, nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo, São Paulo e Paraná (Matiello & Carvalho, 1983).

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, seguido da Colômbia e do Vietnã. Em 1999, as exportações brasileiras de café totalizaram 1.273.375 toneladas, tendo o sul e o oeste de Minas Gerais sido as principais regiões produtoras da confederação (Agrianual, 2001). Para a safra 2001/2002, estima-se que a produção brasileira de café atinja 1.734.000 toneladas de grãos (Anuário Estatístico do Café, 2001).

Existem várias cultivares de *Coffea arabica* L. recomendadas para o plantio em escala comercial. No entanto, as cultivares Mundo Novo e Catuai destacam-se com elevada capacidade produtiva e, conseqüentemente, alto potencial econômico. Vale lembrar das cultivares portadoras de resistência à ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berkeley et Br.), desenvolvidas no Brasil, como "Oeiras", "Icatu" (Pereira, 1999) e "IAPAR 59" (Androcioli Filho, 1996) e as cultivares desenvolvidas em outros países, como a variedade Colômbia (Androcioli Filho, 1996).

A cultivar correta a ser plantada e a nutrição mineral influenciam diretamente a produtividade do cafeeiro. Para o pleno desenvolvimento e a máxima produção são necessários macro e micronutrientes, de acordo com a exigência quantitativa de cada nutriente (Pereira, 1999).

2.2 Cercosporiose

Descrita pela primeira vez no Brasil em 1887, a cercosporiose é tida como uma das doenças mais antigas dos cafeeiros nas Américas (Zambolim et al., 1985). Esta doença é denominada como “olho-de-pomba”, “mancha parda” ou “mancha-de-olho-pardo” e o seu agente etiológico é o fungo *Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke. Amplamente distribuído por toda a África, América Central, América do Sul, Caribe, Sudeste da Ásia e Oceania, esse patógeno ocorre com maior severidade em regiões com temperaturas entre 25° e 30°C e alta umidade relativa do ar (Hsiell, 1990).

Cercospora coffeicola Berk. & Cooke pertence ao grupo dos Ascomicetos mitospóricos. Sua conidiogênese é do tipo blástica-holoblástica. Segundo Echandi (1959), o fungo é capaz de esporular em toda a região adaxial do limbo foliar (principalmente nas folhas mais velhas) e nos frutos de café, formando grupos de conidióforos septados de cor parda. Os conidióforos produzem conídios largos, multiseptados e hialinos.

De acordo com Fernandes-Borrero (1966), *Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke infecta principalmente plântulas em formação e mudas no viveiro. A desfolha é a principal consequência da doença. Em plantações definitivas, a infecção em folhas e frutos pode ocasionar grandes perdas na produção e reduzir a qualidade dos grãos.

Nas folhas, a primeira indicação macroscópica da doença é a presença de pequenos pontos necróticos de cor marrom clara, com área de 1 mm de diâmetro. As lesões, uma vez desenvolvidas, apresentam forma circular, centro branco rodeado por um halo necrótico de cor parda, com uma zona clorótica exterior e medem geralmente entre 4 e 15 mm de diâmetro (Echandi, 1959) e podem chegar a 1 cm no maior diâmetro (D'utra, 1902).

Nos frutos, as lesões aparecem geralmente naqueles mais maduros. Na maioria dos casos, as lesões iniciam nas regiões dos frutos expostas ao sol, nas

quais nota-se uma depressão de tamanho variável, sem necrose aparente, adquirindo posteriormente coloração marrom-escura, culminando na necrose total dos tecidos da área lesionada. Os conídios podem sobreviver por mais de sete semanas em folhas destacadas e permanecer viável por quase nove meses na superfície foliar. Sob condições de alta umidade e temperaturas elevadas (próximas de 30°C), ocorre a esporulação do patógeno, sendo os esporos disseminados pelo vento e pela chuva (Echandi, 1959).

2.3 Nutrição mineral da planta e a doença

Apesar da resistência de plantas a doenças ser geneticamente controlada, ela é influenciada por fatores ambientais. Os efeitos são relativamente pequenos em cultivares com elevada resistência ou suscetibilidade, mas grandes em cultivares moderadamente suscetíveis ou parcialmente resistentes. A nutrição mineral, como fator ambiental, pode ser manipulada com relativa facilidade para o controle de doenças. Entretanto, é necessário conhecer como os nutrientes minerais aumentam ou diminuem a resistência das plantas (Marschner, 1995).

A nutrição mineral do hospedeiro pode afetar a sua suscetibilidade e causar variações nos mecanismos bioquímicos e estruturas de defesa, além de influenciar nas reservas de alimento disponíveis para o patógeno. As relações entre a nutrição da planta hospedeira e as doenças de plantas foram estudadas em alguns trabalhos. Foi constatada a ação de nutrientes como o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e alguns micronutrientes, tanto em doenças causadas por organismos, quanto em doenças de parte aérea (Mathee & Daines, 1969).

O nitrogênio promove crescimento vigoroso, retarda a maturação e é essencial para produzir aminoácidos, proteínas, hormônios de crescimento, fitoalexinas e fenóis (Huber, 1980). Em níveis altos, resulta na produção de tecidos jovens e suculentos, além de prolongar o estágio vegetativo e/ou retardar

a maturidade da planta. Abdel-Raheem e Bird (1967) observaram maior suscetibilidade da planta em altas doses de nitrogênio. Esses efeitos criam condições favoráveis aos patógenos. Inversamente, a planta cultivada com deficiência de nitrogênio pode tornar-se debilitada, crescer lentamente e, conseqüentemente, tornar-se suscetível ao patógeno (Zambolim & Ventura, 1993). A forma do nitrogênio (amônio ou nitrato) disponível para o hospedeiro ou para o patógeno, independente da quantidade do elemento, afeta a severidade da doença (Agrios, 1988).

O nitrogênio é um dos nutrientes mais necessários ao bom desenvolvimento e produtividade do cafeeiro. Alexandre Pozza et al. (2001) estudou a influência da adubação nitrogenada e potássica na intensidade de cercosporiose em mudas de cafeeiro com oito meses de idade, trabalhando com quatro níveis de nitrogênio (3, 7, 11 e 15 mmol/L) e quatro níveis de potássio (3, 5, 7 e 9 mmol/L). A produção de matéria seca total, área foliar total e a área abaixo da curva de progresso do número total de folhas não foram influenciadas pelas doses de potássio, mas aumentaram com as doses de nitrogênio. No entanto, com o aumento das doses de potássio e com a redução das doses de nitrogênio, foi observado um aumento nas áreas abaixo da curva de progresso do total de lesões e do número de lesões por folha.

A redução de doenças devido ao efeito do nitrogênio é resultado, geralmente, da influência de formas específicas desse nutriente em diferentes rotas metabólicas, alterando o crescimento de constituintes da planta ou exsudados (Huber & Watson, 1974). As formas de nitrogênio também apresentam efeitos diretos sobre a germinação, sobrevivência, reprodução, crescimento e virulência do patógeno. O efeito de cada forma de nitrogênio sobre as doenças está associado ao pH. O aumento na severidade das doenças na presença de amônio é, geralmente, devido ao pH ácido, enquanto o aumento devido ao nitrato é geralmente associado a condições de pH neutro e alcalino

(Jones et al., 1990). A absorção de NH_4^+ pela planta reduz a translocação de cátions como K^+ e Ca^{+2} , enquanto o ânion NO_3^- reduz a absorção de H_2PO_4^- e SO_4^{-2} (Pate, 1983). Porém, nutrir a planta com amônio reduz o pH da rizosfera, o qual pode influenciar negativamente na atividade de rizobactérias (Smiley, 1978) e aumentar a disponibilidade de micronutrientes (Huber, 1974).

O potássio, de modo geral, reduz a suscetibilidade das plantas aos parasitas. Seu efeito é acentuado para podridão do caule em arroz, onde a doença foi controlada simplesmente com a aplicação de fertilizantes potássicos. Entretanto, na maioria dos casos, o efeito do potássio está restrito à faixa de deficiência do elemento, isto é, níveis insuficientes de potássio (Huber & Army, 1985). Geralmente o crescimento e a resistência aumentam com maiores doses de potássio (Zambolim & Ventura, 1993). Segundo Halevy (1966), o potássio freqüentemente tem-se mostrado como fator de resistência a várias doenças. De acordo com Fernandes (1988), doses crescentes de potássio em combinação com o fósforo foram importantes na redução da cercosporiose em plantas de café.

Fernandez (1988) estudou o efeito de fatores do ambiente e da concentração de inóculo sobre a cercosporiose do cafeeiro e sugeriu o envolvimento da nutrição potássica na resistência à doença, enquanto Fernandez-Borrero & Lopez Duque (1971) a associaram à nutrição nitrogenada.

Bastos (1994) avaliou cultivares e progênicas do cafeeiro submetidos a diferentes doses de potássio no substrato, constatando aumento nas características de crescimento, no teor de K na matéria seca da parte aérea e raiz das plantas que receberam as maiores doses deste nutriente. Segundo o mesmo autor, as quantidades de potássio nas partes vegetativas, bem como nos frutos de cafeeiro, são suficientes para mostrar a importância deste elemento na nutrição do cafeeiro. Como, em geral, altos teores de potássio estão associados com colheitas elevadas, a hipótese de "alimentação de luxo" deve ser eliminada. A exigência de potássio aumenta com a idade, sendo particularmente intensa

quando a planta atinge a maturidade, devido às quantidades adicionais existentes nos frutos maduros (Guimarães, 1986).

A redução da incidência da queima foliar (*C. kikuchii*) da soja decorrente dos níveis de potássio aplicados e, por conseguinte, do teor do elemento nas folhas, conforme ensaio realizado por Ito et al. (1993), está relacionada com o papel do potássio nas diversas funções da planta. Em geral, esse nutriente confere maior resistência aos tecidos, atuando na redução do potencial de inóculo e promovendo rápida recuperação das injúrias. O potássio desempenha papel fundamental em muitas reações do metabolismo das plantas. A nutrição potássica adequada resulta em menor incidência de doenças, devido ao aumento da resistência à penetração e ao desenvolvimento de muitos patógenos. O potássio aumenta a espessura das paredes celulares da epiderme, promove a rigidez da estrutura dos tecidos e regula o funcionamento dos estômatos, além de promover uma rápida recuperação dos tecidos injuriados.

Boldini et al. (2000) avaliaram a incidência e severidade da cercosporiose em frutos de cafeeiro fertirrigado na região de Lavras-MG, por gotejamento com adubação nitrogenada e potássica em três, seis e nove parcelamentos. Os autores verificaram maior incidência nos frutos quando a cultura foi submetida a três e nove parcelamentos, tanto em cafeeiro irrigado quanto não irrigado. Os autores também observaram aumento da severidade da doença com a redução da lâmina de água, concordando com Echandi (1959) e Zambolim et al. (1997). Segundo estes autores, condições de estresse hídrico, baixa umidade do solo e alta insolação favorecem o progresso da cercosporiose do cafeeiro.

Fernandez-Borrero & Lopez Duque (1971) estudaram o efeito do nitrogênio, fósforo e potássio combinados com o fungicida protetor Maneb[®] na incidência da cercosporiose em mudas de café. A incidência da doença, assim como a porcentagem de desfolha, foram significativamente menores nas plantas

que receberam o nitrogênio (uréia - 1,3g no plantio + 1,3g em cobertura dois meses após o plantio) e o Maneb[®] (0,4% + espalhante 1%). As plantas tratadas com uréia obtiveram maior número de folhas, foram mais precoces e mostraram maior vigor em relação àquelas tratadas apenas com Maneb[®]. O fósforo (superfosfato - 3,0g/planta) e o potássio (sulfato de potássio - 2,8g/planta) não tiveram efeito na redução da doença. O potássio interagiu de forma negativa com o nitrogênio e diminuiu o efeito favorável deste. Em outro ensaio, os mesmos autores testaram diferentes fontes de nitrogênio: uréia (2,2g/planta), sulfato de amônio (21%) e nitrato de sódio (6,1g/planta). Porém, não observaram diferenças significativas entre as fontes em relação à doença, apenas o efeito fitotóxico do nitrato de sódio (6,1g/planta). Para estudar o efeito da adubação de cafeeiros no campo, sobre a incidência da cercosporiose, Isla et al. (1984) aplicaram no solo diferentes combinações dos nutrientes N, P e K. A menor incidência da doença foi em plantas adubadas com uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, nas dosagens de 45, 60 e 45kg/ha, respectivamente. Segundo Fernandez-Borrero et al. (1966), a adubação de plantas no campo é altamente econômica, devido à redução da cercosporiose e o aumento significativo da produção. Segundo estes autores, com a formulação 12-12-17-2 (N-P-K-S), aplicada nas quantidades de 0, 60, 120 e 180g/planta, cinco vezes ao ano, as proporções de infecção obtidas foram de 32,8%, 13,7%, 10,4% e 4,4%, resultando em perdas de 21,8%, 8,3%, 5,9% e 2,2%, respectivamente. Fernandez-Borrero & Lopez Duque (1971) estudaram o efeito separado dos nutrientes N, P e K, aplicados em mudas de café a pleno sol, sobre a intensidade da cercosporiose. Esses autores verificaram menor incidência em plantas fertilizadas com N, enquanto que naquelas adubadas com P e K a doença foi pouco reduzida, havendo, em certos casos, aparente aumento da severidade da doença em plantas adubadas somente com este último nutriente.

Cadena-Gomez (1982) avaliou o uso da polpa de grãos de café, rica em potássio, no controle da cercosporiose em mudas de café, devido ao elevado teor de macro e micronutrientes presentes na polpa. O autor utilizou diferentes quantidades de polpa de café, misturadas ao substrato (0%; 25%; 50%; 75% e 100% de polpa) e observou, para o solo misturado com polpa de café na proporção de 75:25, ótimos resultados no controle da cercosporiose em mudas de cafeeiro.

A palha de café, subproduto do beneficiamento do grão, foi utilizada com sucesso por Gomes (1982) na redução da incidência da cercosporiose em mudas de café. O solo foi tratado com palha de café em diversas proporções, verificando uma menor intensidade de doença em substrato 3:1 de solo e palha. O autor atribuiu esse resultado à riqueza em macro e micronutrientes essenciais presentes na palha, principalmente N e K. O efeito da palha de café na incidência da cercosporiose também foi observado por Marcias Tronconi (1985).

De acordo com Agrios (1988), o cálcio reduz a severidade de várias doenças por ser constituinte da lamela média da parede celular, presente principalmente na forma de pectatos de cálcio, conferindo resistência à penetração do patógeno. Castaño (1956) comprovou a penetração de *C. coffeicola* por estômatos e diretamente através da cutícula. Nela, o cálcio assume grande importância, devido à sua função na estabilização de paredes e membranas celulares, onde atua como agente cimentante, aumentando a resistência à penetração de patógenos.

O cálcio também destaca-se no crescimento radicular, devido ao seu papel na divisão e alongação celular, tratando-se do único nutriente cujo suprimento externo às raízes é crucial para o desenvolvimento das mesmas (Ribeiro do Vale et al., 1994).

O conteúdo de cálcio nos tecidos das plantas afeta a incidência de doenças de duas formas: na primeira, quando os níveis de cálcio são baixos, o

efluxo de compostos de baixo peso molecular do citoplasma para o apoplasto é aumentado; na segunda, poligacturonatos de cálcio são requeridos na lamela média, para estabilizar a parede celular. Muitos fungos e bactérias fitopatogênicas alcançam o tecido da planta pela produção de enzimas pectolíticas extracelulares, como a galacturonase e a poligalacturonase, responsáveis por dissolver a lamela média (McGuire & Kelman, 1986). A atividade dessas enzimas é drasticamente inibida pela presença de cálcio (Marschner, 1995).

Edgington & Walker (1984) estudaram o efeito do cálcio, em solução nutritiva, na murcha de fusarium em plantas de tomate e verificaram redução na severidade da doença com o aumento da concentração deste nutriente na solução de 5 para 500 ppm. Corden (1965) também observou comportamento semelhante no mesmo patossistema. Segundo o autor, as reduzidas concentrações de Ca^{+2} presentes nos tecidos vegetais não foram capazes de inibir a atividade da poligalacturonase produzida pelo patógeno.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização

O experimento foi implantado em casa-de-vegetação não climatizada do Departamento de Fitopatologia (DFP) da Universidade Federal de Lavras, localizado a uma altitude de 918 metros, latitude sul de 21°14' longitude oeste 45°00'. Para os trabalhos com o patógeno e as análises de área foliar foi utilizado o Laboratório de Epidemiologia e Manejo – DFP. Diariamente foram registradas, com auxílio de um termohigrógrafo, a umidade relativa do ar e a temperatura do ambiente.

3.2 Delimitação experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com dezesseis tratamentos, três repetições e duas plantas por parcela. Foi utilizado um esquema fatorial 4 x 4, com quatro níveis de K (1, 3, 5 e 7 mmol/L) e quatro níveis de Ca (2, 4, 6 e 8 mmol/L) (Figura 1).



FIGURA 1. Experimento com solução nutritiva, acondicionada em potes plásticos pintados com tinta reflexiva.

3.3 Mudas utilizadas e solução nutritiva

Foram utilizadas mudas de café com seis meses de idade, cultivar Mundo Novo IAC 379-19, suscetível à cercosporiose. As mudas foram plantadas em setembro de 2000, em bandejas com areia lavada em ácido clorídrico (HCl) a 10% e transplantadas, no estágio de “orelha-de-onça”, para os potes plásticos contendo as soluções nutritivas, em dezembro de 2000.

As soluções nutritivas foram acondicionadas em potes plásticos de seis litros, pintados com tinta reflexiva, conectados ao compressor de ar por tubos e mangueiras, para promover a aeração contínua das soluções contidas nos recipientes (Figura 2). As soluções nutritivas utilizadas foram calculadas a partir da solução de Hoagland & Arnon (1950), utilizando-se os seguintes sais: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, KNO_3 , NaNO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, NH_4NO_3 , NaH_2PO_4 , KH_2PO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, NH_4Cl , KCl , $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, K_2SO_4 (Tabela 1). Igualmente em todos os tratamentos, foi adicionado 1mL/L da solução estoque de micronutrientes, cuja a composição é a seguinte: H_3BO_3 (1,85 g/L); $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (0,12 mg/L); $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (3,96 mg/L); $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{21} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (0,088 mg/L), e $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,086 mg/L). Também foi adicionado em cada litro de solução nutritiva 1mL da solução estoque de Na_2EDTA (14,84 mg/L) e FeCl_2 (10,81 mg/L) (Tabela 2).

TABELA 1 Concentrações de macronutrientes utilizados nas soluções nutritivas das mudas de caféiro para as diferentes relações de potássio e cálcio

| Sais (mg/L) | Tratamentos K : Ca (mmol.L ⁻¹ : mmol.L ⁻¹) | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1:2 | 1:4 | 1:6 | 1:8 | 3:2 | 3:4 | 3:6 | 3:8 | 5:2 | 5:4 | 5:6 | 5:8 | 7:2 | 7:4 | 7:6 | 7:8 |
| NH ₄ H ₂ PO ₄ | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| NH ₄ NO ₃ | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| MgSO ₄ | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| KNO ₃ | 1 | - | - | - | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | - | - | - | 7 | - | - |
| Ca(NO ₃) ₂ | 2 | - | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | - | - | 4 | 4 | 2 | - | 4 | 4 |
| CaCl ₂ | - | - | 2 | 4 | - | 2 | 4 | 6 | 2 | 4 | 2 | 4 | - | 4 | 2 | 4 |
| KCl | - | 4 | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | 5 | 5 | 7 | - | 7 | 7 |
| NaNO ₃ | 3,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 3,5 | 3,5 | 0,5 | 0,5 | 4,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 |

TABELA 2 Concentrações de macronutrientes utilizados nas soluções nutritivas das mudas de caféiro para as diferentes relações de potássio e cálcio

| Sais (mg/L) | Tratamentos K : Ca (mmol.L ⁻¹ : mmol.L ⁻¹) | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1:2 | 1:4 | 1:6 | 1:8 | 3:2 | 3:4 | 3:6 | 3:8 | 5:2 | 5:4 | 5:6 | 5:8 | 7:2 | 7:4 | 7:6 | 7:8 |
| H ₃ BO ₃ | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 1,85 |
| CuSO ₄ .(H ₂ O) ₅ | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| MnSO ₄ .H ₂ O | 3,96 | 3,96 | 3,96 | 3,96 | 3,96 | 3,96 | 3,96 | 3,96 | 3,96 | 3,96 | 3,96 | 3,96 | 3,96 | 3,96 | 3,96 | 3,96 |
| (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .(H ₂ O) ₄ | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,088 |
| ZnSO ₄ | 0,086 | 0,086 | 0,086 | 0,086 | 0,086 | 0,086 | 0,086 | 0,086 | 0,086 | 0,086 | 0,086 | 0,086 | 0,086 | 0,086 | 0,086 | 0,086 |
| FeCl ₃ | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |



FIGURA 2. Mudanças de café cultivadas em potes plásticos contendo solução nutritiva.

Durante o período de cultivo, completou-se o volume das soluções com água desmineralizada após redução do nível de água a menos de 1cm da borda superior dos potes plásticos. O pH das soluções nutritivas foi ajustado diariamente com NaOH (0,1N) e HCl (0,1N) para 5,5. A depleção de K^+ das soluções nutritivas foi determinada no Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, por meio de fotometria de chama (Malavolta et al.,1997). Quando a depleção atingiu 70% da concentração inicial, todas as soluções foram trocadas por soluções correspondentes.

3.4 Inoculações

Foram realizadas doze inoculações, semanais, com suspensão contendo $1,5 \times 10^4$ conídios/mL, obtida em coletas semanais de folhas infectadas com *Cercospora coffeicola* em cafezais localizados próximos a Universidade Federal de Lavras. Após cada coleta, as folhas foram submetidas à câmara úmida durante 48 horas. Com o auxílio de pincel, foram lavadas com água desmineralizada e a suspensão acondicionada em Becker de vidro. A calibragem da suspensão foi determinada em hemacitômetro.

Realizou-se a limpeza da superfície foliar com algodão para promover leves ferimentos e raspar a cutícula. Em seguida, aplicou-se suspensão de conídios com atomizador De Vilbiss nº 15, em todas as folhas até o ponto de escorrimento. Após a inoculação, cada vaso foi coberto com saco plástico por 12 horas, para propiciar condições adequadas de temperatura e umidade para a penetração do fungo.

3.5 Área foliar total

A área foliar de cada planta também foi determinada quinzenalmente por análise não destrutiva, com medidor laser de área foliar (Laser Area Meter CI-203 – CID Incorp.) (Figura 3). Após sete avaliações, quando as plantas encontravam-se com oito meses de idade, realizou-se a coleta seguida da determinação da área foliar total. A partir da equação proposta por Campbell & Maddem (1990), calculou-se a área abaixo da curva de progresso para a área foliar.



FIGURA 3. Medidor laser de área foliar (Laser Area Meter CI-203 – CID Incorp.).

3.5 Avaliação e análise da cercosporiose

A incidência e a severidade da cercosporiose foram avaliadas quinzenalmente, com total de sete avaliações. A incidência foi avaliada pela porcentagem do número de folhas com lesão por planta. A severidade foi avaliada pela contagem do número total de lesões por planta e número de lesões por folha. Para determinar a incidência da cercosporiose, contou-se o número de folhas lesionadas e dividiu-se pelo número total de folhas do hospedeiro, segundo a equação:

$$I(\%) = \text{NFL} / \text{NTF} * 100$$

Em que:

I(%)= incidência em porcentagem;

NFL= número de folhas lesionadas;

NTF= número total de folhas.

A análise da incidência foi feita pela área abaixo da curva de progresso para incidência (AACPI). A severidade da cercosporiose foi analisada por meio da área abaixo da curva de progresso para o total de lesões (AACPTL), da área abaixo da curva de progresso de lesões por folha (AACPLF) e pela porcentagem de área foliar lesionada (AFL%) na última avaliação. A AACPI, AACPLF e AACPTL foram determinadas com a equação proposta por Campbell & Madden (1990):

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

Em que:

AACP = área abaixo da curva de progresso;

Y_i = proporção da doença na i-ésima observação;

T_i = tempo em dias na i-ésima observação;

n = número de observações.

Na última avaliação, as lesões de cada folha foram desenhadas em lâmina de transparência (Figura 4), para determinar a área foliar lesionada de cada planta, com o auxílio do programa Image Tool[®] (UTHSCA - E.U.A). A porcentagem de área foliar lesionada foi obtida pela fórmula:

$$AFL(\%) = \frac{AFL * 100}{AFT}$$

Em que:

AFL(%) = área foliar lesionada em porcentagem;

AFL = área foliar lesionada em cm^2 ;

AFT = área foliar total em cm^2 .



FIGURA 4. Desenho das lesões da cercosporiose em folha de transparência.

3.7 Matéria seca e análise nutricional das plantas

Após o término das avaliações, as folhas, as raízes e os caules foram lavados e acondicionados separadamente em sacos de papel e secos em estufa a 60°C até atingirem peso constante. Procedeu-se à pesagem e à moagem da matéria seca da parte aérea e das raízes. Em seguida, as amostras foram enviadas para o Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras para determinação dos teores de K, N, P, S, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn e Fe de cada tratamento, segundo metodologia adotada por Malavolta et al. (1997).

No extrato obtido por digestão nitroperclórica do material vegetal foram obtidos os teores de fósforo por colorimetria, de potássio e de sódio por fotometria de chama, de enxofre por turbidimetria e de cálcio e de magnésio por espectrofotometria de absorção atômica. O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método semimicro Kjeldahl. Os teores de cobre, ferro, manganês e zinco presentes nos tecidos vegetais foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica. Os teores de boro, após digestão via seca (incineração), foram determinados por colorimetria (método da curcumina).

3.8 Análise estatística

A análise de variância, assim como as regressões foram realizadas com o programa Sisvar[®] - versão 4.3 (Build 42). As fontes de variação significativas pelo teste de F foram empregadas para construir os modelos de regressão. Em seguida foram plotadas as curvas e as superfícies de resposta, com seus respectivos cortes. Os pontos de máximo e/ou mínimo foram obtidos a partir da derivada primeira de cada equação, as quais foram igualadas a zero.

4.6. Temperatura e umidade relativa do ar

Foram realizados os monitoramentos da umidade relativa do ar e também da temperatura da casa-de-vegetação, onde realizou-se o experimento. A temperatura manteve-se dentro do intervalo favorável ao desenvolvimento da cercosporiose (entre 10° e 30°C) (Figura 5). Na mesma Figura ainda é possível observar o comportamento da umidade relativa do ar. Ela apresentou oscilações, no entanto manteve-se acima de 60% durante a maior parte do período avaliado.

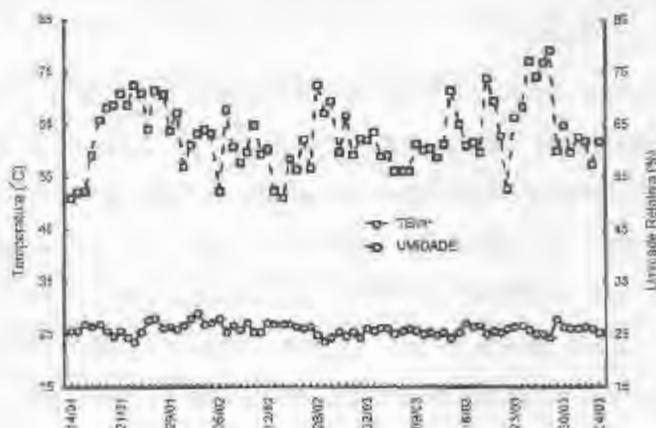


FIGURA 5. Comportamento da temperatura e da umidade relativa do ar, em telado, entre 14 de janeiro e 4 de março de 2001.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção de matéria seca

4.1.1 Matéria seca da parte aérea

A produção de matéria seca da parte aérea das mudas do cafeeiro (MSPA) foi significativamente influenciada pelo potássio e pela interação potássio-cálcio (Tabela 3).

TABELA 3. Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores de produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e matéria seca total (MST) em função das doses de potássio e cálcio em solução nutritiva.

| FV | GL | MSPA | MSR | MST |
|-----------|----|----------------------|-----------------------|----------------------|
| Repetição | 2 | 0,34 ^{n.s.} | 0,09 ^{n.s.} | 3,86 ^{n.s.} |
| K | 3 | 3,33 [*] | 0,97 ^{**} | 8,48 [*] |
| Linear | 1 | 8,06 ^{**} | 2,68 ^{**} | 23,00 ^{**} |
| Quadr. | 1 | 0,06 ^{n.s.} | 0,13 ^{n.s.} | 1,05 ^{n.s.} |
| Ca | 3 | 0,75 ^{n.s.} | 0,17 ^{n.s.} | 1,80 ^{n.s.} |
| Linear | 1 | 2,03 ^{n.s.} | 0,50 [*] | 4,87 ^{n.s.} |
| Quadr. | 1 | 0,06 ^{n.s.} | 0,014 ^{n.s.} | 0,54 ^{n.s.} |
| K x Ca | 9 | 1,42 [*] | 0,26 [*] | 3,33 ^{n.s.} |
| KICal | 1 | 0,05 ^{n.s.} | 0,21 ^{n.s.} | 3,14 ^{n.s.} |
| KqCal | 1 | 2,47 [*] | 0,01 ^{n.s.} | 0,25 ^{n.s.} |
| KICaq | 1 | 4,70 ^{**} | 0,60 [*] | 7,04 ^{n.s.} |
| KqCaq | 1 | 0,29 ^{n.s.} | 0,05 ^{n.s.} | 0,75 ^{n.s.} |
| Desvios | 7 | 1,04 ^{n.s.} | 0,226 ^{n.s.} | 2,88 ^{n.s.} |
| Erro | 30 | 0,59 | 0,09 | 1,99 |
| C.V.(%) | | 26,56 | 35,47 | 27,21 |

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

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

Na superfície de resposta da produção de MSPA (Figura 6), é possível observar o efeito negativo da interação potássio-cálcio. O potássio em doses excessivas compete com o cálcio pelos mesmos sítios de absorção das estruturas orgânicas (Marschner, 1995). Tais estruturas funcionam como moléculas transportadoras no processo de absorção ativa, explicando o efeito antagônico do incremento das doses de potássio na produção de matéria seca da parte aérea das mudas de caféiro, encontrado no presente trabalho.

$$\hat{Y} = 3,03 + 0,39K + 0,01K^2 - 1,50Ca - 0,18Ca^2 - 0,54KCa + 0,02K^2Ca + 0,07KCa^2$$

$$R^2 = 0,7$$

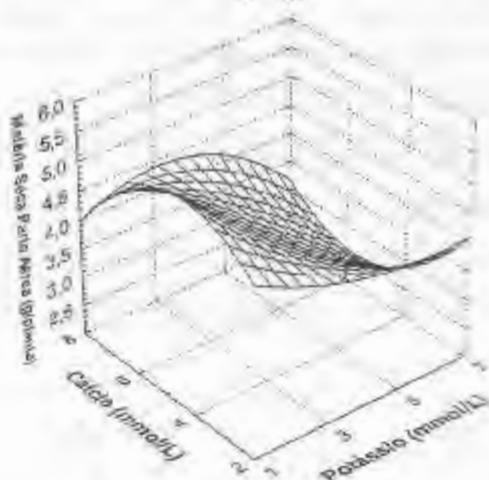


FIGURA 6. Matéria seca da parte aérea (MSPA) das mudas de caféiro, em função das doses de potássio e cálcio aplicadas em solução nutritiva.

A maior produção de MSPA (5,53g/planta) foi obtida com as doses de 1 mmol/L de potássio e 4,29 mmol/L de cálcio (Figura 7). Com a dose 3 mmol/L de potássio, a produção de MSPA (4,38g/planta) manteve-se praticamente constante, com o aumento das doses de cálcio. Para as doses 5 e 7 mmol/L de potássio, a MSPA tendeu a diminuir com o aumento das doses de cálcio de 2

para 4,29 mmol/L e a partir daí tendeu a aumentar. Para as doses 2, 4 e 6 mmol/L de cálcio, foi possível observar a tendência de redução da MSPA com o incremento das doses de potássio (Figura 8). Para a dose 8 mmol/L de cálcio, a MSPA aumentou com o incremento das doses de potássio de 1 para 3,20 mmol/L e a partir daí tendeu a diminuir.

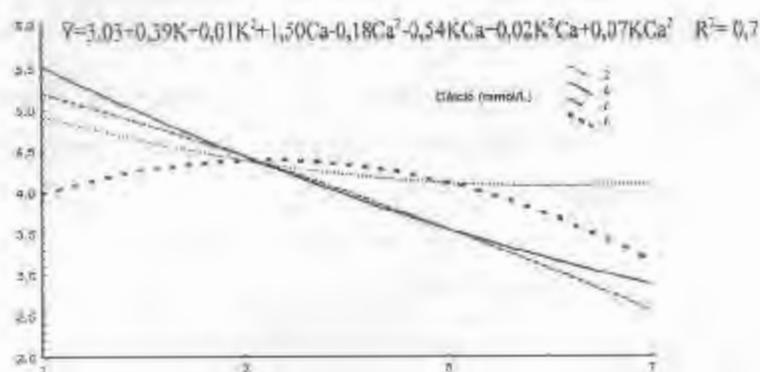


FIGURA 7. Matéria seca da parte aérea das mudas de café em função de doses de cálcio em cada dose de potássio.

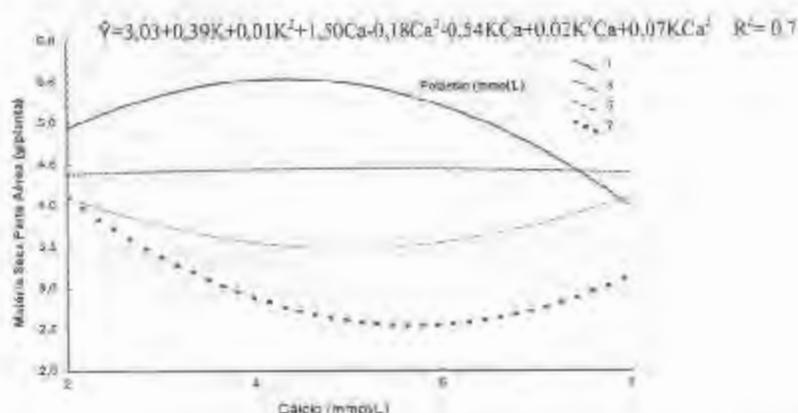


FIGURA 8. Matéria seca da parte aérea das mudas de café em função de doses de potássio em cada dose de cálcio.

Santos et al. (1994) estudaram o efeito de doses de potássio na composição do substrato para formação de mudas de café e também constataram menor produção de matéria seca da parte aérea das mudas com o aumento das doses de potássio.

4.1.2 Matéria seca da raiz

A MSR foi significativamente influenciada pelas doses de potássio e não pelas doses de cálcio. Apresentou significância também a interação potássio-cálcio (Figura 9 e Tabela 3).

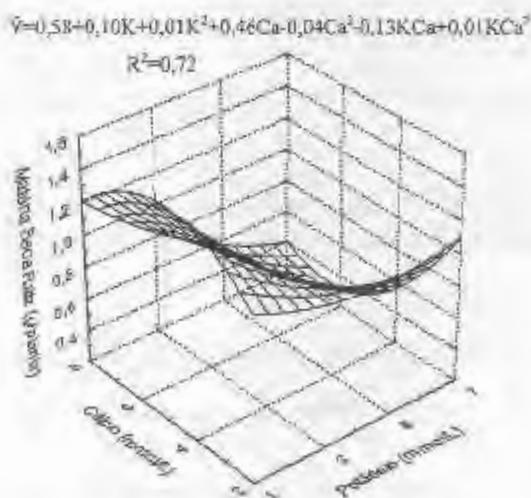


FIGURA 9. Matéria seca das raízes das mudas de café em função das doses de potássio e cálcio aplicadas em solução nutritiva.

Houve redução da matéria seca da raiz em todas as doses de cálcio com o incremento das doses de potássio (Figura 10). A maior produção de MSR (1,513g/planta) foi obtida com as doses 1 mmol/L de potássio e 4,95 mmol/L de cálcio (Figura 11). Bastos (1994) trabalhou com plantas adultas de café e

encontrou correlação positiva entre o incremento das doses de potássio e o aumento da matéria seca das raízes e da matéria seca da parte aérea das plantas, discordando dos resultados encontrados no presente trabalho.

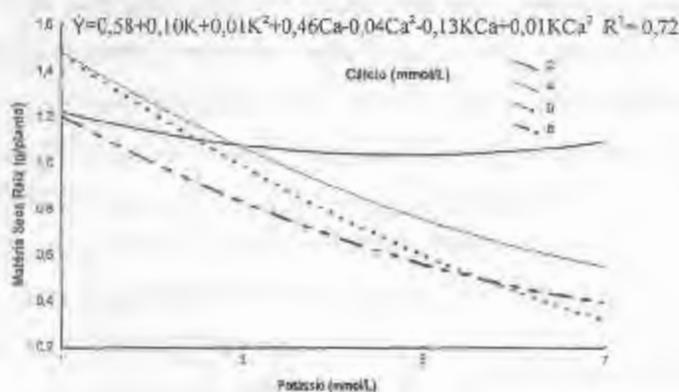


FIGURA 10 Matéria seca da raiz das mudas de cafeeiro em função das doses de cálcio em cada dose de potássio em solução nutritiva.

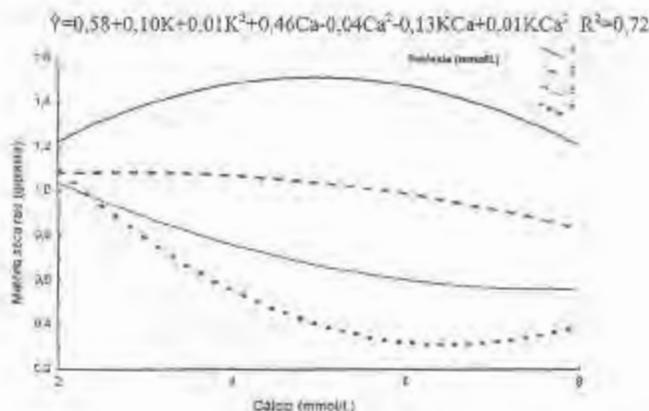


FIGURA 11. Matéria seca da raiz das mudas de cafeeiro em função de doses de potássio em cada dose de cálcio em solução nutritiva.

O efeito negativo do potássio na quantidade de MSR pode ser explicada pelo aumento da pressão osmótica no meio, provocada pelas altas concentrações de KNO_3 , presentes nos tratamentos com as maiores doses de potássio (Tabela 1). Tais concentrações provocaram danos às raízes, prejudicando a absorção de nutrientes, realizada por processo essencialmente ativo (Malavolta, 1980). Níveis adequados de potássio proporcionam grandes suprimentos de açúcares nas raízes, correspondendo ao aumento da taxa de fixação de N_2 e exportação de nitrogênio para outras partes da planta (Mengel et al., 1974; Collins & Duke, 1981).

4.1.3 Matéria seca total

A matéria seca total das mudas de cafeeiro (MST) foi significativamente influenciada pelo potássio e não pelo cálcio (Tabela 3). A maior produção de MST (6,112g/planta) foi obtida com a dose 1 mmol/L. O incremento das doses de potássio de 3 para 7 mmol/L reduziu linearmente a produção de MST (Figura 12).

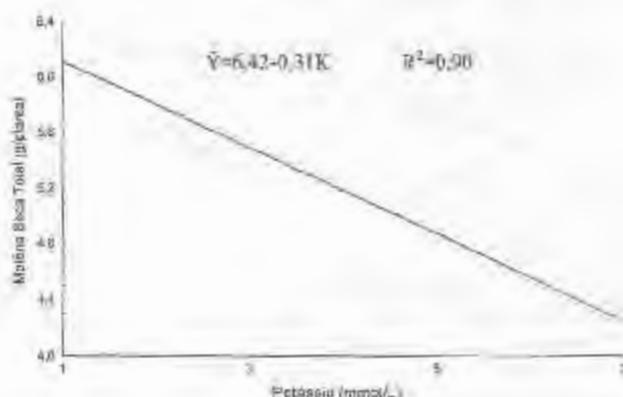


FIGURA 12. Matéria seca total (MST) das mudas de cafeeiro em função das doses de potássio aplicadas em solução nutritiva.

De acordo com Marschner (1995) o potássio, presente em elevadas quantidades nos tecidos vegetais, pode interferir na translocação e na disponibilidade fisiológica do magnésio e do cálcio, resultando em desordens metabólicas. Essa interferência possivelmente afetou a quantidade de MSPA e MSR, reforçando o efeito competitivo entre o potássio e o cálcio.

4.2 Área foliar

A área foliar total das mudas (AFT) foi afetada pelas doses de potássio e de cálcio. A interação potássio-cálcio não afetou a AFT. A área abaixo da curva de progresso para a área foliar das mudas de cafeeiro (AACPAF) não foi significativamente influenciada pelo incremento das doses de potássio e cálcio. A área abaixo da curva de progresso do total de folhas das mudas de cafeeiro (AACPTF) foi influenciada apenas pelas doses de potássio e pela interação potássio-cálcio (Tabela 4).

A maior AFT foi obtida com a dose 3,63 mmol/L de potássio (Figura 13). Para o cálcio, a maior AFT foi obtida com a dose 4,41 mmol/L. A AFT tendeu a aumentar com o incremento das doses deste nutriente de 2 para 4,41 mmol/L, diminuindo em seguida (Figura 14).

TABELA 4. Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores da área foliar total (AFT), área abaixo da curva de progresso da área foliar (AACPAF) e área abaixo da curva de progresso do número total de folhas (AACPTF) em função das doses de potássio e cálcio em solução nutritiva.

| PV | GL | AFT | AACPAF | AACPTF |
|-----------|----|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Repetição | 2 | 6973,90 ^{n.s.} | 16690,81 ^{n.s.} | 27037,20 ^{n.s.} |
| K | 3 | 31858,79 ^{**} | 15029,94 ^{n.s.} | 114626,07 [*] |
| Linear | 1 | 13029,47 [*] | 31994,64 ^{n.s.} | 20883,33 ^{n.s.} |
| Quadr. | 1 | 79370,51 ^{**} | 2280,41 ^{n.s.} | 250671,38 ^{**} |
| Ca | 3 | 13761,14 [*] | 12076,17 ^{n.s.} | 35095,60 ^{n.s.} |
| Linear | 1 | 12222,39 [*] | 20133,56 ^{n.s.} | 3810,05 ^{n.s.} |
| Quadr. | 1 | 29002,96 ^{**} | 15978,77 ^{n.s.} | 90893,26 ^{n.s.} |
| K x Ca | 9 | 3134,67 ^{n.s.} | 14101,77 ^{n.s.} | 43501,85 [*] |
| KICaI | 1 | 297,00 ^{n.s.} | 11,44 ^{n.s.} | 66547,13 ^{n.s.} |
| KqCaI | 1 | 7752,69 ^{n.s.} | 1,68 ^{n.s.} | 103490,68 [*] |
| KICaq | 1 | 2049,46 ^{n.s.} | 10,76 ^{n.s.} | 12130,37 ^{n.s.} |
| KqCaq | 1 | 8,24 ^{n.s.} | 0,02 ^{n.s.} | 89592,48 [*] |
| Desvios | 7 | 3048,45 ^{n.s.} | 24969,14 ^{n.s.} | 28951,85 ^{n.s.} |
| Erro | 30 | 2605,14 | 7996,78 | 16083,45 |
| C.V.(%) | | 14,22 | 19,18 | 10,98 |

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

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

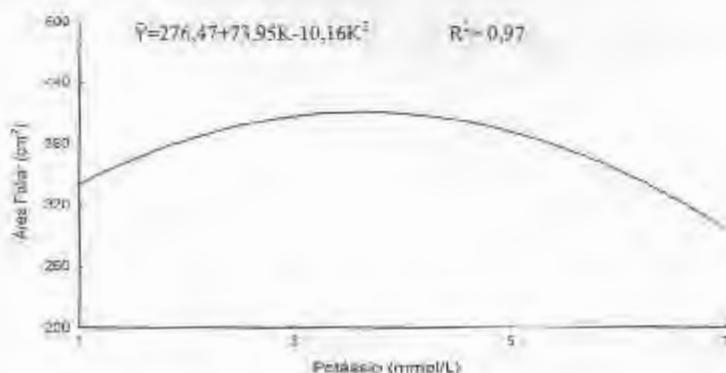


FIGURA 13. Área foliar total (cm²) em função das doses de potássio aplicadas em solução nutritiva.

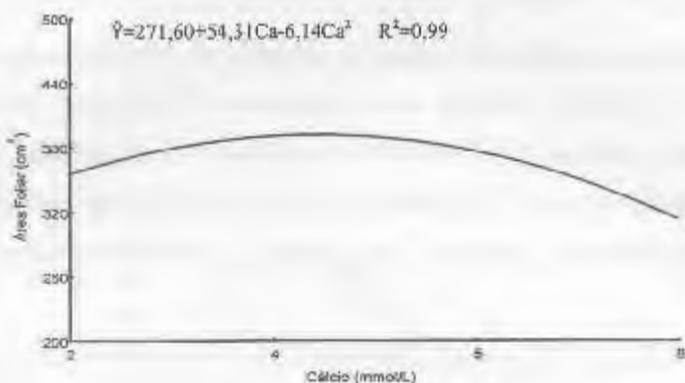


FIGURA 14. Área foliar total (cm²) em função das doses de cálcio aplicadas em solução nutritiva.

Tanto a AFT como a produção de MSPA apresentaram resposta similar em relação as doses de cálcio aplicadas. A maior AFT foi obtida com a dose 4,41 mmol/L de cálcio e a maior produção de MSPA foi obtida com a dose 4,29 mmol/L do mesmo nutriente. Ainda em relação a AFT, verificou-se ao longo do tempo, o aumento da área foliar dos tratamentos (Figura 15).

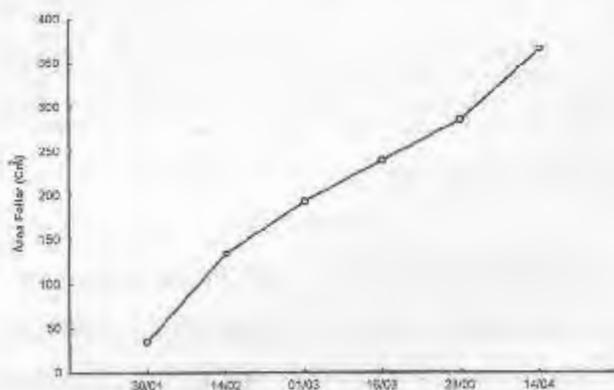


FIGURA 15. Produção média da área foliar (cm²) das mudas de café, entre 30/01 e 14/04 de 2001.

Segundo Bergmann (1992), baixas concentrações de Ca^{2+} estimulam a translocação de íons, provavelmente devido ao seu efeito estabilizador da membrana celular e também por estimular o metabolismo respiratório e o transporte de elétrons. No entanto, de acordo com Marschner (1995), altas concentrações de íons Ca^{2+} inibem a translocação de outros cátions por possuir efeito antagônico aos mesmos, confirmando os resultados obtidos no presente trabalho.

Alexandre Pozza et al. (2001) estudou o efeito da adubação nitrogenada e potássica na incidência e severidade da cercosporiose em mudas de café e não observou efeito entre o incremento das doses de potássio de 3 para 9 mmol/L e o aumento da área foliar total de mudas de café. Provavelmente este resultado difere do encontrado no presente trabalho, pelo fato do autor ter trabalhado com um intervalo de doses de potássio diferente, o qual variou de 1 a 7 mmol/L.

4.3 Total de folhas

A área abaixo da curva de progresso do número total de folhas das mudas de café (AACPTF) foi significativamente influenciada pelo incremento das doses de potássio e a interação entre os dois nutrientes (Figura 16 e Tabela 4).

$$\hat{Y} = 1967,01 - 577,26K + 61,89K^2 - 350,20Ca - 25,93Ca^2 + 282,76KCa - 32,19K^2Ca + 23,37KCa^2 + 2,70K^2Ca^2$$

$$R^2 = 0,76$$

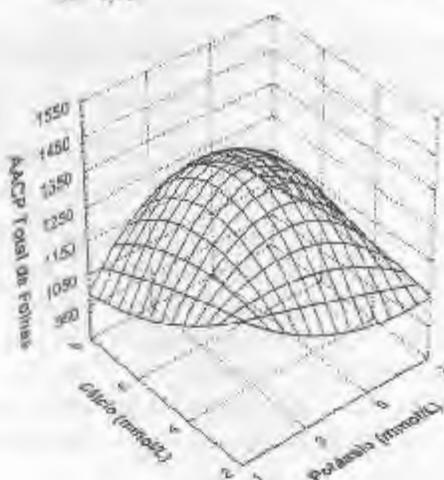


FIGURA 16. Área abaixo da curva de progresso do total de folhas em função das doses de potássio e cálcio em solução nutritiva.

Em todas as doses de potássio, com exceção da dose 1 mmol/L, houve aumento na AACPTF com o incremento das doses de cálcio (Figura 17). A maior AACPTF (1366.638) foi obtida com a dose 4,07 mmol/L de potássio e 6 mmol/L de cálcio (Figura 18). Em todas as doses de cálcio, com exceção da dose 2 mmol/L também houve aumento na AACPTF. Estes resultados correspondem ao aumento da área foliar total (AFT) e da produção matéria seca da parte aérea (MSPA) obtido até a dose 4 mmol/L de cálcio.

Os resultados obtidos para AACPTF em relação a dose 4 mmol/L de potássio, confirmam a importância de nutrir a planta adequadamente com este nutriente. O potássio, quando disponibilizado para a planta em níveis adequados, não compete com os demais nutrientes presentes nos tecidos foliares, muitos dos quais são essenciais para o processo de fotossíntese. Além disso, na forma de íons K^+ é necessário na síntese de proteínas em plantas superiores. Íons K^+

também estão envolvidos em várias etapas do processo de tradução, incluindo a ligação do tRNA com os ribossomos (Evans & Wildes, 1971; Wyn Jones et al., 1979).

$$\hat{Y} = 1967,01 - 577,26K + 61,89K^2 - 350,20Ca + 25,93Ca^2 + 282,76KCa + 32,19K^2Ca + 23,37KCa^2 + 2,70K^2Ca^2$$

$$R^2 = 0,76$$

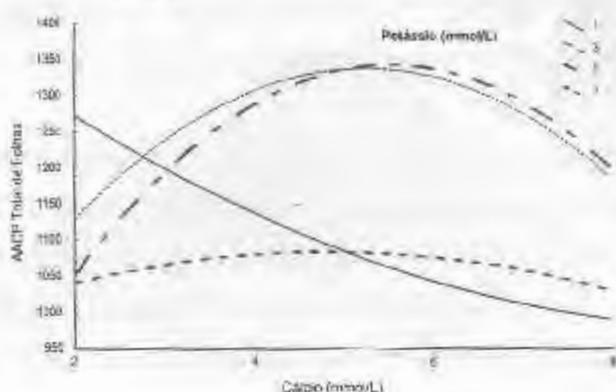


FIGURA 17. Área abaixo da curva de progresso do total de folhas das mudas de café em função de doses de potássio em cada dose de cálcio.

$$\hat{Y} = 1967,01 - 577,26K - 61,89K^2 - 350,20Ca + 25,93Ca^2 + 282,76KCa + 32,19K^2Ca + 23,37KCa^2 + 2,70K^2Ca^2$$

$$R^2 = 0,76$$

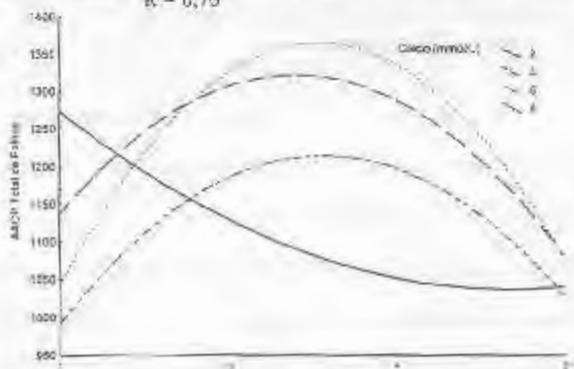


FIGURA 18. Área abaixo da curva de progresso do total de folhas das mudas de café, em função de doses de cálcio em cada dose de potássio.

4.4 Incidência e severidade da cercosporiose

4.4.1 Incidência

O incremento das doses de potássio e de cálcio apresentaram efeito significativo na AACPI, entretanto, a interação potássio-cálcio não influenciou a incidência da cercosporiose (Tabela 5).

TABELA 5. Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores da área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) de *Cercospora coffeicola*, área abaixo da curva de progresso do número total de lesões por planta (AACPTL), área abaixo da curva de progresso do número de lesões por folha (AACPLF) e porcentagem de área foliar lesionada (AFL%) em função das doses de potássio e cálcio em solução nutritiva.

| FV | GL | AACPI | AACPLPF | AACPTL | AFL (%) |
|-----------|----|-----------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------|
| Repetição | 2 | 26,35 ^{n.s.} | 4062,55 ^{n.s.} | 42513,28 ^{n.s.} | 0,49 ^{n.s.} |
| K | 3 | 35,60 [*] | 4035,35 ^{n.s.} | 314,410 ^{**} | 2,53 ^{**} |
| Linear | 1 | 0,08 ^{n.s.} | 5788,37 ^{n.s.} | 772254,15 ^{**} | 5,05 ^{**} |
| Quadr. | 1 | 75,37 [*] | 2305,23 ^{n.s.} | 148463,13 [*] | 2,10 [*] |
| Ca | 3 | 28,52 [*] | 13417,31 ^{**} | 1250788,46 ^{**} | 3,31 ^{**} |
| Linear | 1 | 64,31 [*] | 12736,31 [*] | 3030416,63 ^{**} | 2,96 [*] |
| Quadr. | 1 | 19,55 ^{n.s.} | 27503,28 ^{**} | 720177,50 ^{**} | 6,64 ^{**} |
| K x Ca | 9 | 11,90 ^{n.s.} | 8525,88 ^{**} | 641892,79 ^{**} | 9,78 ^{**} |
| K Ca | 1 | 38,54 ^{n.s.} | 35832,29 ^{**} | 2018430,18 ^{**} | 11,44 ^{**} |
| K Ca | 1 | 2,39 ^{n.s.} | 9278,51 ^{n.s.} | 942193,35 ^{**} | 1,74 ^{n.s.} |
| K Ca | 1 | 12,23 ^{n.s.} | 1658,07 ^{n.s.} | 1348608,03 ^{**} | 3,57 ^{**} |
| K Ca | 1 | 6,90 ^{n.s.} | 13666,08 [*] | 742593,75 ^{**} | 2,12 [*] |
| Desvios | 7 | 26,72 ^{n.s.} | 6768,86 | 334030,87 ^{n.s.} | 3,34 ^{n.s.} |
| Erro | 30 | 9,65 | 2788,26 | 23798,79 | 0,47 |
| C.V.(%) | | 19,18 | 30,52 | 21,24 | 45,5 |

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

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

Em relação ao efeito do potássio, a menor AACPI (14,6) foi obtida com a dose 4 mmol/L (Figura 19). Esse resultado está de acordo com aquele obtido para AFT, a qual foi máxima com a dose 3,63 mmol/L de potássio. A menor

incidência de *C. coffeicola* favoreceu o aumento da área foliar, provavelmente devido a maior produção de compostos fotossintetizados. Além disso, níveis excessivos desse nutriente interferem no efeito de outros nutrientes, como o cálcio e o magnésio (Marschner, 1995).

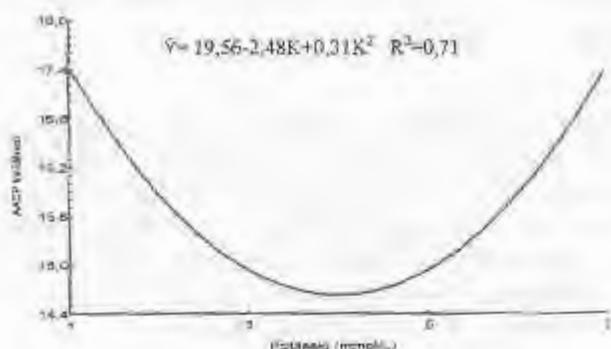


FIGURA 19. Área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) de *Cercospora coffeicola* em função de dos de potássio.

A AACPI decresceu linearmente com o aumento das doses de cálcio (Figura 20). Esse resultado confirma a hipótese da competição deste nutriente com o potássio (Marschner, 1995). No estudo realizado por Alexandre Pozza et al. (2001), os autores mantiveram a dose de cálcio fixa nos tratamentos e também observaram aumento da AACPI com maiores doses de potássio. A menor AACPI (14,78) foi obtida com a dose 8 mmol/L de cálcio.

A presença de cátions Ca^{2+} no tecido foliar, respeitando a quantidade ideal de potássio no conteúdo celular, inibe drasticamente a ação de enzimas pectolíticas produzidas por muitos parasitas de origem fúngica, cuja função é dissolver a lamela média da parede celular. Além disso, na própria lamela média, na superfície externa da membrana plasmática, no retículo endoplasmático e nos vacúolos são encontradas altas concentrações de cálcio,

comprovando a sua importância na integridade dos tecidos vegetais (Marschner, 1995).

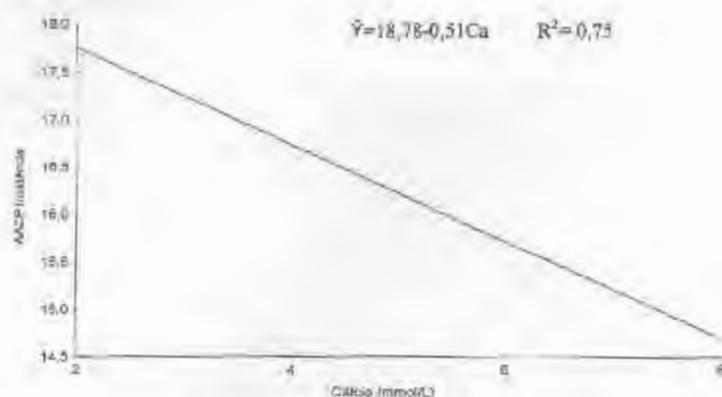


FIGURA 20. Área abaixo da curva de progresso de incidência de *Cercospora coffeicola* em função das doses de cálcio em solução nutritiva.

4.4.2 Severidade

A área abaixo da curva de progresso de lesões por folha (AACPLF) foi significativamente influenciada pelas doses de potássio e de cálcio e pela interação potássio-cálcio (Figura 21 e Tabela 5).

A menor AACPLF foi obtida com as doses 1 mmol/L de potássio e 4,82 mmol/L de cálcio (Figura 22). A maior AFT foi obtida com a dose 4,41 mmol/L de cálcio, indicando existir relação entre a AFT e a AACPLF.

$$\hat{Y} = 486,69 - 199,44K + 30,60K^2 - 152,04Ca + 14,95Ca^2 + 84,76KC - 12,10K^2Ca - 7,77KCa^2 + 1,05K^2Ca^2$$

$$R^2 = 0,84$$

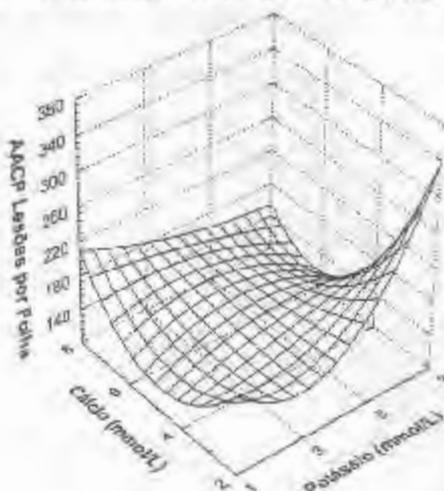


FIGURA 21. Área abaixo da curva de progresso de lesões de *Cercospora coffeicola* por folha de cafeeiro em função de doses de potássio e cálcio aplicadas em solução nutritiva.

$$\hat{Y} = 486,69 - 199,44K + 30,60K^2 - 152,04Ca + 14,95Ca^2 + 84,76KC - 12,10K^2Ca - 7,77KCa^2 + 1,05K^2Ca^2$$

$$R^2 = 0,84$$

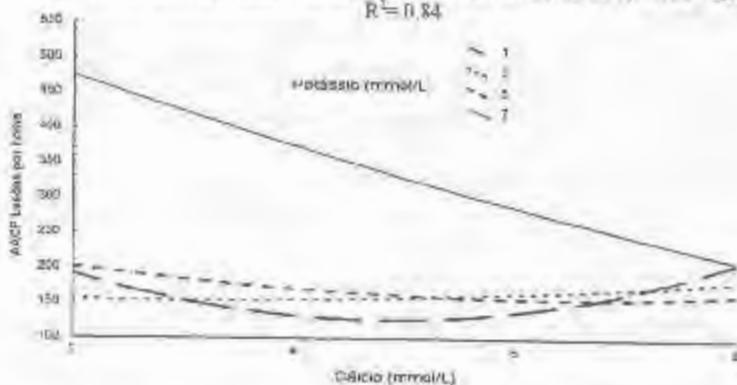


FIGURA 22. Área abaixo da curva de progresso de lesões de *Cercospora coffeicola* por folha de cafeeiro em função de doses de potássio em cada dose de cálcio.

Com exceção das doses 2 e 4 mmol/L de cálcio, nas demais doses houve redução na AACPLF com o incremento das doses de potássio (Figura 23). Comportamento este, para a dose 2 mmol/L de cálcio, semelhante ao observado para a AFT e para AACPI.

$$\hat{Y} = 486,69 - 199,44K + 30,60K^2 - 152,04Ca + 14,95Ca^2 + 84,76KCa - 12,10K^2Ca - 7,77KCa^2 + 1,05K^2Ca^2 \quad R^2 = 0,84$$

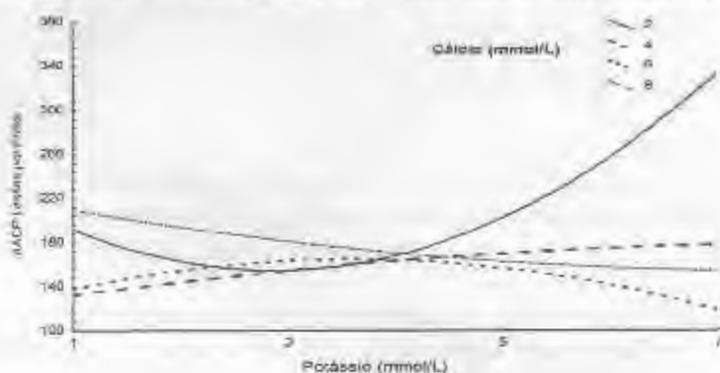


FIGURA 23. Área abaixo da curva de progresso de lesões de *Cercospora coffeicola* por folha de cafeeiro em função de doses de potássio em cada dose de cálcio.

A área abaixo da curva de progresso do total de lesões (AACPTL) foi significativamente influenciada pelo incremento das doses de potássio e de cálcio e também pela interação entre os dois nutrientes (Tabela 5 e Figura 24).

A menor AACPTL (213,238) foi obtida com as doses 7 mmol/L de potássio e 6,35 mmol/L de cálcio. Em relação ao potássio, esse resultado discorda daquele encontrado por Pozza (1999), a qual obteve a menor AACPTL com a menor dose deste nutriente.

Com exceção da dose 2 mmol/L de cálcio, nas demais doses deste nutriente houve ligeiro aumento na AACPTL com o incremento das doses de potássio. Para essa dose, a AACPTL diminuiu com o incremento das doses de potássio de 1 a 4,79 mmol/L, aumentando em seguida (Figura 25).

$$\hat{Y} = 2850,68 - 1708,84K + 281,09K^2 - 909,39Ca + 78,87Ca^2 + 700,70KCa - 110,09K^2Ca - 61,64KCa^2 + 9,44K^2Ca^2$$

$$R^2 = 0,90$$

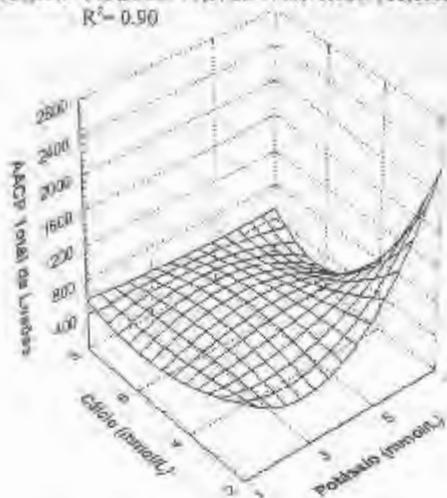


FIGURA 24. Área abaixo da curva de progresso do total de lesões de *Cercospora coffeicola* em mudas de cafeeiro em função de doses de potássio e cálcio aplicadas em solução nutritiva.

Assim como na AACPI, houve também tendência de redução da AACPTL com o aumento das doses de cálcio (Figura 26), indicando a importância deste nutriente na constituição da lamela média celular. De acordo com Richardson e Croughan (1989), toxinas fúngicas induzem o aumento do efluxo de íons K^+ , reduzindo os teores de potássio nos tecidos e nas células infectadas. Esse fato explica o efeito do potássio nutriente na severidade da cercosporiose, a qual reduziu com o incremento das doses de potássio, confirmando os resultados obtidos no presente trabalho.

A porcentagem de área foliar lesionada (AFL%) foi influenciada significativamente pelo incremento das doses de potássio e cálcio, assim como pela interação entre ambos os fatores (Tabela 4), indicando a interferência de um nutriente sobre o outro (Figura 27).

$$\bar{Y} = 2850,68 - 1708,84K + 281,09K^2 - 909,39Ca - 78,87Ca^2 + 700,70KCa - 110,09K^2Ca - 61,64KCa^2 + 9,44K^2Ca^2$$

$$R^2 = 0,90$$

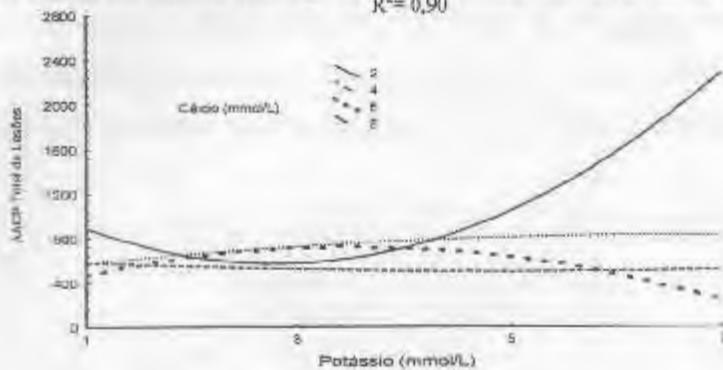


FIGURA 25. Área abaixo da curva de progresso do total de lesões de *Cercospora coffeicola* por planta em função de doses de cálcio em cada dose de potássio.

$$\bar{Y} = 2850,68 - 1708,84K + 281,09K^2 - 909,39Ca + 78,87Ca^2 + 700,70KCa - 110,09K^2Ca - 61,64KCa^2 + 9,44K^2Ca^2$$

$$R^2 = 0,90$$

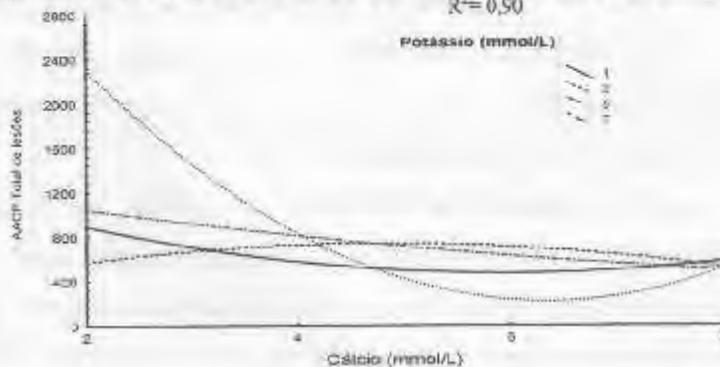


FIGURA 26. Área abaixo da curva de progresso do total de lesões de *Cercospora coffeicola* por planta em função das doses de potássio em cada dose de cálcio.

$$\hat{y} = 1,13 - 0,48K + 0,22K^2 - 0,21Ca + 0,04Ca^2 + 0,23KCa - 0,08K^2Ca - 0,03KCa^2 + 0,01K^3Ca^2$$

$$R^2 = 0,87$$

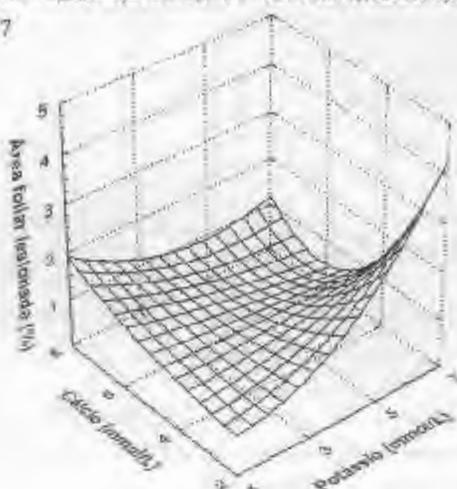


FIGURA 27. Área foliar lesionada (%) em função de doses de potássio e cálcio aplicadas em solução nutritiva.

A dose 2 mmol/L de cálcio destacou-se das demais. Nessa dose houve redução na AACPTF e aumento da porcentagem de AFL (Figura 28), da AACPLF e da AACPTL. Isso provavelmente ocorreu devido à menor quantidade do cálcio não ser capaz de competir pelos sítios de absorção com o potássio, tornando as mudas debilitadas em cálcio.

A menor porcentagem de AFL (0,477) foi obtida com as doses de 7 mmol/L de potássio e 6,18 mmol/L de cálcio (Figura 29). Essas doses podem ser mais eficientes no controle da cercosporiose. No entanto, não foram obtidos os melhores resultados referentes às características agrônômicas como matéria seca das raízes (MSR) e matéria seca da parte aérea (MSPA) para as mesmas doses. Yamazaki & Hoshima (1995) estudaram o efeito da nutrição com cálcio na resistência de plântulas de tomate a *Pseudomonas solanacearum* (murcha bacteriana) e também constataram a influência deste nutriente na severidade da doença. Os autores deste trabalho testaram três diferentes concentrações de

cálcio (0, 4 e 20 mM) em três cultivares de tomate, com diferentes graus de resistência (suscetível, moderadamente resistente e altamente resistente), encontrando significância para o incremento das doses de cálcio na redução na severidade da murcha bacteriana em cultivares com moderada e alta resistência à doença.

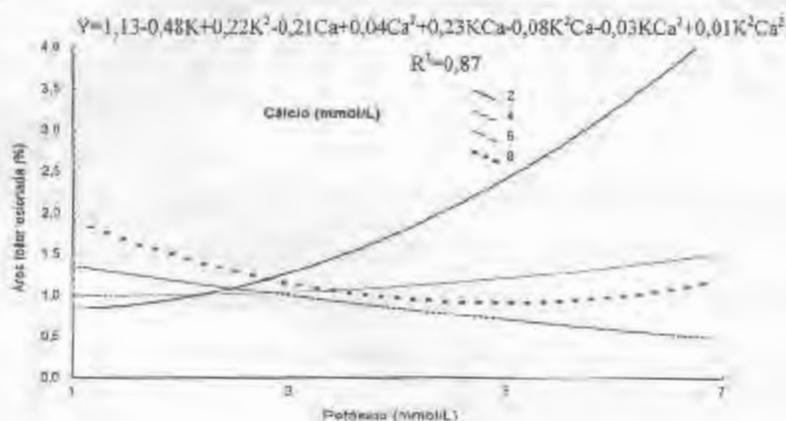


FIGURA 28. Área foliar lesionada (%) em função de doses de cálcio em cada dose de potássio.

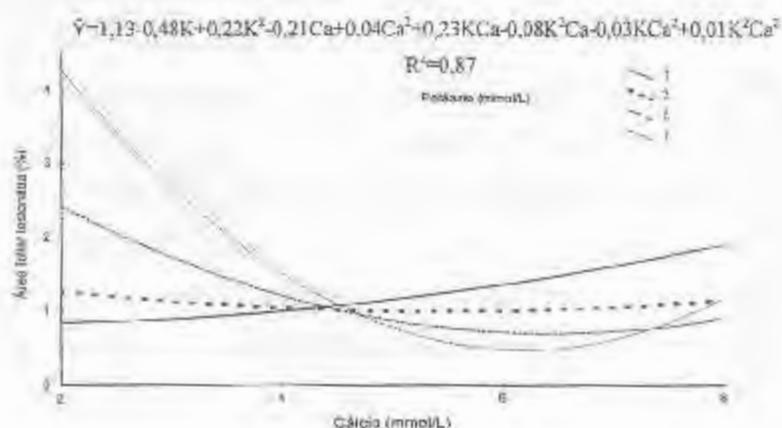


FIGURA 29. Área foliar lesionada (%) em função de doses de potássio em cada dose de cálcio.

A menor AACPTL também foi obtida com doses de potássio e de cálcio similares às obtidas para AFL (%) (7 mmol/L de potássio e 6,35 mmol/L de cálcio). A AACPL, em função das doses de cálcio, também apresentou resposta semelhante àquela encontrada para AFL (%).

4.5 Teores de macro e micronutrientes na parte aérea

4.5.1 Cálcio

Os teores de cálcio nos tecidos vegetais foram afetados significativamente com o incremento das doses de potássio e de cálcio e pela interação potássio-cálcio (Tabela 6 e Figura 30), variando de 0,542 a 1,45 dag/kg (Tabela 8). Embora o limite mínimo encontrado para este nutriente esteja abaixo de 1,0 dag/kg, quantidade considerada ideal para cafeeiros adultos (Malavolta, 1986; Prezotti & Bragança, 1995), a maioria dos tratamentos, principalmente aqueles com as menores doses de potássio e também aqueles com as maiores doses de cálcio, apresentaram teores acima de 1,0 dag/kg. Rodrigues (1997) trabalhou com mudas de cafeeiro com 6,5 meses de idade e considerou teores próximos de 1,1 dag/kg ideais para as plantas analisadas.

O maior teor de cálcio encontrado nos tecidos vegetais (1,45dag/kg), foi obtido com as doses 7 mmol/L de potássio e 8 mmol/L de cálcio. A dose 8 mmol/L de cálcio reduziu o teor deste nutriente nos tecidos foliares com o incremento das doses de potássio de 1 a 3,95 mmol/L, aumentando em seguida. As demais doses de cálcio tiveram um comportamento semelhante à dose 8 mmol/L (Figura 31). Em todas as doses de potássio, o teor de cálcio presente nos tecidos vegetais aumentou com o incremento das doses deste nutriente (Figura 32).

TABELA 6 Resumo da análise de variância (quadrados médios) das concentrações em dag/kg das análises químicas realizadas nas folhas, potássio (K), cálcio (Ca), nitrogênio (N), fósforo (P), enxofre (S) e magnésio (Mg), em função dos níveis crescentes de potássio e cálcio em solução nutritiva

| | GL | K | Ca | N | P | S | Mg |
|-----------|----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Repetição | 2 | 0,00696 ^{ns} | 1,604 ^{ns} | 10,0365 ^{ns} | 0,00042 ^{ns} | 0,17042 ^{**} | 0,44517 ^{**} |
| Potássio | 3 | 0,05653 ^{ns} | 0,54312 ^{**} | 3,87282 ^{ns} | 0,01100 ^{**} | 0,00286 ^{ns} | 0,00645 ^{ns} |
| Linear | 1 | 0,00220 ^{ns} | 0,68747 ^{**} | 6,21000 ^{ns} | 0,01819 ^{**} | 0,00036 ^{ns} | 0,00071 ^{ns} |
| Quadr. | 1 | 0,13188 ^{ns} | 0,90815 ^{**} | 0,05000 ^{ns} | 0,00118 ^{ns} | 0,00821 ^{ns} | 0,01751 ^{ns} |
| Cálcio | 3 | 0,05680 ^{ns} | 0,56434 ^{**} | 1,02725 ^{ns} | 0,00225 ^{**} | 0,00603 ^{ns} | 0,00551 ^{ns} |
| Linear | 1 | 0,04000 ^{ns} | 1,66228 ^{**} | 1,81743 ^{ns} | 0,00232 ^{ns} | 0,00068 ^{ns} | 0,01302 ^{ns} |
| Quadr. | 1 | 0,13483 ^{ns} | 0,01869 ^{ns} | 1,12393 ^{ns} | 0,00000 ^{ns} | 0,00023 ^{ns} | 0,00289 ^{ns} |
| K * Ca | 9 | 0,04790 ^{ns} | 0,07481 ^{ns} | 2,24369 ^{ns} | 0,00201 ^{**} | 0,00351 ^{ns} | 0,00813 ^{ns} |
| KICal | 1 | 0,00041 ^{ns} | 0,12026 ^{ns} | 2,66067 ^{ns} | 0,00000 ^{ns} | 0,00538 ^{ns} | 0,00658 ^{ns} |
| KqCal | 1 | 0,07938 ^{ns} | 0,02213 ^{ns} | 0,04522 ^{ns} | 0,00015 ^{ns} | 0,00571 ^{ns} | 0,03848 ^{ns} |
| KICaq | 1 | 0,07759 ^{ns} | 0,00684 ^{ns} | 0,81971 ^{ns} | 0,00182 ^{ns} | 0,00006 ^{ns} | 0,00251 ^{ns} |
| KqCaq | 1 | 0,01335 ^{ns} | 0,01394 ^{ns} | 1,40845 ^{ns} | 0,00222 ^{ns} | 0,00189 ^{ns} | 0,00372 ^{ns} |
| Desvios | 7 | 0,06208 ^{ns} | 0,03841 ^{ns} | 2,43616 ^{ns} | 0,00443 ^{**} | 0,00704 ^{ns} | 0,00510 ^{ns} |
| Resíduo | 30 | 0,05849 | 0,06369 | 3,34602 | 0,00058 | 0,01394 | 0,03400 |
| C.V. (%) | | 14,08 | 26,34 | 41,92 | 6,45 | 33,84 | 45,35 |

^{ns} significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

^{**} significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F.

TABELA 7 Resumo da análise de variância (quadrados médios) das concentrações em dag/Kg das análises químicas realizadas nas folhas, manganês (Mn) e µg/g para boro (B), cobre (Cu), zinco (Zn) e ferro (Fe), em função dos níveis crescentes de potássio e cálcio em solução nutritiva.

| | GL | Mn | B | Cu | Zn | Fe |
|-----------|----|---------------|--------------|------------|-------------|----------------|
| Repetição | 2 | 57969,948 ** | 656,02494 ** | 17,1081* | 761,3455 * | 3053810,224 * |
| Potássio | 3 | 10039,533 ** | 1259,2883 ** | 3,26366 ** | 91,90196 ** | 210436,1794 ** |
| Linear | 1 | 11794,325 ** | 2994,9188 ** | 0,56269 ** | 93,36414 ** | 325779,8063 ** |
| Quadr. | 1 | 13692,385 ** | 100,76760 ** | 7,21296 ** | 86,39528 ** | 1892,540833 ** |
| Cálcio | 3 | 3573,6215 ** | 263,46435 ** | 5,09268 ** | 125,9864 ** | 57182,38586 ** |
| Linear | 1 | 7590,3753 ** | 57,09167 ** | 5,44840 ** | 20,30191 ** | 94853,44401 ** |
| Quadr. | 1 | 2687,2650 ** | 329,9660 ** | 1,67216 ** | 214,4653 ** | 206,4625520 ** |
| K * Ca | 9 | 7666,0614 ** | 312,00258 ** | 4,31918 ** | 111,8522 ** | 96335,28437 ** |
| K Cal | 1 | 2589,4042 ** | 482,70297 ** | 5,71429 ** | 5,508213 ** | 5673,304018 ** |
| KqCal | 1 | 33946,1856 ** | 59,27030 ** | 17,9015 * | 203,0043 ** | 87997,51372 ** |
| K Caq | 1 | 14789,0112 ** | 68,80182 ** | 7,87579 ** | 21,75101 ** | 6007,011528 ** |
| KqCaq | 1 | 20942,2738 ** | 350,59724 ** | 12,1574 ** | 46,77169 ** | 194318,9965 ** |
| Desvios | 7 | 2020,27379 ** | 359,64242 ** | 1,57986 ** | 140,7494 ** | 106138,0017 ** |
| Resíduo | 30 | 6143,1132 | 229,7133 | 3,97404 | 96,74985 | 87450,44270 |
| C. V. (%) | | 28,46 | 25,26 | 22,85 | 18,22 | 66,95 |

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

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

$$\hat{Y} = 1,33 - 0,39K + 0,04K^2 + 0,01Ca + 0,01Ca^2 + 0,05KCa - 0,01K^2Ca - 0,01KCa^2 + 0,01K^2Ca^2$$

$$R^2 = 0,87$$

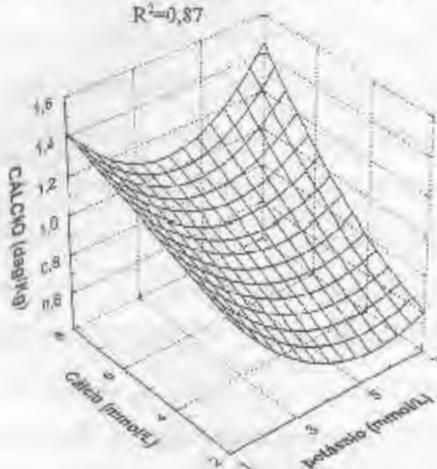


FIGURA 30. Teores de cálcio (dag/kg) nas folhas em função das doses de potássio e cálcio aplicadas em solução nutritiva.

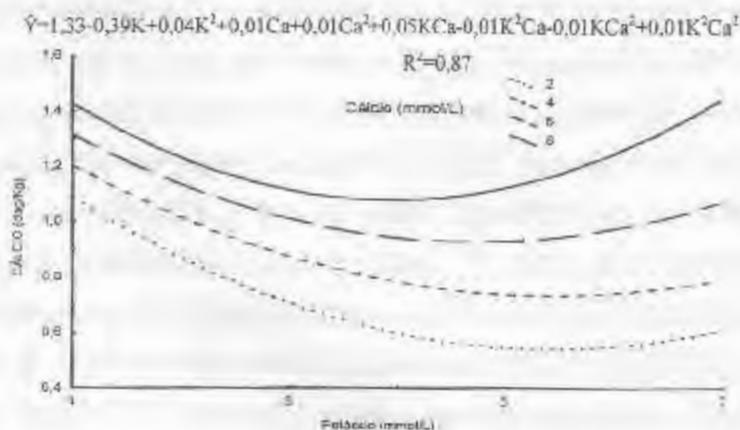


FIGURA 31. Teores de cálcio nos tecidos vegetais das mudas dos cafeeiros em função de doses de cálcio em cada dose de potássio.

$$\hat{Y} = 1,33 - 0,39K + 0,04K^2 + 0,01Ca + 0,01Ca^2 + 0,05KC - 0,01K^2Ca - 0,01KC^2 + 0,01K^2Ca^2$$

$$R^2 = 0,87$$

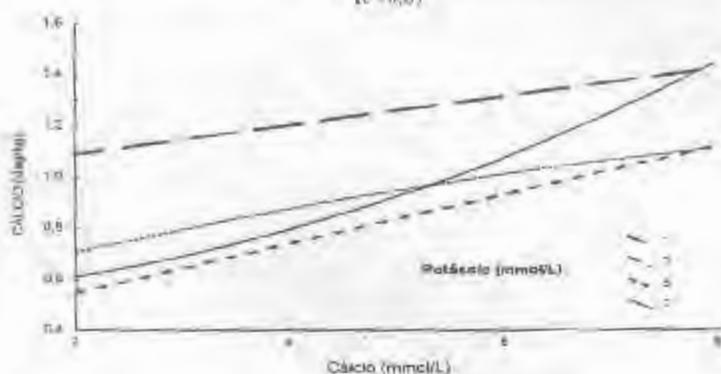


FIGURA 32. Teores de cálcio nos tecidos vegetais das mudas de cafeeiro em função de doses de potássio em cada dose de cálcio.

4.5.2 Potássio, nitrogênio e fósforo

O teor de potássio nas folhas, o qual variou de 1,378 a 1,848 dag/kg (Tabela 8), não foi significativamente afetado pelo incremento das doses de potássio e cálcio aplicadas em solução nutritiva (Tabela 6). Este resultado difere do encontrado por Pozza (1999), cujo efeito das doses deste nutriente, no intervalo de 3 a 9 mmol/L, influenciou significativamente o teor de potássio nas folhas. Provavelmente, esta diferença ocorreu devido ao menor intervalo de doses utilizado no presente ensaio, o qual variou de 1 a 7 mmol/L.

Os teores de potássio encontrados nos tecidos foliares das plantas analisadas estão abaixo da quantidade considerada ideal por muitos autores. De acordo com Malavolta (1993), teores de potássio entre 1,9 e 2,4 dag/kg são considerados ideais para cafeeiros adultos. No entanto, Rodrigues (1997) encontrou teores de potássio próximos a 2,8 dag/kg e os considerou adequados para cafeeiros jovens.

De acordo com o teste de F para regressão, o teor de nitrogênio no tecido foliar das mudas de café não foi significativamente influenciado pelas doses de potássio e cálcio. Com relação ao potássio, o presente trabalho confirma os resultados obtidos por Pozza (1999), que também não encontrou correlação entre o teor de nitrogênio nos tecidos foliares e o incremento das doses de potássio.

Os teores de nitrogênio variaram de 2,80 a 6,45 dag/kg (Tabela 8), porém a grande maioria dos tratamentos apresentaram teores acima daqueles considerados ideais para o café, os quais, segundo Malavolta (1993), encontram-se entre 2,7 e 3,2 dag/kg.

Os teores de fósforo, os quais variaram de 0,246 a 0,390 dag/kg, foram significativamente afetados pelas doses de potássio e cálcio e pela interação potássio-cálcio (Tabela 6). No entanto, não foi possível determinar um modelo de regressão que pudesse explicar, satisfatoriamente, as variações ocorridas devido ao incremento das doses de potássio e cálcio.

4.5.3 Magnésio, enxofre, manganês, ferro, cobre e zinco

O teores de magnésio (Mg), manganês (Mn), enxofre (S), ferro (Fe), cobre (Cu) e zinco (Zn), presentes nos tecidos foliares das mudas de café não foram significativamente influenciados pelo incremento das doses de potássio e cálcio. Os resultados para o magnésio e enxofre encontram-se na Tabela 6 e para o manganês, ferro, cobre e zinco na Tabela 7. Estes resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Pozza (1999), cujo trabalho também não verificou influência significativa entre o incremento das doses de potássio aplicadas em solução nutritiva e o teor destes nutrientes nos tecidos vegetais das mudas.

Os teores de Mg, S, Mn, Fe, Cu e Zn encontrados nos tecidos foliares variaram de 0,304 a 0,463 dag/kg; 0,225 a 0,411 dag/kg; 188,65 a 329,17 mg/kg; 676,130 a 1427,150 mg/kg; 7,322 a 12,180 mg/kg e 15,180 a 22,172 mg/kg

respectivamente (Tabelas 8 e 9). Os resultados obtidos para o Zn e para o Cu estão dentro da faixa considerada ideal por Malavolta (1992), a qual varia de 5 a 20 mg/kg e 6 a 15 mg/kg respectivamente. Os teores de Mg encontrados estão de acordo com aqueles considerados ideais por Prezotti & Bragança (1995), os quais variam de 0,27 a 0,5 dag/kg. No entanto, os teores de ferro encontrados nos tecidos foliares estão acima daqueles considerados ideais pelos mesmos autores (70 a 200 mg/kg e 50 a 150 mg/kg). Para o Mn, os teores encontrados estão dentro do intervalo considerado ideal para a cultivar Mundo Novo (IBC, 1986).

TABELA 8. Médias dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas, em função de doses crescentes de potássio e cálcio em solução nutritiva.

| Potássio | Cálcio | N | P | K | Ca | Mg | S |
|----------|--------|----------|-------|----------|-------|----------|----------|
| mmol/L | | dag/kg | | | | | |
| 1 | 2 | 4,315000 | 0,360 | 1,679333 | 1,092 | 0,371213 | 0,366269 |
| 1 | 4 | 3,496667 | 0,371 | 1,848000 | 1,224 | 0,436746 | 0,371563 |
| 1 | 6 | 3,983333 | 0,386 | 1,723333 | 1,220 | 0,461459 | 0,350053 |
| 1 | 8 | 4,190000 | 0,354 | 1,650000 | 1,440 | 0,462706 | 0,346190 |
| 3 | 2 | 3,973333 | 0,386 | 1,584000 | 0,647 | 0,457023 | 0,339605 |
| 3 | 4 | 4,026667 | 0,390 | 1,782000 | 0,928 | 0,429798 | 0,329944 |
| 3 | 6 | 2,806667 | 0,361 | 1,576667 | 1,072 | 0,339451 | 0,370162 |
| 3 | 8 | 4,346667 | 0,332 | 1,378667 | 0,991 | 0,304508 | 0,296750 |
| 5 | 2 | 4,583333 | 0,339 | 1,613333 | 0,605 | 0,460460 | 0,353849 |
| 5 | 4 | 4,693333 | 0,246 | 1,481333 | 0,542 | 0,375769 | 0,225230 |
| 5 | 6 | 6,453333 | 0,321 | 1,796667 | 0,793 | 0,374358 | 0,411631 |
| 5 | 8 | 4,293333 | 0,317 | 1,730667 | 0,986 | 0,370462 | 0,360004 |
| 7 | 2 | 4,246667 | 0,341 | 1,760000 | 0,597 | 0,400528 | 0,340998 |
| 7 | 4 | 3,986667 | 0,324 | 1,796667 | 0,640 | 0,463815 | 0,369742 |
| 7 | 6 | 4,236667 | 0,342 | 1,782000 | 1,086 | 0,433382 | 0,381121 |
| 7 | 8 | 6,183333 | 0,314 | 1,554667 | 1,215 | 0,375595 | 0,370498 |

TABELA 9. Médias dos teores de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas folhas em função de doses crescentes de potássio e cálcio em solução nutritiva.

| Potássio | Cálcio | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
|----------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|
| mmol/L | | dag/kg | | mg/kg | | |
| 1 | 2 | 79,823 | 7,945667 | 900,7167 | 261,0667 | 16,85567 |
| 1 | 4 | 85,659 | 9,760667 | 906,5833 | 303,7833 | 22,17233 |
| 1 | 6 | 51,720 | 9,511333 | 1095,508 | 366,575 | 41,38567 |
| 1 | 8 | 74,283 | 9,449000 | 1064,433 | 304,15 | 16,25433 |
| 3 | 2 | 71,402 | 8,862333 | 1427,158 | 314,2333 | 21,20433 |
| 3 | 4 | 66,122 | 9,636000 | 1039,225 | 295,35 | 17,83100 |
| 3 | 6 | 70,667 | 7,729333 | 1046,925 | 259,975 | 15,18000 |
| 3 | 8 | 58,417 | 8,429667 | 778,5250 | 245,2083 | 16,51357 |
| 5 | 2 | 50,786 | 8,598333 | 978,4500 | 329,175 | 20,76800 |
| 5 | 4 | 26,781 | 7,993333 | 783,1083 | 242,9167 | 20,77167 |
| 5 | 6 | 58,314 | 7,322333 | 705,7417 | 192,4083 | 19,36733 |
| 5 | 8 | 64,003 | 8,143667 | 676,1333 | 188,65 | 17,86400 |
| 7 | 2 | 46,851 | 7,696333 | 667,8567 | 299,8417 | 17,46067 |
| 7 | 4 | 53,485 | 8,374667 | 837,1917 | 235,675 | 21,57100 |
| 7 | 6 | 56,361 | 7,982333 | 967,3417 | 246,4917 | 19,73767 |
| 7 | 8 | 54,494 | 12,18433 | 855,1583 | 320,4667 | 20,1630 |

4.5.6 Boro

Os teores de boro, os quais variaram de 26,781 a 79,823 mg/kg (Tabela 9), foram significativamente influenciados pelo potássio (Tabela 7). As doses de cálcio aplicadas em solução nutritiva não afetaram significativamente a quantidade de boro nos tecidos vegetais. De acordo com Malavolta et al. (1997), nas regiões das folhas onde não aparecem anormalidades visíveis, o teor deste nutriente não chega a 100 mg/kg.

O maior teor de boro encontrado nos tecidos foliares (73,91 mg/kg) foi obtido com a dose 1 mmol/l de potássio. O incremento das doses de potássio reduziu o teor de boro nos tecidos vegetais (Figura 33). No entanto esta redução não provocou a deficiência deste nutriente nas plantas analisadas. Plantas deficientes em boro, quando comparadas com plantas com níveis adequados deste nutriente, podem apresentar maior suscetibilidade a doenças. Na deficiência de boro acumula-se glicose no protoplasma, a qual é essencial para o crescimento e desenvolvimento fúngico (Schütte, 1967). Silveira et al. (1996) avaliaram o efeito do boro na suscetibilidade de *Eucalyptus citriodora* a *Botryosphaeria ribis* e *Lasiopodia theobromae* e verificaram que plantas deficientes em boro cresciam menos e eram mais susceptíveis aos fungos.

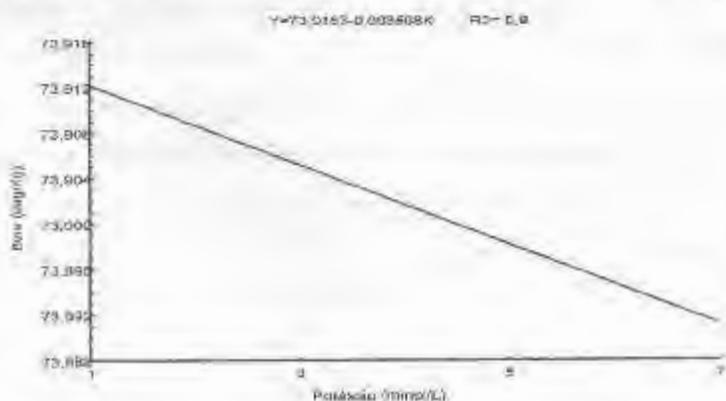


FIGURA 33. Teores de Boro (mg/kg) nas folhas em função de doses de potássio aplicadas em solução nutritiva.

5 CONCLUSÕES

- A produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca das raízes (MSR) foi influenciada pelo incremento das doses de potássio e cálcio. No entanto, a matéria seca total das mudas de cafeeiro (MST) decresceu somente com o aumento das doses de potássio.
- Doses de cálcio próximas a 4 mmol/L propiciaram a maior área foliar total (AFT), assim como a máxima produção de MSPA e a menor AACPLF.
- A área abaixo da curva de progresso do total de folhas (AACPTF) foi influenciada pelo potássio e pelo cálcio e pela interação entre ambos os nutrientes.
- Tanto a MSPA quanto a AACPTF apresentaram respostas similares. Ambas obtiveram os melhores resultados com doses elevadas de cálcio. Em relação ao potássio, obteve-se as maiores MSPA e AFT com a dose 1 mmol/L deste nutriente.
- As maiores doses de potássio propiciaram aumento da incidência da cercosporiose.
- O aumento das doses de cálcio reduziu linearmente a AACPL.
- A área abaixo da curva de progresso do total de lesões (AACPTL), assim como a área foliar lesionada (AFL%) reduziram com o incremento das doses de potássio e cálcio.
- Os teores de cálcio presentes nos tecidos vegetais das mudas de cafeeiro aumentaram com o incremento das doses de cálcio na solução nutritiva. Os teores de boro nos tecidos vegetais reduziram com o incremento das doses de potássio.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL RAHEEM, A.; BIRD, L. S. Effect of nutrition on resistance and susceptibility of cotton to *Verticillium albo-atrum* and *Fusarium oxysporum* f. *vasinfectum*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 57, n.5, p.457, 1967. (abstracts).
- AGRIANUAL 2001. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo, 2000. 545p.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO CAFÉ/ COFFEE STATISTIC YEARBOOK. Rio de Janeiro: Coffe Business, 2000/2001. 161p.
- AGRIOS, G. M. **Plant pathology**. 3. ed. London: Academic Press, 1988. 803p.
- ANDROCIOLO FILHO, A. Procedimento para o adensamento de plantio e contribuição para o aumento da produtividade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1., 1996, Londrina. **Anais...** Paraná: IAPAR, 1996. p. 249-275.
- BASTOS, C. E. R. **Avaliação do desenvolvimento de variedades, cultivares e progênies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes doses de potássio no substrato**. 1994. 67p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis**. New York: G. Fischer, 1992. 741p.
- BOLDINI, J. M.; SOUZA, P. E.; POZZA, E. A. Incidência e severidade da cercosporiose em frutos de cafeeiro fertirrigado na região de Lavras-MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: IBC, 2000. p.273-275.
- BUTRAGO, J. H. L.; FERNANDEZ-BORRERO, O. Esporulacion "in vitro" de *Cercospora coffeicola* Berk & Cooke. **Cenicafé**, Chinchiná, v. 33, n. 1, p. 3-14, ene./mar. 1982.
- CADENA-GOMEZ, G. Uso de la pulpa de café para el control de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke) en almacigos. **Cenicafé**, Chinchina, v. 33, n. 3, p. 76-90, jul./set. 1982.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990. 532p.

CASTAÑO A., J. J. Mancha de hierro del café. Boletim Informativo. **Cenicafé**, Chinchiná, v. 82, n. 2, p. 313-327, fev. 1956.

COLLINS, M.; DUKE, S. H. Influence of potassium-fertilization rate and form on photosynthesis and N_2 fixation of alfalfa. **Crop Science**, Madison, v. 21, p.481-485, 1981.

CORDEN, C. E. Influence of calcium nutrition on Fusarium wilt of tomato and polygalacturonase activity. **Phytopathology**, St. Paul, v. 55, p.222-224, 1965.

D'UTRA, G. As manchas das folhas dos cafeeiros. **Boletim da Agricultura**. São Paulo, v. 3, n. 1, p. 1-13, jan. 1902.

ECHANDI, E. La Chasparria de los Cafetos causada por el hongo (*Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke). **Turrialba**, Turrialba, v. 9, n. 2, p. 54-67, abr./jun. 1959.

EVANS, H. J.; WILDES, R. A. Potassium and its role in enzyme activation. **Proc. 8th Coll. International Potash Institute**, Bern, 1971, p. 13-39.

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

FERNANDEZ-BORRERO, O.; LOPEZ DUQUE, S. L. Fertilización de plantulas de café y su relación con la incidencia de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke). **Cenicafé**, Chinchiná, v. 22, n. 4, p. 95-107, oct./dic. 1971.

FERNANDEZ-BORRERO, O.; MESTRE, A. M.; DUQUE, S. L. Efecto de la fertilización en la incidencia de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) en frutos de café. **Cenicafé**, Chinchina, v. 47, n. 1, p. 5-16, ene./mar. 1966.

GOMEZ, G. C. Uso de la pupa de café para el control de la mancha de hierro (*C. coffeicola* Berk. Y Cooke) en almácigos - Sección de Fitopatología. **Cenicafé**, Chinchina, v. 33, n. 3, p. 76-90, abr./jun. 1982.

GUIMARÃES, P. T. G. Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) à adubação mineral e orgânica em solos de baixa fertilidade do sul de Minas Gerais. 1986. 140p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

HALEVY, J. Relación existente entre el fertilizante potásico y la hoja - ennegrecimiento del algodón. *Revista de la Potasa*, Zurich, v. 23, n. 33, p. 1-6, 1966.

HSIELI, W. H.; GALI, T. K. *Cercospora and similar fungi from Taiwan*. Taiwan. Republic of China: Mows Chang Book Company, 1990. 376p.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. L. *The water - culture method for growing plants without soil*. Berkeley: California Agricultural Experiment Station. The College of Agriculture. University of California, 1950. 32p. Circular, 347.

HUBER, D. M. The role of mineral nutrition in defense. In: HORSFALL, ; COWLING, E. B. *Plant pathology: an advanced treatise*. New York: Academic Press, 1980. v. 5, p.381-406.

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

HUBER, D. M. ; WATSON, R. D. Nitrogen form and plant disease. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v. 12, p. 139-165, 1974

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. *Cultura do café no Brasil*. Rio de Janeiro, 1986. 215p

ISLA, L. H.; RODRIGUEZ, C. A.; GOMEZ, A. Y. M. Influence of using nitrogen phosphorus - potassium fertilizer on coffee trees in the sun on the incidence of *C. coffeicola*. *Centro Agricola*, v. 11, n. 1, p.79-86, 1984.

ITO, M. F.; TANAKA, M. A. S.; MASCARENHAS, H. A. A. ; TANAKA, R. T.; DUDIENAS, C.; GALLO, P. B. Efeito residual da calagem e da adubação potássica sobre a queima foliar (*Cercospora kikuchii*) da soja. *Summa Phytopathológica*, Piracicaba, v. 19, n. 1, p.21-23, jan./mar. 1993.

JONES, J. P.; ENGELHARD, A. W.; WOLTZ, S. S. Management of Fusarium wilt of vegetables and ornamentals by macro and microelement nutrition. In: ENGELHARD, A. W. *Management of disease with macro and microelements*. ST. Paul: APS Press, 1990. p.18-32.

MACIAS TRONCONI, N. *Alguns aspectos ecológicos de Meloidogyne exigua Goeldi, 1887, parasitando mudas de cafeeiro (Coffea arabica L)*. 1985. 80p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 1980. 215p.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds.). **Cultura do cafeeiro, fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 1986. p.165-274.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solo e de folhas**. São Paulo: Ceres, 1989. 124p.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 889p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MATIELLO, J. B.; ABREU, R. G.; ANDRADE, I. P. R. **A cultura do café no Brasil**. Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1974. 264p.

MATIELLO, J. B.; CARVALHO, F. Pesquisa cafeeira, contribuição marcante para o desenvolvimento da cafeicultura. In: MALAVOLTA, E.; YAMADA, T.; GUIDOLIN, J. A. (Eds). **Nutrição e adubação do cafeeiro**. Piracicaba: Instituto da Potassa e do fosfato, 1983. p.1-8.

MATTHEE, F. N.; DAINES, R. R. The influence of nutrition on susceptibility of peach foliage to water congestion and infection by *Xanthomonas pruni*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 59, n. 3, p. 285-287, Mar. 1969.

MCGUIRE, R. G.; KELMAN, A. Calcium in potato tuber cell walls in relation to tissue maceration by *Erwinia carotovora* pv. *axroseptica*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 76, n. 4, p.400-406, 1986.

MENGEL, K.; HAGHPARAST, M.; KOCH, K. The effect of potassium on the fixation of molecular nitrogen by root nodules of *Vicia faba*. **Plant Physiology**, v. 54, n. 4, p. 535-538, 1974.

MIGUEL, A. E.; MASK, Z.; MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. Efeito de fungicidas no controle de *Cercospora coffeicola* em frutos de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 3., 1975, Curitiba, Resumos... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1975. p.18-21.

PATE, J. S. Patterns of nitrogen metabolism in higher plants and their ecological significance. In: LEE, J. A.; MCNEILL, S.; RORISON, I. H. (Eds.) *Nitrogen as an ecological factor*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1983. p. 225-255.

PEREIRA, J. B. D. Eficiência nutricional de nitrogênio e de potássio em plantas de café (*Coffea arabica* L.). 1999. 99p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

POZZA, A. A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; POZZA, E. A.; CAIXETA, S. L.; ZAMBOLIM, L. Intensidade da mancha de olho pardo em mudas de cafeeiro em função de doses de N e de K em solução nutritiva. *Summa Phytopathologica*, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 29-33, 2000.

PREZOTTI, L. C.; BRAGANÇA, S. M. Nutrição. In: COSTA, E. D.; SILVA, A. E. S.; ANDRADE NETO, A. P. M.; DAHER, F. A. (Eds.) *Manual técnico para a cultura do café no estado do Espírito Santo*. Vitória: SEAG-ES, 1995. p.42-53.

RIBEIRO DO VALE, F.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. Fertilidade do solo – dinâmica e disponibilidade dos nutrientes de plantas. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 171p.

RICHARDSON, M. D.; CROUGHAN, S. S. Potassium influence on susceptibility of bermudagrass to *Helminthosporium cynodontis* toxin. *Crop Science*, Madison, v. 29, n. 1, p. 1280-1282, 1989.

RODRIGUES, L. A. Crescimento e composição mineral na parte aérea e nas raízes de duas variedades de café em resposta à calagem na superfície do solo. 1997. 89p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SANTOS, F. A. de S.; MATELLO, J. B.; RIBEIRO, R. W. de C.; SANTINATO, R. Época de controle da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) no estado de Pernambuco - Garanhuns. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 12., 1985, Caxambu. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC, 1985. p.182-183.

SANTOS, L. P.; CARVALHO, M. M.; CARVALHO, J. G. Efeitos de doses de nitrato de potássio e esterco de curral na composição do substrato para formação de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Prática**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 42-48, jan./mar. 1994.

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, C. A. Avaliação da eficiência de fungicidas sistêmicos com a adição de adjuvantes no controle da *Cercospora coffeicola* (Berk & Br.) em cafeeiros na região do Alto Paranaíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 20., 1994, Guarapari. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1994. p.11-12.

SHÜTTE, K. H. The influence of boro na copper deficiency upon infection by *Erysiphe graminis* the powdery mildew in wheat var. Kenya. **Plant soil**, v. 27, n. 1, p. 450-452, 1967.

SILVEIRA, R. L. V. A.; KRUGNER, T. L.; SILVEIRA, R. I.; GONÇALVES, A. N. Efeito na suscetibilidade de *Eucalyptus citriodora* a *Botryosphaeria ribis* e *Jasiopodia theobromae*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 482-485, dez. 1996.

SMILEY, R. W. Colonization of wheat roots by *Gaeumannomyces graminis* inhibited by specific soils, microorganisms, and ammonium nitrogen. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 10, p.175-179, 1978.

WYN JONES, R. G.; BRADY, C. J.; SPEIRS, J. Ionic and osmotic relations in plant cells. In: LAIDMAN, D. L.; WYN JONES, R. G. (Eds.) **Recent advances in the biochemistry of cereals**. London: Academic Press, 1979. p. 63-103.

YAMAZAKI, H.; HOSHIMA, T. Calcium Nutrition affects resistance of tomato seedlings to bacterial wilt. **Hortscience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 91-93, Feb. 1995.

ZAMBOLIM, L.; RIBEIRO DO VALE, F. X.; PEREIRA, A. A.; CHAVES, G. M. Café (*Coffea arabica* L.), controle de doenças. In: RIBEIRO DO VALE, F. X.; ZAMBOLIM, L. **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. Viçosa: Departamento de Fitopatologia; Brasília: MAA, 1997. v. 2, p.83-179.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J.A Resistência induzida pela nutrição de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 1. p. 275-318, 1993.

ZAMBOLIM, L.; Del PELOSO, M. C.; CHAVES, G. M. Principais doenças do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 131, p. 64-75, 1985.