

Efeito de Níveis de Desbaste de Frutos do Cafeeiro na Incidência da Ferrugem, no Teor de Nutrientes, Carboidratos e Açúcares Redutores

Mauro J.N. Costa, Laércio Zambolim & Fabrício A. Rodrigues

Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36571-000, Viçosa, MG , e-mail: zambolim@ufv.br

(Aceito para publicação em 28/11/2006)

Autor para correspondência: Laércio Zambolim

COSTA, M.J.N., ZAMBOLIM, L. & RODRIGUES, F.A. Efeito de níveis de desbaste de frutos do cafeeiro na incidência da ferrugem, no teor de nutrientes, carboidratos e açúcares redutores. *Fitopatologia Brasileira* 31:564-571. 2006.

RESUMO

A ferrugem do cafeeiro causa prejuízos quando as plantas atingem o ciclo de alta carga de frutos pendentes. Diante destes fatos o presente trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento da doença em plantas com diferentes níveis de desbaste de frutos (0, 25, 50, 75, e 100%) e os efeitos nos teores de nutrientes e carboidratos nas folhas nos anos de 2001 e 2002, em plantas da cultivar Catuaí Vermelho, com 5 anos de idade. A incidência da doença aumentou à medida que os níveis de desbaste de frutos aumentava nas plantas. A ferrugem iniciou o crescimento a partir de janeiro, atingindo o pico na época da colheita, em julho e não evoluiu em plantas com zero por cento de frutos. Plantas que produziram 62,75 sc. de café ben./ha teve 95% de folhas doentes no final do experimento. Plantas com produção abaixo de 15 sc. ben./ha, permaneceu com aproximadamente 10% de incidência da doença. A medida que se aumentou a carga pendente de frutos nas plantas (0-100%), o teor médio de potássio reduziu 34 %; o de cálcio aumentou 37%; o de cobre decresceu 17% e o de boro aumentou 29%. Os outros elementos químicos não variaram. O teor de amido reduziu em torno de 30% nas plantas sem carga para aqueles com 50-100% de frutos. Os teores de açúcares redutores, açúcares redutores totais e açúcares não redutores não variaram em função da carga de frutos nas plantas.

Palavras-chave adicionais: produtividade, *Coffea arabica*, *Hemileia vastatrix*.

ABSTRACT

Effect of levels of coffee berry removals on the incidence of rust and on the level of nutrients, carbohydrates and reductor sugar

Coffee leaf rust causes great yield losses during the years of high berry yield. The objective of this trial was to study the development of levels of coffee berry removals on the incidence of rust and to correlate the levels of nutrients and carbohydrates with the disease in 2001 and 2002, in five-year-old plants of the cultivar Catuaí Vermelho. The presence of fruits in the initial phase of the vegetative coffee growth in 2001 triggers the establishment of the disease, which then decreased as the level of coffee fruits in the plants fell from 100% to zero percent. Plants with 100 % of coffee fruits on the tree had the highest incidence of disease; in contrast, plants with 0% of fruits had the lowest incidence of the disease. The rust started in January, reaching its peak at harvesting, in July. Plants that presented 62.75 bags per hectare presented 95% of their leaves diseased and 49% of the foliar area infected, at the end of the experiment. Plants with 15 bags per hectare were 10% diseased in July. As the level of coffee berry yield increased on the plants (0-100%) the average level of K decreased by 34%, Ca 37 %, Cu 17% and B increased 29%. The level of starch decreased by 30% on the plants without coffee fruits, compared with plants that had 50-100%.

Additional keywords: yield levels, *Coffea Arabica*, *Hemileia vastatrix*.

INTRODUÇÃO

O progresso da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) do cafeeiro em condições de campo está relacionada com a fase de frutificação da planta (Eskes & Souza, 1981; Mansk & Matiello, 1984). Em anos de baixa produção e enfolhamento, os níveis de severidade da ferrugem atingem valores mais baixos, em contraste com valores de severidade acima de 50% em anos de alta carga de frutos e maior enfolhamento (Zambolim et al., 1992). Embora a aplicação de fungicidas para controlar a doença seja a medida mais empregada pelos produtores, perdas

na produção ainda ocorrem nas safras seguintes.

Existe uma correlação positiva entre a produção de grãos e a incidência da ferrugem do cafeeiro (Ortolani, 1973). A incidência da doença é maior nos anos de alta produção devido, provavelmente, a uma alteração na resistência da planta pelo desequilíbrio nutricional. A remoção dos frutos de café no cultivar Mundo Novo pode reduzir em até 50% a incidência da ferrugem (Mariotto et al., 1974). O aumento na susceptibilidade das plantas em fase de produção é comprovado pela observação do desenvolvimento natural da ferrugem em plantas com e sem frutos presentes lado a lado na fileira. A remoção precoce de

frutos diminuiu de forma acentuada a intensidade da ferrugem, no cultivar Catuaí Vermelho (Esques & Carvalho, 1983).

O aumento da suscetibilidade do cafeeiro à ferrugem em função da produção também foi demonstrado em estudos de laboratório, em discos de folhas obtidos de ramos produtivos. O período latente foi reduzido e o número de pústulas foi maior do que nos discos de folhas oriundos de ramos pouco produtivos (Zambolim *et al.*, 1992). Sabendo que a **relação fonte (áreas de produção) e dreno (áreas de intenso metabolismo ou armazenamento) afeta seriamente a formação dos frutos** (Taiz & Zeiger, 2000), qualquer modificação nos teores foliares de macro e micronutrientes além de **carboidratos de plantas de cafeeiros em fase de produção pode tornar as folhas suscetíveis à ferrugem.**

Diante destes fatos o objetivo **desse trabalho foi estudar** o progresso da ferrugem do cafeeiro em função de níveis de produção, bem como a relação existente entre a incidência da doença e o teor de macro e micro-nutrientes e de carboidratos nas folhas infectadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Efeito de níveis de desbaste de frutos do cafeeiro no progresso da ferrugem

A pesquisa foi realizada nos anos agrícolas de 2001/2002 e 2002/2003 em área do sítio Crindiúvas, localizada no município de Coimbra MG, a uma altitude aproximada de 650 m. Utilizaram-se cafeeiros do cultivar Catuaí Vermelho cultivar 144, com 4 anos de idade, suscetíveis à ferrugem. Os cafeeiros eram cultivados a pleno sol, em espaçamento de 3 m x 1,5 m, com duas plantas por cova. Os cafeeiros apresentavam alta carga de frutos e bom grau de enfolhamento no momento da instalação do experimento.

Na safra de 2001/2002, foram retirados os frutos denominados de “chumbinho” no mês de novembro, em fase inicial de desenvolvimento, em diferentes quantidades, visando obter plantas com aproximadamente 100, 75, 50, 25 e 0% de frutos da produção esperada. Na safra 2002/2003, assim que as plantas floresceram, no mesmo experimento, as flores foram desbastadas para se conseguirem as mesmas percentagens de frutificação. Após a colheita, nos dois anos agrícolas, a produtividade foi estabelecida em sacas beneficiadas por hectare (60 kg). Devido à característica de produção bienal do cafeeiro, foi necessário inverter a ordem das parcelas, de tal forma que, aquela que continha o nível de produção de 100% em 2001/2002, passou a ser considerada com nível de produção zero em 2002/2003.

O delineamento experimental foi blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelos níveis de produção 100, 75, 50, 25 e 0% e cada unidade experimental foi formada por sete plantas, sendo que duas delas, em cada uma das extremidades das parcelas, serviram de bordadura. Realizou-se os tratamentos culturais conforme recomendações vigentes para o plantio adensado na Zona da Mata de Minas Gerais (Malavolta & Moreira, 1997).

As avaliações da ferrugem, ocorrendo sob condição

natural, foram realizadas em 2001/2002 nos meses de novembro, janeiro, fevereiro, abril e julho; no ano agrícola 2002/2003 as avaliações foram realizadas nos meses de setembro, outubro, novembro, janeiro, fevereiro, abril, maio e junho. As folhas foram coletadas de ramos localizados no terço inferior das plantas, do terceiro e do quarto par de folhas, na projeção Norte Sul, Leste e Oeste totalizando-se 50 folhas por parcela. Calculou-se a incidência, a severidade e a área abaixo da curva do progresso da ferrugem. A severidade foi determinada empregando-se uma escala diagramática de Kushalappa & Chaves (1978).

A AACPD foi calculada de acordo com a seguinte equação (Campbell e Madden, 1990):

Em que:

AACPD= área abaixo da curva de progresso da doença;

Y_i = proporção de doença na i -ésima observação;

T_i = tempo em dias na i -ésima observação;

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

A radiação fotossinteticamente ativa na base do dossel das plantas foi avaliada nas duas safras, em 2001/2002 e em 2002/2003, cerca de 15 dias antes da colheita dos frutos, no pico da doença. Empregou-se o ceptômetro (Accupar) para se estimar a queda foliar provocada pela ferrugem. O aparelho permitiu medir a radiação emitida diretamente pelos raios solares.

Análise do teor de carboidratos e nutrientes nas folhas de plantas doentes

As amostras de folhas foram obtidas no terceiro e quarto pares de ramos localizados na porção média da planta. As folhas foram colocadas em nitrogênio líquido e armazenadas a -80°C, até o processamento. As amostras de folhas para avaliação dos níveis de carboidratos e do teor de nutrientes foram feitas em 2001/2002 nos meses de novembro, janeiro, fevereiro e julho; no ano agrícola 2002/2003 a coleta de folhas foi feita nos meses de setembro, outubro, novembro, fevereiro e junho.

O teor do carboidrato nas folhas foi determinado a partir de amostras de aproximadamente 350 mg de folha. Para extração dos carboidratos, triturou-se o tecido foliar em almofariz de porcelana com areia lavada e com etanol 80% a 60 °C, até a obtenção de uma polpa fina. Esta polpa foi transferida para tubos de 50 mL e centrifugada a 2000 g durante 5 minutos a 20 °C. Repetiu-se este procedimento três vezes. Após cada centrifugação, os sobrenadantes foram combinados e os volumes determinados e armazenados em câmara fria a 5 °C. O resíduo foi armazenado a -20 °C para posterior determinação do amido. Procedeu-se posteriormente à remoção dos pigmentos e dos lipídios dos extratos etanólicos. Para tanto, colocaram-se 15 mL dos extratos em funil de separação, submetendo-os a quatro extrações consecutivas com iguais volumes de clorofórmio. Em seguida, os extratos clarificados foram evaporados a vácuo, a 45

°C, até completa secagem. Os resíduos foram então dissolvidos em 5 mL de água destilada, constituindo, assim, os extratos aquosos, os quais foram armazenados em congelador a -20 °C, para as determinações químico-analíticas.

Nas etapas de separação utilizaram-se bombas munidas de compressor a vácuo (TE-058), unidades de refrigeração (TE-083) e evaporador rotatório (TE-120), possibilitando a separação dos reagentes utilizados na obtenção dos carboidratos. Os precipitados resultantes das extrações etanólicas utilizados para a extração do amido foi realizado de acordo com o método descrito por Mc Ready *et al.* (1950), com algumas modificações.

Os açúcares redutores foram dosados pelo reagente proposto por Nelson (1944) e os açúcares solúveis totais foram determinados conforme análise de rotina do laboratório.

Na etapa de determinação dos carboidratos, colocaram-se alíquotas variáveis dos extratos em tubos de ensaio com tampa rosqueada e imersos em recipientes com gelo. Após completar os volumes para 1 mL, juntaram-se 5 mL do reagente de antrona (antrona 1% em H₂SO₄ 28 N) e a seguir os tubos foram agitados e submetidos a um banho de água fervente durante 15 minutos. Após esse tempo, os tubos foram imediatamente transferidos para um recipiente com gelo. Utilizou-se como padrão a glicose e as absorbâncias foram lidas a 620 nm em espectrofotômetro. Os açúcares não-redutores foram avaliados por diferença entre os açúcares solúveis totais e os açúcares redutores.

Para a quantificação dos macro e micronutrientes triturou-se as amostras foliares secas em dessecador a 65 °C, em moinho Willey, com peneira de 60 mesh e armazenadas à temperatura ambiente, para determinação de nutrientes. Retiraram-se das folhas amostradas uma sub-amostra para as análises químicas. Analisaram-se os teores de nitrogênio pelo método da digestão sulfúrica. O potássio foi determinado por fotometria de chama. O fósforo por espectrofotometria de absorção molecular, método da vitamina C modificado por Braga & De Filippo (1974). O enxofre por turbidimetria de sulfato (Blancher *et al.*, 1965). Os teores de cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco por espectrofotometria de absorção atômica. O boro por colorimetria de azometina H. Todas essas metodologias encontram-se descritas por Malavolta *et al.* (1997).

Os macronutrientes foram expressos em dag/kg de matéria seca e os micronutrientes em mg/kg de matéria seca.

Variáveis climáticas

O registro de temperatura (°C), umidade relativa (%), duração do período de molhamento foliar (horas) e precipitação foram realizados utilizando-se de um termohigrohumectógrafo munido com sensor de molhamento foliar. O abrigo para o aparelho foi instalado entre as plantas de café à altura de 1,5 m. Fixou-se o sensor de molhamento foliar a um suporte de madeira, na altura do terço médio e entre a folhagem da planta contígua ao abrigo meteorológico.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de correlação de Pearson, utilizando-se o teste de t, ao nível de 5% de probabilidade. Os dados de cada variável foram analisados usando o GLM Procedure do software SAS (versão 6.12).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito de níveis de desbaste de frutos do cafeeiro na severidade da ferrugem, no teor de nutrientes e de carboidratos.

Na safra 2001/2002 as plantas produziram 0; 15,05; 29,45; 41,25 e 50,25 sc.de café ben. ha⁻¹ e na safra 2002/2003 produziram 0; 19,25; 32,25; 52,75 e 62,75 sc.café ben. ha⁻¹, respectivamente nos níveis zero, 25, 50, 65 e 100 % de desbaste de frutos. As produtividades confirmaram que os tratamentos estavam adequadamente estabelecidos.

O nível de produção do cafeeiro, correspondente aos desbastes de frutos, influenciou o desenvolvimento da ferrugem (Figura 1). Nas parcelas que apresentavam frutos (25 a 100%), ocorreu aumento significativo da doença a partir do estabelecimento do experimento em 2001/2002, enquanto que naquelas sem frutos (0%), a doença não evoluiu. Cerca de 20% das folhas já se encontravam com lesões quando o experimento foi instalado em 2001/2002 (Figura 1). Assim que foram retirados os frutos, a doença decresceu naquelas parcelas. Em 2002/2003, quando o experimento foi instalado,

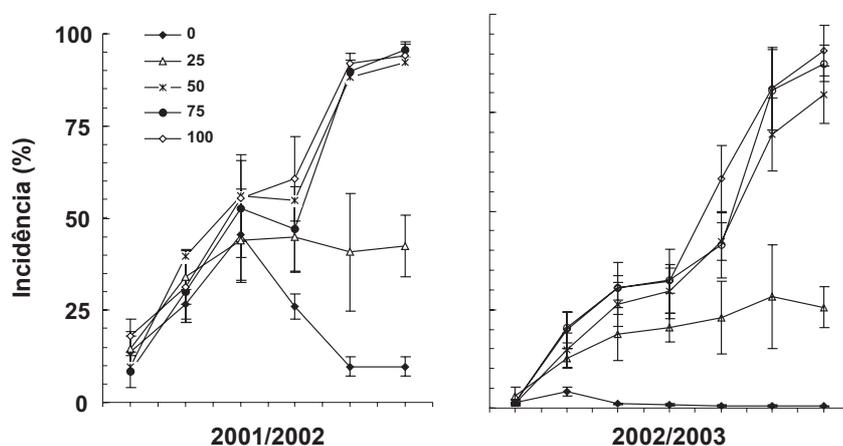


FIG. 1 - Percentagem de folhas com ferrugem (incidência) e área foliar lesionada (severidade) por *Hemileia vastatrix* de cafeeiros com diferentes níveis de produção, em função das épocas de avaliação, em 2001/2002 e 2002/2003.

na época do florescimento o que aconteceu em outubro (Figura 1), a incidência da ferrugem aumentou somente quando haviam frutos em desenvolvimento nas plantas. A intensidade da doença alcançou valores acentuados a partir de janeiro, em ambos os casos estudados, exceto nas plantas sem frutos (0%), confirmando que as plantas tornam-se passíveis de serem infectadas à medida que se aumentava o nível de produção; além disso, as condições climáticas tornam-se propícias ao desenvolvimento do patógeno nessa época (Figura 2). O período de frutificação, coincidiu exatamente

com as condições climáticas ótimas para o desenvolvimento do patógeno, com duração do período de molhamento foliar contínuo, variando de 10 a 80 horas semanais e temperatura média de 21 °C (Figura 2). A temperatura declinou a partir de maio, mas não impediu o progresso da doença nas plantas. Nesta fase, a precipitação também era baixa, mas a duração do período de molhamento foliar e a umidade, ainda eram muito propícios para o desenvolvimento da doença.

Em 2001/2002, a ferrugem estabeleceu-se quando frutos já estavam em fase inicial de desenvolvimento; no

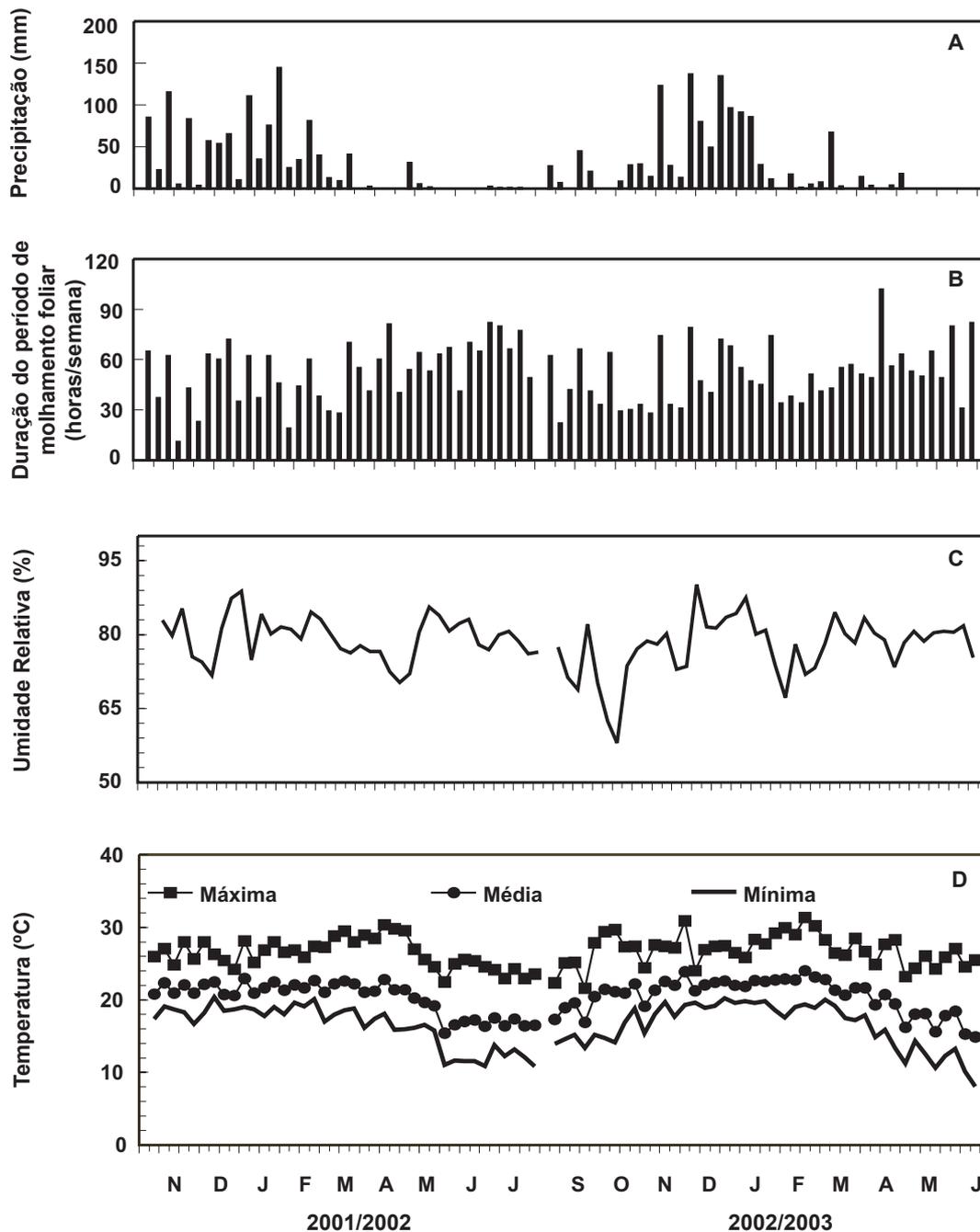


FIG. 2 – A. precipitação; B. duração do período de molhamento foliar; C. umidade relativa; D. temperaturas máxima, média e mínima nos anos de 2001/2002 e 2002/2003.

¹2001/2002; ²2002/2003. Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ³C.V.: coeficiente de variação.

início de novembro, a incidência da doença estava em torno de 20%. Nas plantas que tiveram todos os frutos removidos ou que ficaram apenas com 25% dos frutos, cerca de 15 sc. de café ben./ha na colheita, houve decréscimo acentuado na incidência da doença (Figura 1). No ano seguinte (2002/2003), o desbaste foi efetuado mais cedo, no período de florescimento das plantas e não no desenvolvimento dos frutos como em 2001/2002.

Com base na análise da área abaixo da curva do progresso da doença, verificou-se que a doença não progrediu nas plantas sem produção (0%) (Tabela 1). Outros autores (Mansk & Matiello, 1984; Mariotto *et al.*, 1974), também verificaram que plantas com 25 % de carga de frutos (produtividade de 15 sc.de café ben./ha⁻¹ na colheita) tiveram uma menor intensidade de doença.

Associação da ferrugem do cafeeiro com intensidade de radiação solar abaixo do dossel

A medição da radiação fotossinteticamente ativa, obtida abaixo do dossel das plantas tornou possível inferir sobre a indução da queda foliar causada pela ferrugem do cafeeiro (Figura 3). Observou-se que quanto maior a presença de frutos nas plantas e conseqüentemente da doença, maior foi a captação da radiação, indicando que a queda foliar relacionou-se ao desenvolvimento da doença. A correlação entre a incidência da ferrugem e a intensidade de radiação medida abaixo do dossel foi de 91%.

Quando as plantas não possuíam frutos (0 %), e conseqüentemente apresentavam níveis de doença muito baixos, a quantidade de queda foliar foi pelo menos 90% inferior àquela obtida em plantas com alta carga pendente e alta incidência da ferrugem. A fotossíntese é um processo essencial para o desenvolvimento das plantas e da produção. Tal processo é altamente dependente da radiação solar fotossinteticamente ativa. Uma interceptação eficiente de radiação depende da cobertura do dossel na área cultivada e um dos melhores indicativos é o índice de área foliar (Rodríguez *et al.*, 1997). Portanto, o índice de área foliar do cafeeiro medido pelo ceptômetro, pode indicar se as plantas foram desfolhadas e o nível de desfolha.

Efeito do nível de desbaste de frutos no teor de nutrientes minerais nas folhas de cafeeiro

Observou-se que o teor de potássio foi afetado pela presença de frutos nas plantas (Tabela 2). O teor de potássio reduziu nas folhas a medida que se aumentava a porcentagem de frutos nas plantas. Esse resultado sugere que o potássio foi translocado das folhas para os frutos e, provavelmente, favorecendo a infecção de *H. vastatrix* nas plantas com frutos. O teor de potássio decresceu em média 33,9 % do tratamento com 0 % de frutos para àquele com 100 % de frutos nas plantas. Os teores de potássio encontrados nas folhas de café durante os anos 2001/2002 e 2002/2003 em cafeeiros com 0, 25, 50, 75 e 100 % de frutos nas plantas foram de: 1,61, 1,42, 1,27, 1,10 e 1,08, respectivamente. O potássio teve o seu teor alterado dois a três meses após o desbaste dos frutos e permaneceu durante o ano todo, evidenciando influência da presença de frutos nas plantas no teor desse elemento nas folhas. O potássio é altamente importante na produção de frutos de café (Malavolta *et al.*, 1997). De acordo com Taiz & Zeiger (2000), o potássio interage com quase todos os outros nutrientes essenciais à planta. É importante na ativação enzimática, uso eficiente da água, fotossíntese, transporte de açúcares, movimento de nutrientes, síntese de proteínas, formação de amido e qualidade de frutos. Plantas deficientes em potássio tendem a acumular grandes quantidades de amido. A diminuição do potássio deve estar ligado intimamente à função que representa na formação de frutos e o ataque da ferrugem pode estar ligado à diluição do efeito de um ou mais desses elementos.

Para o nutriente cálcio, observou-se aumento médio no seu teor de 37,0 %, à medida que aumentava as porcentagens de frutos nas plantas de zero a 100 %, ao passo que o boro aumentava em média 29,0 % (Tabela 2). A causa pode estar ligada ao fato desses elementos serem imóveis nas folhas e, portanto, não se translocaram para os frutos.

O nitrogênio, fósforo, magnésio, enxofre, zinco, ferro e manganês tiveram seus teores afetados muito mais pelas épocas de avaliação do que pela presença de frutos nas plantas. A frutificação do cafeeiro explicou 74 % em média

TABELA 1 - Área abaixo da curva do progresso da porcentagem de folhas doentes (FD), área foliar lesionada (AFL) e número de lesões esporuladas (NLE) ou não esporuladas (LNE) de *Hemileia vastatrix* em cafeeiro nas safras de 2001/2002 e 2002/2003

Níveis de produção	Variáveis							
	FD (%)		AFL		NLE		LNE	
	2001	2002	2001	2002	2001	2002	2001	2002
0	4902,5 a ¹	243,6 a	244,2 a	63,3 a	314,8 a	10,04 a	21,0 a	34,8 a
25	8997,0 ab	840,0 b	1017,2 b	98,5 ab	4660,3 b	508,6 ab	539,8 ab	212,9 b
50	14580,2 b	2029,6 b	3578,9 b	123,2 b	8970,7 b	973,4 bc	1641,9 ab	257,9 b
75	13967,2 ab	2251,6 b	4228,9 b	116,6 b	1130,5 b	1259,4 bc	1972,5 ab	299,0 b
100	15029,2 b	2389,3 b	4456,9 b	140,1 b	1073,3 b	1567 c	3743,8 b	286,4 b
C.V. ² (%)	11,9	15,12	15,24	15,12	10,5	13,5	15,12	12,8

¹Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

²C.V.: coeficiente de variação.

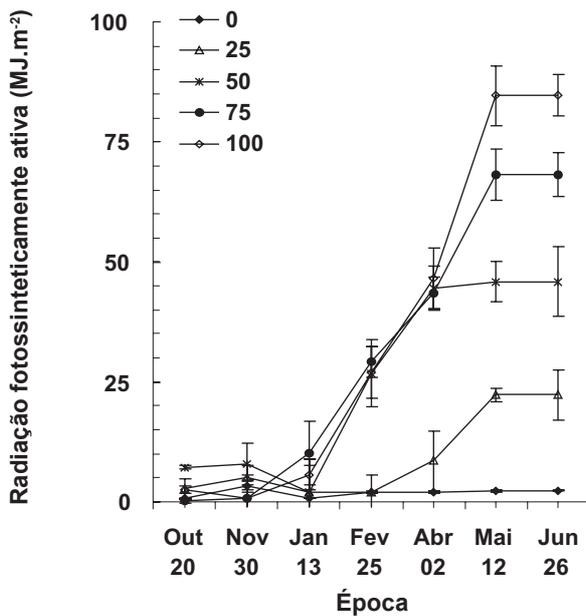


FIG. 3 - Radiação fotossinteticamente ativa medida abaixo do dossel dos cafeeiros com diferentes níveis de frutos por planta nas safras de 2001/2002 e 2002/2003, 15 dias antes da colheita.

da variação nos níveis de potássio nas folhas durante o ano, bem como de 51% para fósforo (anos agrícolas 2001/02 e 2002/03) e de 45% para cobre (anos agrícolas 2001/02) (Tabela 3).

Os coeficientes de correlação de Pearson para a produção em 2001/2002 e os diversos nutrientes nas safras de 2002/2003 foram: 0,10, 0,55, 0,73, -0,50, 0,52, 0,69, 0,31, 0,10, 0,31, 0,44 para N, P**, K**, Ca**, Mg**, S**, Zn, Fe, Mn e Cu**, respectivamente. Portanto a correlação da produção do ano anterior com o teor de nutriente no ano seguinte, não parece influenciar a diminuição dos nutrientes, pelo contrário, houve aumento significativo, exceto para cálcio, que reduziu o seu teor em 50%. Eskes & Carvalho (1983) buscando correlacionar os níveis de nutrientes nas folhas e a resistência à ferrugem, concluiu que nenhum nutriente especificamente afetou a resistência e que uma fertilização balanceada pode reduzir os danos por meio do estímulo do crescimento vegetativo.

Efeito do nível de desbaste de frutos no teor de carboidratos nas folhas de cafeeiro

Observou-se efeito da produção no teor de amido, açúcares solúveis totais e de açúcares não redutores (Tabela 4). Os açúcares não redutores aumentaram com a maior produção (exceto nas últimas avaliações), provavelmente, devido à maior demanda para o suprimento dos frutos em desenvolvimento. Um dos exemplos deste tipo de açúcar é a sacarose, muito utilizada na produção dos frutos (Taiz & Zeiger, 2000). Em relação ao amido, além do efeito da produção, um outro fator também marcante foi o aumento considerável na última época de avaliação, em ambos os casos estudados. De acordo com Matta *et al.* (1997) e Amaral (1991), este é um comportamento típico para o cafeeiro na região de Viçosa, MG, provavelmente devido ao acúmulo do mesmo em decorrência das menores taxas de crescimento das plantas nesta época do ano, quando as temperaturas são baixas (média de 16 °C). A retirada de frutos afetou os níveis de amido, acumulando-se mais intensivamente nas plantas sem frutos. Pôde-se constatar que, durante todo o período analisado, as plantas demandaram carboidrato para o desenvolvimento dos frutos. Provavelmente as reservas de amido foram utilizadas para esta função. Grande parte dos carboidratos pode ter sido utilizada pelo fungo, ou mesmo deixou de ser produzida devido às necroses produzidas nas folhas tecido-fonte dos carboidratos, no processo fotossintético. Por isso, provavelmente, além da demanda dos frutos pelo amido, os baixos níveis de amido nas plantas com maiores produções sejam também devido às dificuldades de produção dos carboidratos.

O efeito de época foi marcante no caso dos carboidratos e parece estar ligado principalmente ao clima e à fisiologia das plantas. Rena *et al.* (1983) verificaram a existência de correlação entre crescimento e carboidratos. O acúmulo dos teores de amido pode ser uma consequência das quedas de crescimento e à queda dos teores de potássio (Taiz & Zeiger, 2000). A partir de setembro, o amido das folhas diminuiu rapidamente, sendo utilizado para manutenção do crescimento reprodutivo.

Os teores de amido foram maiores em trabalhos já desenvolvidos com plantas desfrutificadas (Amaral, 1991), sendo relacionados ao crescimento vegetativo e sobretudo a

TABELA 2 - Teores foliares dos elementos potássio (K), cálcio (Ca), cobre (Cu), boro (B) em função do nível de produção das plantas

Elemento	2001/2002					2002/2003						
	Níveis de produção					Níveis de produção						
	0	25	50	75	100	0	25	50	75	100		
						A/D* (%) (0 a 100)						A/D* (%) (0 a 100)
K	1,62	1,35	1,19	1,10	1,07	33,9D	1,55	1,54	1,35	1,03	0,99	34,0D
Ca	0,97	1,30	1,47	1,47	1,44	32,6A	0,99	1,47	1,31	1,67	1,69	41,4A
Cu	1,75	1,82	1,49	1,54	1,46	16,0D	1,74	1,54	1,41	1,42	1,42	18,0D
B	40,1	53,8	53,3	61,8	61,0	35,0A	48,8	47,0	54,7	61,3	62,2	23,1A

*A/D – Significa aumento ou decréscimo do teor do elemento.

TABELA 3 - Coeficiente de correlação de Pearson para os diversos nutrientes e a produção nas safras de 2001/2002 e 2002/2003

Nutriente	Anos	
	2001/2002	2002/2003
Nitrogênio	-0,28	-0,10
Fósforo	-0,51*	-0,56**
Potássio	-0,77**	-0,74**
Cálcio	0,66**	0,57**
Magnésio	-0,23	-0,50**
Enxofre	-0,14	-0,67**
Zinco	-0,07	-0,34
Ferro	-0,02	-0,10
Manganês	-0,14	-0,30
Cobre	-0,45*	-0,5**
Boro	0,16	0,47**

** , *Significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de t.

TABELA 4 – Teor de amido (AM), açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR) em mg, g-1 de matéria seca de folhas do cafeeiro, em função do nível de produção de CV. Catuaí Vermelho nas safras 2001/02 e 2002/03

Níveis de produção	2001/2002				2002/2003			
	AM	AST	AR	ANR	AM	AST	AR	ANR
0	37,4 ¹	29,8	35,0	19,8	37,4	62,2	35,2	22,2
25	35,0	54,0	33,6	11,4	35,1	41,0	35,0	22,0
50	28,0	54,2	26,4	20,0	29,0	62,0	34,0	21,4
75	27,1	54,6	32,4	21,0	29,4	62,4	33,6	21,6
100	26,4	55,2	33,0	20,2	29,2	62,6	34,2	21,7

¹Os dados são média de quatro repetições dos meses de novembro a julho de 2001/02 e de setembro a julho de 2002/03.

demanda por carboidratos pelos frutos em desenvolvimento. Considerando-se que as reservas de carboidratos dos cafeeiros em frutificação estavam praticamente esgotadas, o crescimento vegetativo e a manutenção do desenvolvimento dos frutos devem ser, desde então, dependentes de fotossíntese corrente (Rena & Maestri 1986).

No florescimento, amido decresce rapidamente, utilizado na manutenção do crescimento vegetativo e reprodutivo (Amaral, 1991).

Quando feita a correlação do teor do carboidrato com a produção (Tabela 5), ficou caracterizada uma diminuição significativa ($r = 0,48$ para a safra 2001/2002 e $0,49$ para a safra 2002/2003) do amido. Da mesma forma, quando correlacionado o teor do carboidrato das folhas das plantas da safra 2002/2003 com a produção do ano anterior, o amido foi reduzido (Tabela 6). Isto evidencia um efeito considerável da produção de frutos nos teores de amido foliares tanto no mesmo ano, quanto no ano seguinte da produção.

Os resultados obtidos neste trabalho permitem

TABELA 5 - Coeficiente de correlação de Pearson de amido, açúcares solúveis totais e açúcares redutores e não redutores com os níveis de produção nos anos de 2001/2002 e 2002/2003

Carboidrato	Ano	
	2001/2002	2002/2003
Amido	-0,48 ¹	-0,49
Açúcares solúveis totais	-0,01	0,01
Açúcares redutores	-0,25	-0,06
Açúcares não redutores	0,20	0,11

¹Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de t.

TABELA 6 - Coeficiente de correlação de Pearson da produção na safra 2001/2002 com as variáveis amido, açúcares solúveis totais e açúcares redutores e não redutores no ano de 2002/2003

Carboidrato	Coefficiente
Amido	0,47**
Açúcares solúveis totais	-0,03
Açúcares redutores	0,06
Açúcares não redutores	0,10

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de t.

concluir que a presença de frutos no cafeeiro é necessária para a ocorrência da ferrugem e, que quanto maior for a quantidade dos frutos, maior é a intensidade da doença. Quanto aos teores de nutrientes e carboidratos nas folhas atacadas, variam em função da presença de frutos nas plantas e estão correlacionados com o progresso da doença.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, J.A.T. Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas inter-relações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação de nitrogênio. Tese de Doutorado. Viçosa MG. Universidade Federal de Viçosa. 1991.
- BLANCHER, R.W., REM, G. & GALDWEIL, A.C. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. Soil Science Society American Proceeding. 29:71-72. 1965.
- BRAGA, J.M. & DE FILIPPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em substratos de solos e plantas. Ceres. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 21:73-85. 1974.
- CAMPBELL, C.L. & MADDEN, L.V. Introduction to Plant Disease Epidemiology. New York NY. John Wiley & Sons. 1990.
- ESKES, A.B. & CARVALHO, A. Variation for incomplete resistance to *Hemileia vastatrix* in *Coffea arabica*. Study Circle of Plant Breeding (Wageningen) 32:625-637. 1983.
- ESKES, A.B. & SOUZA, E.Z. Ataque da ferrugem em ramos com e sem produção de plantas do cultivar Catuaí. In: Anais, 9º Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras. São Lourenço. 1981.
- KUSHALAPPA, A.C. & CHAVES, G.M. Escala para avaliar a percentagem de área foliar com Ferrugem do Cafeeiro. Fitopatologia Brasileira 3:119. 1978.

- MALAVOLTA, E. & MOREIRA, A. Nutrição, adubação do cafeeiro adensado. *Informações Agrônomicas*. 80:1-8. 1997. (Encontro Técnico).
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas - princípios e aplicações. 2ª ed. ABPPF. Piracicaba. 1997.
- MANSK, Z. & MATIELLO, J.B. Efeito da produção, nível de desfolha e inóculo residual sobre a evolução da ferrugem do cafeeiro no Estado do Espírito Santo. In: Anais, 11º Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras. Londrina. p 128-130. 1984.
- MARIOTTO, P.R., GERALDO, C.J.R., SILVEIRA, A.P., ARRUDA, H.V., FIGUEIREDO, P. & BRAGA, J.B.R. Efeito da produção sobre a incidência da ferrugem no cafeeiro. In: 2º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Rio de Janeiro. 1974.
- MATTA, F.M., MAESTRI, M., MOSQUIN, P.R. & BARROS, R.S. Photosynthesis in coffee (*Coffea canephora*) as affected by winter and summer conditions. *Plant Disease* 128:43-50. 1997.
- Mc READY, R.M., GUGGLOZ, J., SILVEIRA, V. & OWENS, H.S. Determination of starch and amylase in vegetables. Application to peas. *Analytical Chemistry* 22:1156-1158. 1950.
- NELSON, N. A photometric adaptation of the somogyi method for the determination of glucose. *Journal Biological Chemistry* 153:375-381. 1944.
- ORTOLANI, A.A. Contribuição ao estudo ecológico da ferrugem do cafeeiro em diferentes populações de *Coffea arabica* L. na região de Pindorama. Tese de Doutorado. São Paulo. 1973.
- RENA, A.B. & MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: Rena, A.B., Malavolta, E., Rocha, M & Yamada, T. (Eds.). Cultura do cafeeiro, fatores que afetam a produtividade. Piracicaba. Associação Brasileira de Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1986.
- RENA, A.B., PEREIRA, A.A. & BARTHOLO, G.F. Teor foliar de minerais, conteúdo de amido e o depauperamento de algumas progênies de café resistentes à Ferrugem. In: Anais, 10º Congresso de Pesquisas Cafeeiras. Poços de Caldas. MIC/IBC. 1983.
- RODRIGUEZ, C.E., AICILLA, P.J., ROBLEDO, A.J. & JANABIA, J. Interceptación de la radiación fotosintéticamente activa Y su relación con el área foliar de *Coffea arabica*. *Cenicafé*. 48:182-194. 1997.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. (Tradução de Plant Physiology por Santarém, E. R.). 2000.
- ZAMBOLIM, L., ACUÑA, R.S., VALE, F.X.R. & CHAVES, G.M. Influência da produção do cafeeiro sobre o desenvolvimento da ferrugem (*Hemileia vastatrix*). *Fitopatologia Brasileira* 17:32-35. 1992.