

QUALIDADE DE GRÃOS DE CAFÉ BENEFICIADOS EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO POTÁSSICA

Enilson de Barros Silva^{1*}; Francisco Dias Nogueira²; Paulo Tácito Gontijo Guimarães²

¹EPAMIG/CTNM, C.P. 12 - CEP: 39440-000 - Janaúba, MG.

²EPAMIG/CTSM, C.P. 176 - CEP: 37200-000 - Lavras, MG.

*Autor correspondente <ebsilva@nortecnet.com.br>

RESUMO: O clima e o solo tem elevada influência na qualidade dos grãos de café (*Coffea arabica* L.) beneficiado. Foram instalados dois experimentos sobre latossolo (Latosolo Vermelho distroférrico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico) com o objetivo de verificar a qualidade dos grãos de café beneficiados submetidos à adubação potássica em duas condições edafoclimáticas. Em ambos os locais, os experimentos foram delineados em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, utilizando-se três fontes de K: cloreto de potássio (KCl), sulfato de potássio (K_2SO_4) e nitrato de potássio (KNO_3) nas parcelas e quatro doses de K (0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹) aplicadas nas subparcelas com quatro repetições. Usou-se nos experimentos o cultivar Catuaí Vermelho no espaçamento 3,5 x 0,7 m, com uma planta por cova. As avaliações foram: atividade enzimática da polifenoloxidase, índice de coloração e açúcares totais. Os valores das características qualitativas dos grãos mostraram que a fonte KCl teve uma resposta inferior em termos de qualidade dos grãos em relação às fontes K_2SO_4 e KNO_3 . Estas últimas fontes tiveram melhor resposta quando aplicadas nas condições de São Sebastião do Paraíso do que nas de Patrocínio. Em termos de doses aplicadas, os melhores resultados para qualidade dos grãos foram obtidos com as doses de 200 kg de K ha⁻¹ na forma de KCl e K_2SO_4 e 100 kg de K ha⁻¹ na forma de KNO_3 .

Palavras-chave: doses, polifenoloxidase, índice de coloração, açúcares totais

POTASSIUM FERTILIZATION AND THE QUALITY OF PROCESSED COFFEE BEANS

ABSTRACT: Climate and soil strongly influence the quality of processed coffee (*Coffea arabica* L.) beans. This work studied the influence of potassium fertilization on the quality of processed coffee beans grown on two Oxisols (Rhodic Acrudox and Xanthic Acrustox). Trials were set up in a completely randomized split plot block design, to test the influence of three sources and four potassium rates - potassium chloride (KCl), potassium sulphate (K_2SO_4) and potassium nitrate (KNO_3) at 0; 100; 200 and 400 kg ha⁻¹, applied to plants of cv. Catuaí Vermelho (3.5 x 0.7 m; one plant per hole), on the enzyme activity of polyphenoloxidase, coloration index and total sugars of processed coffee beans. The quality of beans grown under K_2SO_4 and KNO_3 fertilization was better than that of beans grown under KCl fertilization; results of K_2SO_4 and KNO_3 fertilizations were significantly better for the Rhodic Acrudox. Best grain quality was observed for the application of 200 kg K ha⁻¹ as KCl and K_2SO_4 and 100 kg K ha⁻¹ as KNO_3 .

Key words: doses, polyphenoloxidase, coloration index, total sugars

INTRODUÇÃO

A qualidade dos produtos agrícolas não é facilmente definida ou medida como se faz para produção. O padrão de qualidade depende de propósitos, pelos quais, a planta ou parte dela é utilizada (Mengel & Kirkby, 1987). No caso do café, o mais importante é o reflexo da adubação tanto na produção como na qualidade, porque esta tem muita influência na sua cotação de mercado. Os grãos de café beneficiados têm sido avaliados quimicamente e a bebida sensorialmente o que depende muito das condições fisiológicas do provador de bebida (Chagas et al., 1996a). Existe, no entanto, uma relação correspondente entre ambos os modos de avaliação (Carvalho et al., 1994).

A polifenoloxidase é uma enzima cúprica (Robinson & Eskin, 1991) que de acordo com vários autores, se mostra diretamente relacionada com a qualidade da bebida do café

(Amorim & Silva, 1968; Amorim, 1978; Leite, 1991; Carvalho et al., 1994; Chagas et al., 1996a; Pimenta, 1995; Chalfoun, 1996; Pereira, 1997 e Silva et al., 1999).

Segundo Carvalho et al. (1994), cafés de melhor qualidade de bebida possuem elevada atividade enzimática da polifenoloxidase e elevado índice de coloração. Estes autores verificaram que as variações da atividade enzimática da polifenoloxidase, permitem separar as classes de bebida, mostrando para o café “riado e rio” atividades inferiores a 55,99 U g⁻¹ de amostra; nos cafés de bebida “dura” atividades entre 55,99 e 62,99 U g⁻¹ de amostra; nos cafés de bebida “mole” atividades entre 62,99 e 67,66 U g⁻¹ de amostra e nos cafés de bebida “estritamente mole” atividades superiores a 67,66 U g⁻¹ de amostra, constatando assim um aumento significativo na atividade da polifenoloxidase à medida que o café se apresenta com melhor qualidade.

Segundo Amorim (1972), os açúcares não parecem afetar a qualidade do café, de um modo geral. No entanto, deve ressaltar-se que os açúcares participam de importantes reações químicas que ocorrem durante a torração, como reação de Maillard e/ou caramelização, que serão responsáveis pela formação da cor, sabor e aroma peculiares da bebida (Pereira, 1997). Segundo a OIC (International Coffee Organization, 1991), a doçura é uma das características de sabor desejáveis nos cafés Gourmets, e a presença de certos compostos orgânicos no café cru, podem servir de padrões na avaliação da qualidade. Ainda é discutível qual deve ser o tipo e concentração de açúcares nos grãos que exerceria maior influência na qualidade da bebida. No entanto, sabe-se que a sacarose é degradada praticamente quase que em sua totalidade, durante a torração originando açúcares menores, precursores de ácidos e aldeídos, responsáveis pelo aroma. Segundo Amorim et al. (1976) e Chagas et al. (1996b), cafés de melhor qualidade de bebida possuem teores mais elevados de açúcares. Os açúcares totais do grão de café beneficiado situam-se em um teor em torno de 8% segundo Navellier (1970) e numa faixa de 5 a 10% proposta por Prete (1992).

O potássio tem sido, há muito tempo, considerado o “elemento da qualidade” em nutrição de plantas (Zehler et al., 1986; Malavolta et al., 1997). Apesar desta reputação qualitativa e de aumentar a produção agrícola, normalmente ignora-se a extensão dos benefícios da adubação potássica. Dentro desta linha de pesquisa, Arcila-Pulgarin & Valência-Aristizábal (1975) estudaram o efeito da fertilização potássica sobre a atividade da polifenoloxidase e não encontraram diferenças estatísticas entre os seguintes tratamentos: testemunha, cloreto de potássio (KCl), sulfato de potássio (K_2SO_4), KCl + N + P + Mg e K_2SO_4 + N + P + Mg; a fertilização potássica aumentou os teores de K nos grãos, sem correlacionar com a atividade da enzima, apesar do sulfato de potássio ter propiciado algum aumento na atividade da polifenoloxidase.

Por outro lado, em trabalhos de adubação potássica Santinato et al. (1996) utilizaram doses crescentes de 0, 114, 145 e 208 kg de K ha⁻¹ na forma de KNO_3 no cultivo do cultivar Acaia, em Latossolo Vermelho Amarelo, mas não encontraram melhoria da bebida, avaliada pela “prova da xícara”. Em trabalho recente, Silva et al. (1999) estudaram o efeito de fontes e doses de K na composição físico-química e química dos grãos de café beneficiados oriundos da região do Sul de Minas (São Sebastião do Paraíso) e observaram uma maior atividade enzimática da polifenoloxidase, índice de coloração e açúcares totais em cafés adubados com a fonte sulfato de potássio e concluíram que esta fonte proporcionou uma melhor qualidade do café. Os autores encontraram uma redução do teor de açúcar total com aumento das doses de K, na forma de KCl e o inverso com a fonte sulfato de potássio.

Com relação aos íons influenciando a atividade enzimática da polifenoloxidase, Fox (1991) descreve os efeitos de solutos sobre a sua atividade, com enfoque na inativação de enzimas pelo KCl e pelo NaCl atribuindo-se ao íon halogênio (Cl⁻) esta ação inibitória. Uma hipótese explicativa seria a ocorrência de precipitação química do íon Cl⁻, com o Cu⁺², facilitada pelo excesso do íon halogênio, que reduziria a ativação de enzimas, sendo provavelmente um efeito direto. Conhece-se também o efeito de certos ânions na desnaturação de proteína pela sua habilidade em promover a ruptura da cadeia orgânica na seguinte ordem decrescente: SCN⁻ > ClO₄⁻ > I⁻ > Cl⁻ > acetato > SO₄⁻² (Fox, 1991).

Um outro possível efeito indireto da adubação do cafeeiro na forma de KCl, na qualidade da bebida do café seria quando plantas que recebem elevadas quantidades de cloreto aumentam o conteúdo de água (Gouny, 1973). Um maior teor de umidade nos frutos favorece a proliferação de microorganismos (Chalfoun, 1996). Segundo Amorim (1972) e Leite (1991), em qualquer condição adversa aos grãos de café beneficiados, a atividade da polifenoloxidase atua sobre os compostos fenólicos, diminuindo sua ação antioxidante sobre os aldeídos, consequentemente, facilitando a oxidação destes últimos. Nesta situação, produzem-se quinonas, as quais agem como inibidor da ação da enzima polifenoloxidase.

O objetivo deste trabalho foi verificar a qualidade dos grãos de café beneficiados produzidos sob efeito da adubação potássica em duas condições edafoclimáticas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos, sendo um em Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), fase floresta tropical subperenifolia transicional para Cerrado, na Fazenda Experimental de São Sebastião do Paraíso - MG (EPAMIG), sendo a altitude da sede do município de 940 m, a latitude de 20°54'S, a longitude a 46°59'W e uma precipitação pluviométrica média anual de 1.627 mm, sendo o clima classificado com Cwa, segundo Köppen. O outro experimento em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd), fase Cerrado, na Fazenda Experimental de Patrocínio - MG (EPAMIG), sendo a altitude da sede do município de 934 m, a latitude de 18°57'S, a longitude a 47°00'W e uma precipitação pluviométrica média anual de 1.400 mm, classificação climática com Cwa, segundo Köppen. Para a caracterização dos solos foram coletadas amostras compostas de 0 a 20 cm de profundidade cujas análises químicas e físicas encontram-se na Tabela 1.

Usaram-se, em ambos os locais de cultivo, cafezais da espécie *Coffea arabica* L. do cultivar Catuaí Vermelho e linhagem MG-99 com idade de seis anos, com uma planta por cova no espaçamento 3,5 x 0,7 m (renque). O delineamento experimental foi em blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas, utilizando-se três fontes de K sendo: cloreto de potássio

Tabela 1 - Características químicas e físicas do solo antes da implantação do experimento na profundidade de 0 a 20 cm.

Solo	pH _{água}	P	K	S-SO ₄ ⁻²	Ca	Mg	Al	V	MO	Areia	Silte	Argila
		----- mg dm ⁻³ -----			----- mmol _c dm ⁻³ -----			%	----- g kg ⁻¹ -----			
LVdf	6,0	7,0	70	19,5	38	9	1	65	26	240	230	530
LVAd	5,9	3,0	63	17,5	34	13	1	69	31	220	310	470

pH_{água} - Relação solo-água 1:2,5; P e K - Extrator Mehlich 1; S-SO₄⁻² - Extrator fosfato diácido de cálcio (Ca(H₂PO₄)₂); Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol L⁻¹; V - Saturação em bases e MO - Teor de matéria orgânica determinado pelo método da oxidação do carbono por dicromato de potássio em meio ácido multiplicado por 1,724.

(KCl), sulfato de potássio (K₂SO₄) e nitrato de potássio (KNO₃) nas parcelas e quatro doses de K (0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹) aplicadas nas subparcelas com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída de três linhas de oito covas, formando um total de 24 covas por parcela, sendo considerada como parcela útil as seis covas centrais.

A adubação fosfatada (básica) foi aplicada em doses recomendadas para lavoura do mesmo porte e idade, segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1989), utilizando-se supertriplo. Os tratamentos e a adubação fosfatada foram parcelados em quatro vezes iguais a cada ano. Durante todo período, o experimento recebeu aplicações de B (boro), via solo, na dosagem de 10 g de bórax por cova em dezembro e B e Zn (zinco), via foliar, na forma de solução de sulfato de zinco e ácido bórico na concentração de 0,5 e 0,3%, respectivamente, para o controle preventivo de deficiências, além dos controles fitossanitários e tratos culturais.

As variáveis qualitativas foram determinadas em amostras de grãos de café beneficiados moídos em moinho tipo Croton Mod. TE-580, em peneira de 30 mesh, referente a cada tratamento aplicado em quatro safras (1995 a 1998) nos dois locais. As avaliações foram: atividade enzimática da polifenoloxidase, índice de coloração e açúcares totais conforme metodologia descrita a seguir.

O método de extração da enzima polifenoloxidase consiste na extração descrita por Draetta & Lima (1976), tendo sido pesados 5 g da amostra de café previamente moída e adicionados 40 mL da solução de fosfato de potássio 0,1 mol L⁻¹ a pH 6,0, agitando-se a amostra por 5 minutos. Todo material utilizado foi mantido gelado. Após a agitação, foi feita a filtragem, utilizando-se papel de filtro Whatman n^o1. A atividade da polifenoloxidase foi determinada pelo método descrito por Ponting & Joslyng (1948), utilizando-se o extrato da amostra sem DOPA (3,4 dihidroxifenil-alanina) como branco expressa em U g⁻¹ de grãos beneficiados (U é unidade de atividade enzimática equivalente a 0,001 da densidade ótica (D.O.) por minuto).

O índice de coloração foi determinado pelo método descrito por Singleton (1966) e adaptado para o café, como segue: foram pesadas 2 g da amostra de café moídas, transferidas para erlenmeyer e adicionados 50 mL de água destilada. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas em agitador elétrico por 1 hora. Fez-

se a filtragem em papel de filtro e tomaram-se 5 mL do filtrado, adicionado-se 10 mL de água destilada a essa alíquota. Estas amostras foram deixadas em repouso por 20 minutos e lidas em comprimento de onda de 425 nm em espectrofotômetro.

Os açúcares totais foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela Association of Official Analytical Chemists (1970), determinados pela técnica de Somogy, adaptada por Nelson (1944).

Os dados foram submetidas a análise de variância, teste de Scott & Knott a 5% para as fontes de K dentro das doses de K e estudos de regressão, cujas equações foram ajustadas aos dados, média de quatro safras, em função das doses de K das fontes aplicadas, em ambos os locais. A partir das equações obtidas, estimaram-se doses para 100% do máximo de cada variável avaliada.

Calculou-se o incremento relativo das variáveis advindo da adubação potássica (IRK), visando estabelecer o aumento obtido no valor de cada variável qualitativa para cada kg de K ha⁻¹. Para tal, utilizou-se a diferença entre o valor da variável estimada com a dose máxima e com a dose zero, bem como a diferença entre essas doses, pela fórmula: IRK = (Valor variável na dose máxima – valor da variável na dose zero)/(Dose máxima – Dose zero)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se pela análise conjunta de cada variável avaliada, efeito significativo da interação local de cultivo, fonte e doses de K, o que sugere um comportamento diferenciado das fontes e doses de K aplicadas nos dois locais

As maiores atividades enzimáticas da polifenoloxidase foram encontradas em Patrocínio em relação aos obtidos em São Sebastião do Paraíso (Tabela 2), quando se comparam os valores de atividade enzimática nos tratamentos que não receberam adubação potássica (testemunha = 0 kg de K ha⁻¹). Os cafés de São Sebastião do Paraíso, na ausência da fertilização potássica foram classificados segundo proposta de Carvalho et al. (1994), atribuindo-se aos grãos de café beneficiados colocação na faixa não aceitável (“riada” e “rio”), ao contrário do ocorrido em Patrocínio onde os cafés se classificaram na testemunha como aceitável (“dura”). Resultado semelhante foi

encontrado por Chagas et al. (1996a) que obtiveram uma maior atividade enzimática da polifenoloxidase nos municípios da Região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, incluindo-se cafés do município de Patrocínio, em relação aos municípios da Região do Sul de Minas Gerais.

A dose de 200 kg de K ha⁻¹ foi a que proporcionou a maior atividade enzimática da polifenoloxidase nas fontes KCl e K₂SO₄ e, para a fonte KNO₃, a dose de maior atividade foi de 100 kg de K ha⁻¹ (Tabela 2). Para esta ocorrência houve ajustes de equações quadráticas para as fontes KCl e K₂SO₄, onde a redução da atividade ocorreu em dose superior a 200 kg de K ha⁻¹; para a fonte KNO₃, os melhores ajustes foram equações quadráticas base raiz quadrada, quando a redução da atividade ocorreu em dose superior a 100 kg de K ha⁻¹, em ambos os locais (Tabela 3). Portanto, a dose em torno de 200 kg de K ha⁻¹ para KCl e K₂SO₄ e 100 kg de K ha⁻¹ para KNO₃ proporcionaram as melhores atividades da polifenoloxidase.

As atividades máximas das amostras são classificadas segundo a proposta de Carvalho et al. (1994) como bebida “mole” em São Sebastião do Paraíso com as fontes K₂SO₄ e KNO₃ e em Patrocínio como “estritamente mole” e “mole”, respectivamente (Tabela 4). Para a fonte KCl, a classificação foi de bebida “dura” em São Sebastião do Paraíso e bebida “mole” em Patrocínio, sendo que neste local, na ausência de adubação potássica, as amostras de café foram classificadas como bebida “dura” ao contrário de São Sebastião do Paraíso que foi classificado com bebida “riada” ou “rio”.

As fontes isentas de cloreto revelaram uma melhor resposta em São Sebastião do Paraíso em relação a Patrocínio. Esta melhor resposta é verificada

através do valor de IRK (Tabela 4) que foram superiores em São Sebastião do Paraíso nas fontes isentas de cloreto, com destaque maior para o KNO₃, com uma dose 1,6 vez menor àquela que proporcionou uma classificação de bebida semelhante ao K₂SO₄. No entanto é bom lembrar que KNO₃ tem um custo superior e é necessário maior vigilância de sua percolação para o lençol freático. Por outro lado, Santinato et al. (1996) não registraram melhoria da qualidade da bebida quando testaram doses crescentes de KNO₃.

Uma suposição para melhor resposta das fontes isentas de cloreto na classificação de bebida do café, em São Sebastião do Paraíso em relação a Patrocínio, pode ter sido a influência parcial da condição climática da região dos experimentos através da umidade nos frutos. Em ambiente mais úmido, os frutos das plantas que recebem elevadas quantidades de cloreto tornam-se mais higroscópicos (Gouny, 1973) e mais passivos da proliferação de microorganismos (Chalfoun, 1996). Segundo Amorim (1972) e Leite (1991), qualquer condição adversa aos grãos de café beneficiados, proporciona a ativação das polifenoloxidases que oxidariam os compostos fenólicos, diminuindo sua ação antioxidante sobre os aldeídos, sendo posteriormente inibidas competitivamente pelas quinonas formadas.

Para o menor desempenho da fonte KCl, em ambos os locais (Tabela 2), pode ser atribuída à atuação do íon cloreto em reduzir diretamente a atividade enzimática da polifenoloxidase conforme Fox (1991). Esta enzima é ativada pelo íon cobre (Robison & Eskin, 1991), o qual é o seu catalisador, mas o cloreto inibe sua atividade devido à interação ou reação com o Cu, propiciando, uma redução na atividade enzimática na fonte KCl (Tabela 2). Por outro lado, sabe-se que certos

Tabela 2 - Características qualitativas dos grãos de café beneficiados em função de fontes e doses de K aplicadas em dois locais. Média de quatro safras.

Dose K kg ha ⁻¹	Fonte K	São Sebastião do Paraíso			Patrocínio		
		PFO ^{1/}	IC	AT	PFO	IC	AT
0	KCl	55,01 a	0,881 b	6,9 a	57,06 b	0,859 a	7,5 a
	K ₂ SO ₄	55,20 a	0,947 a	7,0 a	61,06 a	0,809 b	7,4 a
	KNO ₃	54,12 a	0,790 c	6,8 a	60,00 a	0,820 b	6,7 b
100	KCl	59,63 c	0,997 b	8,0 c	63,15 c	1,001 a	8,0 a
	K ₂ SO ₄	61,91 b	1,053 a	8,3 b	65,38 b	0,954 b	7,9 a
	KNO ₃	66,56 a	0,868 c	8,7 a	67,20 a	1,025 a	7,9 a
200	KCl	61,73 b	1,035 b	8,1 b	63,97 c	0,988 b	8,0 b
	K ₂ SO ₄	66,77 a	1,136 a	8,6 a	68,36 a	1,031 a	8,4 a
	KNO ₃	65,57 a	0,917 c	8,0 b	66,25 b	1,022 a	8,0 b
400	KCl	57,46 b	0,932 a	7,5 a	60,31 b	0,941 a	7,4 a
	K ₂ SO ₄	60,92 a	0,927 a	7,6 a	64,76 a	0,906 a	7,6 a
	KNO ₃	61,40 a	0,863 b	6,8 b	63,27 a	0,934 a	7,3 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, dentro de cada dose, não diferem pelo Teste de Scott & Knott a 5%.

^{1/} PFO – Atividade enzimática da polifenoloxidase (U g⁻¹ de amostra), IC – Índice de coloração (D.O. 435 nm) e AT – Açúcares totais (%).

ânions tem um poderoso efeito de desnaturação da proteína, isto é, alterações a nível de estrutura quaternária, terciária e secundária, os quais são, em ordem decrescente: $\text{SCN}^- > \text{ClO}_4^- > \text{I}^- > \text{Cl}^- > \text{acetato} > \text{SO}_4^{2-}$ (Fox, 1991). Resultado semelhante na avaliação de fontes e doses de K na qualidade do café foi obtido por Silva et al. (1999) que encontraram maior atividade enzimática da polifenoloxidase com a fonte K_2SO_4 . Arcila-Pulgarim & Valência-Aristizábal (1975) não encontraram resposta à adubação potássica, mas observaram uma maior atividade da enzima polifenoloxidase, quando se aplicou sulfato de potássio.

A avaliação da qualidade, praticada convencionalmente através de provadores, conhecida como “prova da xícara” é muito subjetiva (Chagas et al., 1996a) quando se compara com o método da atividade enzimática da polifenoloxidase (avaliação química) e sendo aquela uma prova sensorial, seu resultado é questionável em termos de representar uma expressão universal de qualidade, o que dificulta estabelecer diferenças qualitativas entre as amostras de grãos de café beneficiados.

O índice de coloração de grãos de café beneficiados tem uma relação direta com a boa qualidade da bebida e conseqüentemente com a

atividade enzimática da polifenoloxidase (Carvalho et al., 1994). Os resultados encontram-se na Tabela 2.

Portanto, pela orientação das equações de regressão ajustadas (Tabela 3) representativas do índice de coloração verifica-se muita semelhança com aquelas obtidas para a atividade enzimática da polifenoloxidase para ambos os locais. As equações de regressão quadráticas e quadráticas base raiz quadrada foram as que melhores ajustaram aos dados de índice de coloração (Tabela 3).

Os grãos de café beneficiados com maior atividade da polifenoloxidase, ou seja, melhor qualidade de bebida, também possuem maior índice de coloração (Tabelas 2 e 3). Portanto, a discussão e a interpretação referente à polifenoloxidase no ajuste das equações de regressão e as doses de K definidas para obtenção do maior índice de coloração, possuem uma relação positiva e direta. Os resultados dos índices de coloração para média das quatro safras consecutivas mostram que a dose máxima de K para as fontes KCl e K_2SO_4 foi de 200 kg de K ha^{-1} e para a fonte KNO_3 de 100 kg de K ha^{-1} conforme se verifica na Tabela 4. A resposta da adubação potássica no cafeeiro sobre o índice de coloração foi superior para as fontes isentas de cloreto revelada pelos valores de IRK (Tabela 4) em ambos os locais de cultivo.

Tabela 3 - Equações de regressão polinomial ajustadas para as características qualitativas dos grãos de café beneficiados como variáveis dependentes das doses de K aplicadas (kg ha^{-1}) de cada fonte. Média de quatro safras.

Local	Fonte K	Equação de regressão	R ²
Atividade enzimática da polifenoloxidase, U g ⁻¹ de amostra			
S.S. Paraíso	KCl	$Y = 55,16 + 0,06289^{**}X - 0,000143^{**}X^2$	0,99
	K_2SO_4	$Y = 54,89 + 0,09816^{**}X - 0,000207^{**}X^2$	0,98
	KNO_3	$Y = 54,18 + 2,03043^{**}\sqrt{X} - 0,08389^{**}X$	0,99
Patrocínio	KCl	$Y = 57,35 + 0,06475^{**}X - 0,000144^{**}X^2$	0,96
	K_2SO_4	$Y = 60,91 + 0,06175^{**}X - 0,000130^{**}X^2$	0,98
	KNO_3	$Y = 59,82 + 1,24544^{**}\sqrt{X} - 0,05395^{**}X$	0,99
Índice de coloração, D.O. 435 nm			
S.S. Paraíso	KCl	$Y = 0,882 + 0,00143^{**}X - 0,0000032^{**}X^2$	0,99
	K_2SO_4	$Y = 0,938 + 0,00183^{**}X - 0,0000046^{**}X^2$	0,97
	KNO_3	$Y = 0,750 + 0,03237^{**}\sqrt{X} - 0,00141^{**}X$	0,99
Patrocínio	KCl	$Y = 0,872 + 0,00126^{**}X - 0,0000027^{**}X^2$	0,99
	K_2SO_4	$Y = 0,806 + 0,00195^{**}X - 0,0000042^{**}X^2$	0,99
	KNO_3	$Y = 0,821 + 0,03551^{**}\sqrt{X} - 0,00150^{**}X$	0,99
Açúcares totais, %			
S.S. Paraíso	KCl	$Y = 6,9 + 0,01131^{**}X - 0,000024^{**}X^2$	0,93
	K_2SO_4	$Y = 7,1 + 0,01498^{**}X - 0,000033^{**}X^2$	0,98
	KNO_3	$Y = 6,5 + 0,39967^{**}\sqrt{X} - 0,019215^{**}X$	0,99
Patrocínio	KCl	$Y = 7,5 + 0,00569^{**}X - 0,000015^{**}X^2$	0,98
	K_2SO_4	$Y = 7,4 + 0,00846^{**}X - 0,000019^{**}X^2$	0,94
	KNO_3	$Y = 7,0 + 0,20698^{**}\sqrt{X} - 0,010381^{**}X$	0,98

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

Tabela 4 - Valores máximos estimados das características qualitativas dos grãos de café beneficiados com as doses máximas (kg ha⁻¹) e o incremento relativo destas características advindo da aplicação de K (IRK). Média de quatro safras.

Fonte de K	São Sebastião do Paraíso			Patrocínio		
	Valor máximo	Dose máxima	IRK ^{1/}	Valor máximo	Dose máxima	IRK ^{1/}
Atividade enzimática da polifenoloxidase, U g ⁻¹ de amostra						
KCl	62,07	219,8	3,1 x 10 ⁻²	64,63	224,8	3,2 x 10 ⁻²
K ₂ SO ₄	66,52	237,1	5,0 x 10 ⁻²	68,24	237,5	3,1 x 10 ⁻²
KNO ₃	66,47	146,5	8,4 x 10 ⁻²	67,01	133,2	5,4 x 10 ⁻²
Índice de coloração, D.O. 435 nm						
KCl	1,042	223,4	7,2 x 10 ⁻⁴	1,019	233,4	6,2 x 10 ⁻⁴
K ₂ SO ₄	1,120	198,9	9,2 x 10 ⁻⁴	1,032	232,1	9,7 x 10 ⁻⁴
KNO ₃	0,936	131,2	14,2 x 10 ⁻⁴	1,031	140,1	14,9 x 10 ⁻⁴
Açúcares totais, %						
KCl	8,3	235,6	5,6 x 10 ⁻³	8,0	189,7	2,8 x 10 ⁻³
K ₂ SO ₄	8,8	227,0	7,5 x 10 ⁻³	8,3	222,6	4,2 x 10 ⁻³
KNO ₃	8,6	108,2	19,2 x 10 ⁻³	8,0	100,0	10,3 x 10 ⁻³

^{1/}Unidade de característica qualitativa por kg de K aplicado.

Cafés de melhor qualidade possuem maior atividade enzimática da polifenoloxidase e maior índice de coloração, conforme pesquisas desenvolvidas por Leite (1991), Chagas et al. (1996a), Carvalho et al. (1994), Pimenta (1995), Chalfoun (1996), Pereira (1997) e Silva et al. (1999). Observa-se, também, relação direta entre a atividade enzimática da polifenoloxidase, índice de coloração e açúcares totais (Tabelas 2 e 3), mas atingindo-se um equilíbrio desejável com a utilização da dose 200 kg de K ha⁻¹ na forma de KCl e K₂SO₄ e de 100 kg de K ha⁻¹ para fonte KNO₃, em ambos os locais (Tabela 4).

Verificam-se teores superiores de açúcares totais nos grãos colhidos em Patrocínio comparando-se com resultados de São Sebastião do Paraíso (Tabela 2) por Chagas et al. (1996b) encontraram que os teores de açúcares são superiores para cafés da Região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba em relação a cafés da Região do Sul de Minas.

Os valores de IRK para os açúcares totais mantiveram a mesma tendência da atividade enzimática da polifenoloxidase e índice de coloração que se revelou com maior destaque de resposta na qualidade dos grãos para fontes isentas de cloreto. No presente trabalho, os teores de açúcares totais máximos (Tabela 4) determinados em grãos colhidos em ambos locais estão em torno de 8% (Navellier, 1970) e dentro da faixa de 5 a 10% proposta por Prete (1992).

Os açúcares podem contribuir para o sabor e aroma do café, conforme cita Amorim (1972), mas estes atributos ainda não participam das classificações oficiais de qualidade de bebida adotados no mercado, apesar de Amorim et al. (1976) afirmarem que os cafés melhores possuem maiores teores de açúcares totais, fato também verificado por Chagas et al. (1996b) e

Silva et al. (1999). Em adição, o sabor doce desejável em cafés "Gourmet" detectados pelo painel organoléptico (Sensorial) da OIC (International Coffee Organization, 1991) é baseado na presença de açúcares dos grãos após a torração. Os açúcares, juntamente com os aminoácidos, são responsáveis pela cor caramelo desejável no café torrado. Esta coloração é obtida pelas reações de Maillard e/ou caramelização (Pereira, 1997).

Conforme já discutido para as características qualitativas dos grãos de café beneficiados e baseado nos valores de IRK (Tabela 4), houve seqüência em ordem decrescente da melhor qualidade dos grãos entre as fontes: KNO₃ > K₂SO₄ > KCl. Pela Tabela 4, as doses máximas médias para máxima qualidade dos grãos foram obtidas com as doses de 221,2; 225,9 e 126,5 kg ha⁻¹ de K para fontes KCl, K₂SO₄ e KNO₃, respectivamente.

Fontes isentas de cloreto proporcionaram a melhor qualidade dos grãos de café beneficiados, com melhor resposta em São Sebastião do Paraíso, nas doses próximas de 200 kg de K ha⁻¹ na forma de KCl e K₂SO₄ e 100 kg de k ha⁻¹ na forma de KNO₃.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, H.V. Relação entre alguns compostos orgânicos do grão do café verde com a qualidade da bebida. Piracicaba, 1972. 136p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- AMORIM, H.V. Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a determinação da qualidade. Piracicaba, 1978. 85p. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- AMORIM, H.V.; SILVA, D.M. Relationship between the polyphenol oxidase activity of coffee beans and quality of the beverage. *Nature*, v.219, p.381-382, 1968.

- AMORIM, H.V.; LEGENDRE, M.G.; AMORIM, V.L.; ANGELO, A.J.S.; ORY, R.L. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage: VII.Total carbonyls, activity of polyphenol oxidase, and hydroperoxides. **Turrialba**, v.26, p.193-195, 1976.
- ARCILA-PULGARIN, J.; VALÊNCIA-ARISTIZÁBAL, G. Relacion entre la actividade de la polifenol oxidasa (P.F.O.) y las pruebas de catacion como medidas de la calidad de la bebida del cafe. **Cenicafé**, v.26, p.55-71, 1975.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the AOAC**. 11.ed. Washington: AOAC, 1970. 1015p.
- CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J.de R.; CHALFOUN, S.M.; BOTREL, N.; JUSTE JR., E.S.G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.449-454, 1994.
- CHAGAS, S.J. de R.; CARVALHO, V.D.; COSTA, L. Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, p.555-561, 1996a.
- CHAGAS, S.J. de R.; CARVALHO, V.D.; COSTA, L.; ROMANIELLO, M.M. Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais. II. Valores de acidez titulável e teores de açúcares (redutores, não redutores e totais). **Ciência e Agrotecnologia**, v.20, p.224-231, 1996b.
- CHALFOUN, S.M.S. O café (*Coffea arabica* L.) na Região Sul de Minas Gerais-relação da qualidade com fatores ambientais, estruturais e tecnológicos. Lavras, 1996. 171p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Lavras, 1989. 159p.
- DRAETTA, I.S.; LIMA, D.C. Isolamentos e caracterização das polifenoloxidasas do café. **Coletânea do ITAL**, v.7, p.3-28, 1976.
- FOX, P.F. **Food enzymology**. London: Elsevier Applied Science, 1991. 378p.
- GOUNY, P. Observaciones sobre el comportamiento del vegetal en presencia de ions de cloro. **Revista de la Potassa**, v.45, p.1-14, 1973.
- INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Flavour profiles of commercial roasted and ground coffee samples from Brasil**. London, 1991. (Sensory Report).
- LEITE, I.P. Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café (*Coffea arabica*, L.). Lavras, 1991. 131p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principales of plant nutrition**. 4.ed. Berna: International Potash Institute, 1987. 687p.
- NAVELLIER, P. Coffe. In: **ENCYCLOPÉDIA OF INDUSTRIAL CHEMICAL ANALYSIS**. New York: John Wiley & Sons, 1970. v.19, p.373-447.
- NELSON, N. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v.153, p.370-380, 1944.
- PEREIRA, R.G.F.A. Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (*Coffea arabica* L.) "estritamente mole". Lavras, 1997. 96p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras.
- PIMENTA, C.J. Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) originado de diferentes frutos colhidos em quatro estádios de maturação. Lavras, 1995. 94p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras
- PONTING, J.D.; JOSLYNG, M.A. Ascorbic acid oxidation and browning in apple tissue extracts. **Archives of Biochemistry**, v.19, p.47-63, 1948.
- PRETE, C.E.C. Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica*, L.) e sua relação com a qualidade da bebida. Piracicaba, 1992. 125p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- ROBINSON, D.S.; ESKIN, N.A.M. **Oxidative enzymes in foods**. New York: Elsevier Applied Science, 1991. 314p.
- SANTINATO, R.; OLIVEIRA, L.H.; PEREIRA, E.M. Efeitos do uso de salitre de potássio como fonte de nitrogênio e potássio na adubação química do cafeeiro - Carmo do Paranaíba/MG - 1992/1996. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 22., Águas de Lindóia, 1996. **Anais**. São Paulo: SDR; PROCAFÉ; EMBRAPA; DENAC; CATI, 1996. p.180-184.
- SILVA, E.B.; NOGUEIRA, F.D.; GUIMARÃES, P.T.G.; CHAGAS, S.J. de R.; COSTA, L. Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do grão de café beneficiado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.335-345, 1999.
- SINGLETON, V.L. The total phenolic content of grapes berries during the maturation of several varieties. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.17, p.126-134, 1966.
- ZEHLER, E.; KREIPE, H.; GETHING, P.A. **Sulfato de potássio e cloreto de potássio: sua influência na produção e na qualidade das plantas cultivadas**. Campinas: Fundação Cargil, 1986. 111p

Recebido em 15.09.00