

VI. FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

RESPOSTA DE CAFEZAIS ADENSADOS À ADUBAÇÃO NPK ⁽¹⁾

PAULO BOLLER GALLO ^(2,5), BERNARDO VAN RAIJ ^(3,6),
JOSÉ ANTONIO QUAGGIO ^(4,6) & LUIS CARLOS ESTEVES PEREIRA ⁽⁵⁾

RESUMO

A adubação NPK para cafezais adensados, em doses por área, tem sido superestimada por derivar da recomendação para cafezais tradicionais, que é calculada por planta. O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da adubação NPK em dois cafezais adensados: um com a variedade Mundo Novo e outro com a 'Catuaí', em condições de produção comercial. Instalaram-se dois experimentos fatoriais, com delineamento fatorial fracionado 1/2 (4 x 4 x 4), na Fazenda Santo Antônio e na Samambaia, no município de Mococa (SP), em cafezais em plena produção. Na Santo Antônio, o 'Mundo Novo', em produção, tinha um espaçamento de 2,0 x 1,0 m e, na Samambaia, o 'Catuaí' tinha um espaçamento de 1,5 x 1,0 m. As doses de nutrientes aplicadas foram as seguintes: nitrogênio: 100, 200, 300 e 400 kg.ha⁻¹ de N, como uréia; fósforo: 0, 30, 60 e 90 kg. ha⁻¹ de P₂O₅; na forma de superfosfato triplo e potássio: 0, 80, 160 e 240 kg. ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio. As adubações iniciaram-se em 1989, sendo obtidas, de 1991 a 1994, quatro colheitas em cada local. No experimento da Fazenda Santo Antônio, onde houve efeito estatisticamente depressivo de N, devem ser ressaltados o teor médio de fósforo e o alto de potássio no solo, na amostragem inicial, e o teor elevado de N nas folhas, nas amostragens de 1992 e 1993. No experimento da Fazenda Samambaia, destaca-se o efeito significativo da adubação fosfatada sobre a produção do cafeeiro.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 7 de agosto de 1998 e aceito em 20 de maio de 1999. Apresentado no Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, realizado em Lindóia (SP), de 19 a 21 de novembro de 1996.

⁽²⁾ Estação Experimental de Agronomia de Mococa, Instituto Agrônomo (IAC), Caixa Postal 58, 13730-970 Mococa (SP).

⁽³⁾ EMBRAPA Meio Ambiente, Caixa Postal 69, 13820-000 Jaguariúna (SP).

⁽⁴⁾ Centro de Solos e Recursos Agroambientais (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

⁽⁵⁾ Casa da Agricultura de Mococa, CATI/SAA. Rua Capitão José Gomes 228 13730-000 Mococa (SP).

⁽⁶⁾ Com bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

Os resultados permitem concluir que a adubação nitrogenada em cafeeiro, em sistema adensado, poderá reduzir a produção quando há excesso de sombreamento; o teor de N total nas folhas e a análise de solo para P e K mostraram-se como ferramentas eficientes na avaliação da disponibilidade desses nutrientes e na resposta à adubação.

Termos de indexação: cafeeiro, nitrogênio, fósforo, análise de solo, análise foliar.

ABSTRACT

NPK FERTILIZATION FOR HIGH TREE DENSITY COFFEE PLANTATIONS

The NPK fertilization for high tree density coffee plantations, on an area basis, has been overestimated because it is derived from the recommendation for the traditional coffee blocks, on a tree basis. This research aimed at evaluating the NPK fertilization effects on two high tree density coffee plantations, one with the Mundo Novo variety e other with the Catuaí variety, under comercial production. Two $1/2(4 \times 4 \times 4)$ factorial experiments were conducted in coffee plantations under full production, in Santo Antônio and Samambaia farms, both at Mococa, State of São Paulo, Brazil. In the first farm, the coffee variety was Mundo Novo and the spacing was of 2.0 x 1.0 m. In the second case, the variety was Catuaí and the spacing was 1.5 x 1.0 m. The rates of nutrients applied were the following: nitrogen - 100, 200, 300 and 400 kg. ha⁻¹ of N as urea; phosphorus - 0, 30, 60 and 90 kg. ha⁻¹ of P₂O₅ as triple superphosphate; and, 0, 80, 160 and 240 kg. ha⁻¹ of K₂O as potassium chloride. The fertilization was split into four applications during the rainy season, starting in 1989. Four harvests were recorded for each location, from 1991 to 1994. At the Santo Antônio farm, the application of N reduced yields, which is unusual. In this case the initial soil sampling detect medium contents of P and high contents of K. The N leaf content was high for samples taken in 1992 and 1993. In the experiment at the Samambaia farm there was a significant effect of P fertilization, which is also unexpected. The results point to the need to fertilize coffee plantations taking into account the P and K contents of the soil and N contents of leaves. The results allow to conclude that coffee fertilization using standard NPK formulas, in higt tree density systems, can depress production when there is excess shade. Fertilizer needs should be determined taking into consideration soil analysis for P and K leaf analysis for N, and prescribing amounts to be applied on an area basis.

Index terms: coffee tree, nitrogen, phosphorus, soil analysis, leaf analysis.

1. INTRODUÇÃO

A prática da adubação do cafeeiro ainda apresenta aspectos tradicionais, decorrentes das recomendações baseadas na remoção dos nutrientes, mas em quantidade bastante mais elevada do que a necessária para sua simples reposição, predominando a aplicação da fórmula 20-5-20. Quando a aplicação é feita na base de cova do cafeeiro, outro costume arraigado, as adubações em cafezais

adensados atingem doses muito elevadas. Exemplo disso é encontrado no trabalho de Miguel et al. (1983b), no qual a aplicação de 125 g/cova de N ou de K₂O equivalem a 714 kg.ha⁻¹ para uma cultura com 5.714 plantas por hectare.

Carvajal (1984), em uma ampla revisão sobre o cultivo e fertilização do cafeeiro, evidencia a predominância das respostas de N e K sobre a de P, inclusive para cafezais adensados. Franco et al. (1960),

em experimentos em São Paulo, demonstraram grande resposta a N, com efeitos positivos até 360 kg.ha⁻¹ de N e pequena resposta a K. Raij et al. (1996b) observaram efeito moderado de nitrogênio e ausência de resposta ao potássio, em dois ensaios no município de Garça (SP). Cervellini et al. (1986) constataram efeito de até 120 g/cova de N, em cafezal com 1.667 plantas/hectare, o que equivale a cerca de 200 kg.ha⁻¹. Miguel et al. (1983a) observaram que doses de apenas 84 kg.ha⁻¹ de N ou de K₂O eram suficientes para produtividade máxima. Em experimento com populações de cafeeiro de 2.857 e 5.714, Miguel et al. (1983b) constataram que apenas 25% da dose máxima testada de 125 g/planta de N ou K₂O foi suficiente para atingir produções máximas, e que o cafeeiro plantado mais densamente produziu o dobro em relação ao menos denso. A menor importância da resposta a P em cafezais em produção foi constatada por Uribe (1983), na Colômbia, embora o efeito do nutriente não seja desprezível, considerando que, em seis ensaios constataram-se três efeitos significativos em 27 colheitas e que, pelo elevado valor do café em relação ao P aplicado, respostas significativas resultam sempre em elevado retorno econômico.

As tabelas de adubação existentes no País indicam, para o cafeeiro, a aplicação de calcário, fósforo e potássio com base na análise de solo, como é feito, de forma geral, para as demais culturas; no caso do café, ocorreu, recentemente, a adoção do teor de nitrogênio foliar para a adubação nitrogenada (Raij et al., 1996a). Contudo, essas tabelas não têm sido motivação suficiente para minimizar a prática tecnicamente inadequada de adubação por fórmula de cultura citada. É possível que a adubação generalizada com a fórmula 20-5-20 se deva à ausência de trabalhos de calibração de P e K no solo, como há para culturas anuais. Para citros, o problema era similar, mas os trabalhos de Cantarella et al. (1992) e Quaggio et al. (1998) revelaram que a análise de solo é adequada para discriminar as respostas à adubação com P e K e, a análise foliar, para o N para pomares em produção. A análise de folhas para N é um bom indicador do estado nutricional da cultura do café, conforme demonstrado por Espinoza (1969); Gallo et al. (1971); Hiroce et al. (1974) e Viana (1983).

O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio em dois cafezais adensados, com as variedades Mundo Novo e Catuaí, em condições de produção comercial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Instalaram-se dois experimentos em cafezais adensados em produção, nas Fazendas Santo Antônio e Samambaia, no município de Mococa (SP), coletando-se amostras de solos em 1989. Na Fazenda Santo Antônio, o solo é um podzólico vermelho-amarelo e a amostra coletada antes da instalação do experimento revelou os seguintes resultados: MO - 29 g.dm⁻³; pH em CaCl₂ - 4,7; P resina - 22 mg.dm⁻³; teores trocáveis, em mmol_c.dm⁻³: K - 5,5; Ca - 21; Mg - 12; H + Al - 54, e V - 39%. Na Fazenda Samambaia, o solo é um latossolo vermelho-amarelo, cuja análise revelou: MO - 31 mg.dm⁻³; pH em CaCl₂ - 4,9; P resina - 13 mg.dm⁻³, teores trocáveis, em mmol_c.dm⁻³: K - 5,0; Ca - 40; Mg - 9; H + Al - 43, e V - 56%.

A Fazenda Santo Antônio tem altitude de 857 m e clima do tipo CWB, e o ensaio é com o cafeeiro Mundo Novo-Acaiaí, com 11 anos de idade, plantado em espaçamento, bastante fechado, de 2,0 x 1,0 m, resultando em 5.000 plantas por hectare.

Na Fazenda Samambaia, a altitude é de 670 m, com clima CWA, e o ensaio é com o cafeeiro Catuaí amarelo, com 7 anos de idade, plantado em espaçamento de 1,5 x 1,0 m, perfazendo 6.667 plantas por hectare. Nos dois locais, as parcelas experimentais eram constituídas de 3 linhas com 10 plantas de cafeeiro, adubando-se, para cada tratamento, nas duas entrelinhas de cada lado da fileira central, significando que as bordaduras eram comuns a duas parcelas experimentais. Como parcela útil, consideraram-se as seis plantas centrais.

As doses aplicadas de nutrientes foram as seguintes: nitrogênio - 100, 200, 300 e 400 kg.ha⁻¹ de N, como uréia; fósforo - 0, 30, 60 e 90 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato triplo e potássio; 0, 80, 160 e 240 kg.ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio.

Quadro 1. Doses de nutrientes aplicadas em cada tratamento do fatorial

Número da parcela	Tratamento NPK	Doses de nutrientes		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		kg.ha ⁻¹		
Bloco I				
1	3 1 3	300	0	160
2	1 3 3	100	60	160
3	4 4 1	400	90	80
4	3 2 4	300	30	240
5	3 4 2	300	90	80
6	2 3 4	200	60	240
7	1 2 2	100	30	80
8	3 3 1	300	60	0
9	4 3 2	400	60	80
10	2 4 3	200	90	160
11	4 1 4	400	0	240
12	1 1 1	100	0	0
13	2 2 1	200	30	0
14	4 2 3	400	30	160
15	1 4 4	100	90	240
16	2 1 2	200	0	80
Bloco II				
17	4 1 1	400	0	0
18	1 3 2	100	60	80
19	3 1 2	300	0	80
20	2 1 3	200	0	160
21	2 2 4	200	30	240
22	3 2 1	300	30	0
23	1 4 1	100	90	0
24	1 2 3	100	30	160
25	3 4 3	300	90	160
26	4 3 3	400	60	160
27	4 4 4	400	90	240
28	2 3 1	200	60	0
29	4 2 2	400	30	80
30	3 3 4	300	60	240
31	1 1 4	100	0	240
32	2 4 2	200	90	80

A adubação NPK teve início em 1989 e foi sempre parcelada em quatro vezes, no período das chuvas, na primavera e no final do verão. Os tratamentos foram arrançados num delineamento fatorial fracionado $1/2(4 \times 4 \times 4)$, com 32 parcelas distribuídas em dois blocos, conforme o Quadro 1.

As áreas do ensaio receberam, anualmente, aplicações em $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de óxido de zinco, 10 de ácido bórico e 600 de gesso.

As avaliações de produção foram obtidas anualmente, somando-se quatro colheitas, em 1991-94. Os dois experimentos foram muito atingidos pela geada de 1994, o que obrigou o término da coleta de resultados. Os resultados de produção foram transformados em termos de café beneficiado e analisados estatisticamente pela média de produção dos biênios e pela média geral das quatro colheitas.

Em 1992 e 1993, foram coletadas folhas das parcelas experimentais, para análise química total, seguindo-se os métodos descritos por Bataglia et al. (1983). No final do experimento foram retiradas amostras de solo na camada arável, tanto na projeção da copa como nas entrelinhas; após serem passadas em peneiras de 2 mm, foram analisadas pelos métodos descritos por Raij et al. (1987). Essa amostragem foi feita apenas na Fazenda Samambaia.

Para todas as variáveis avaliadas, foi feita a análise da variância dos dados e ajustada a superfície de resposta, em escala natural, do tipo:

$$Y = b_0 + b_1N + b_{11}N^2 + b_2P + b_{22}P^2 + b_3K + b_{33}K^2 + b_{12}NP + b_{13}NK + b_{23}PK,$$

utilizando-se um programa de computador especialmente desenvolvido pelo Instituto Agrônomo para esse delineamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio da Fazenda Santo Antônio

O talhão no qual este experimento foi instalado, em função da idade, já estava muito fechado desde o início da aplicação dos tratamentos, razão da produtividade menor quando comparada à da Fazenda Samambaia. Nesta, o efeito principal foi do nitro-

gênio, para o qual a análise estatística revelou efeitos significativos e depressivos, nos dois biênios, e na média geral das quatro colheitas (Quadro 2). Observa-se também, no Quadro 3, em que estão representadas as superfícies de resposta por biênio e para a média de produtividade de cada local: de modo geral, os coeficientes lineares que medem a extensão dos efeitos de N, P e K são negativos, indicando ser depressivos para os três nutrientes.

Isso contrasta com a literatura, uma vez que, em geral o nitrogênio é o principal nutriente que eleva a produção do cafeeiro, em sistema com menor densidade de plantio (Franco et al., 1960; Moraes et al., 1979; Carvajal, 1984; Cervellini et al., 1986). Entretanto, em sistemas adensados e já sombreados, os efeitos da adubação nitrogenada poderão ser negativos, principalmente quando houver excesso de N nas folhas, como ocorreu nesse ensaio nas duas amostragens (Quadro 4).

Os demais nutrientes não proporcionaram nenhum efeito na produção das plantas por ser o solo do experimento muito rico em P e K, o que pode ser verificado também através dos teores foliares desses nutrientes, todos em níveis considerados elevados para o cafeeiro, mesmo nos tratamentos sem as aplicações de fósforo e potássio (Quadro 4).

Ensaio da Fazenda Samambaia

Por ser mais jovem e também pela melhor adaptação do cafeeiro Catuaí às condições de sistemas adensados, a situação geral dessa lavoura era superior à da Fazenda Santo Antônio, do que resultaram produtividades superiores para as mesmas doses de fertilizantes. Nesse caso, o solo apresenta teores baixos de P-resina, e era rico igualmente, ao da Santo Antônio, nos demais nutrientes (Quadros 5 e 6). Isso pode explicar o efeito positivo da adubação fosfatada, mostrado através da análise da variância (Quadro 2), bem como através dos coeficientes lineares de P, que se mantiveram sempre positivos, e dos quadráticos, sempre negativos, nas superfícies dos biênios e na média das quatro colheitas. Esses modelos matemáticos mostram efeitos positivos e com ponto de máximo para a resposta do cafeeiro a P e também para N e K, com extensão muito menor.

Quadro 2. Resultados de produção de café por biênio e médias de quatro safras, em café beneficiado, em duas fazendas

Trata- mento NPK	Santo Antônio			Samambaia		
	Biênio 91/92	Biênio 93/94	Média geral	Biênio 91/92	Biênio 93/94	Média geral
	kg.ha ⁻¹			kg.ha ⁻¹		
1 1 1	2234	1600	1917	2356	2339	2347
1 1 4	2184	1529	1856	2472	2594	2533
1 2 2	1246	1566	1406	1356	2331	1843
1 2 3	1713	1883	1798	2856	3422	3139
1 3 2	2313	1616	1964	3234	3972	3603
1 3 3	1712	2149	1931	2650	2195	2422
1 4 1	2155	1904	2029	2406	2783	2595
1 4 4	1825	2095	1960	2178	3569	2874
2 1 2	2067	1725	1896	1827	2677	2252
2 1 3	1975	1545	1760	2750	2711	2656
2 2 1	1504	1987	1745	1078	2928	2003
2 2 4	1792	1725	1758	3667	3333	3500
2 3 1	1442	1671	1556	1217	2111	1664
2 3 4	1729	1324	1527	2956	2244	2600
2 4 2	1492	1649	1570	1883	2956	2419
2 4 3	1358	1687	1523	4122	3938	3955
3 1 2	1788	1470	1629	3039	2839	2939
3 1 3	1780	1566	1673	2261	2317	2289
3 2 1	1713	1562	1637	2650	3305	2978
3 2 4	1334	1616	1475	2798	2584	2691
3 3 1	1654	1658	1656	3317	3077	3197
3 3 4	1662	1520	1591	3406	3872	3639
3 4 2	2175	1808	1991	2689	3500	3095
3 4 3	2013	1400	1706	2134	2933	2533
4 1 1	1817	1624	1721	2884	1928	2406
4 1 4	1013	1104	1058	2189	2328	2258
4 2 2	1625	1054	1339	2650	3418	3034
4 2 3	1425	1412	1418	1906	1989	1947
4 3 2	1213	1516	1364	2956	2955	2955
4 3 3	1813	1433	1623	1922	2411	2167
4 4 1	1492	1137	1314	2094	2461	2278
4 4 4	1802	1862	1832	2728	2637	2682
Efeitos	NL*	NL**	NL**	ns	PL*	PL*
CV %	16,1	14,4	11,4	30,5	23,1	21,6

NL e PL = efeitos lineares para nitrogênio e fósforo respectivamente; ns = não significativo; *: P < 0,05 e **: P < 0,01.

Quadro 3. Superfícies de resposta do cafeeiro a doses de NPK expressa em kg.ha⁻¹ de café beneficiado por biênio e para a média de quatro safras, em dois locais

Locais e Biênios	Parâmetros da superfície de resposta									
	B0	N	N ²	P	P ²	K	K ²	NP	NK	PK
Santo Antônio										
1991/92	2398	-1,896	0,00032	-16,839	0,11389	-0,304	-0,00173	0,01778	-0,00137	0,01626
1993/94	1871	-0,360	-0,00134	0,411	0,00451	-1,743	0,00214	-0,00642	0,00027	0,24267
Média dos biênios	2134	-1,128	-0,00051	-8,221	0,05719	-1,024	0,00020	0,00567	-0,00055	0,02032
Samambaia										
1991/92	1024	6,012	-0,00592	11,578	-0,05789	4,434	0,00596	-0,01860	-0,01591	0,01083
1993/94	1357	7,750	-0,01284	14,731	-0,05281	3,390	-0,00272	-0,01520	-0,00930	0,00919
Média dos biênios	1189	6,941	-0,00938	13,161	-0,05534	3,912	0,00163	-0,01691	-0,01262	0,00998

Quadro 4. Efeitos médios dos nutrientes aplicados na adubação nos teores foliares de NPK nos anos de 1992 e 1993

Doses de nutrientes kg.ha ⁻¹	Nutrientes nas folhas			
	Santo Antônio		Samambaia	
	1992	1993	1992	1993
	N, g.kg ⁻¹			
N				
100	29,4	29,6	29,2	25,4
200	28,4	29,2	30,9	26,7
300	30,4	30,4	30,1	27,1
400	31,0	30,3	30,7	27,8
Efeitos ⁽¹⁾	L*	L*	L*,NP*	L*
	P, g.kg ⁻¹			
P₂O₅				
0	1,51	2,14	1,75	1,53
30	1,59	2,10	1,56	1,91
60	1,59	2,20	1,83	1,88
90	1,60	2,30	1,99	2,00
Efeitos	L*, Q*	L*	L*,NP*	L**
	K, g.kg ⁻¹			
K₂O				
0	31,0	25,4	25,2	19,4
80	29,4	26,3	27,7	22,4
160	34,4	27,3	28,7	25,1
240	33,6	28,6	27,5	22,0
Efeitos	L*	L**	L**	L**

⁽¹⁾ L = efeito linear; Q = efeito quadrático; NP = interação nitrogênio e fósforo significativa; *: P < 0,05; **: P < 0,01.

Em geral, a resposta ao P não é esperada em plantas lenhosas adultas. Entretanto, há outros precedentes na literatura: Uribe (1983) verificou, na Colômbia, em um dos seis experimentos relatados com café, resposta positiva de 15% para o P aplicado em cafés adultos, que é muito semelhante ao acréscimo de produtividade, de cerca de 16%, verificado neste ensaio, conforme demonstrado na Figura 1. No trabalho de Quaggio et al. (1998) com citros, as respostas a P são ainda maiores, com efeito linear e quadrático para solos

com teores baixos de P, o que é muito próximo ao efeito observado neste experimento com café para a mesma condição de solo. Vale ressaltar, ainda, que quando os teores de P-resina atingiram 20 mg.dm⁻³ na camada 0-20 cm, para amostra coletada na projeção da saia da planta, valor esse obtido com a aplicação anual de 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, praticamente não houve resposta adicional para a maior dose de P (Figura 1).

A ausência de resposta ao K, verificada nesse ensaio, está coerente com seus teores iniciais muito altos, nas duas posições de amostragem de solo (Quadros 5 e 6) e também nas folhas (Quadro 4). Para o fósforo, verificou-se que a análise foliar não foi efi-

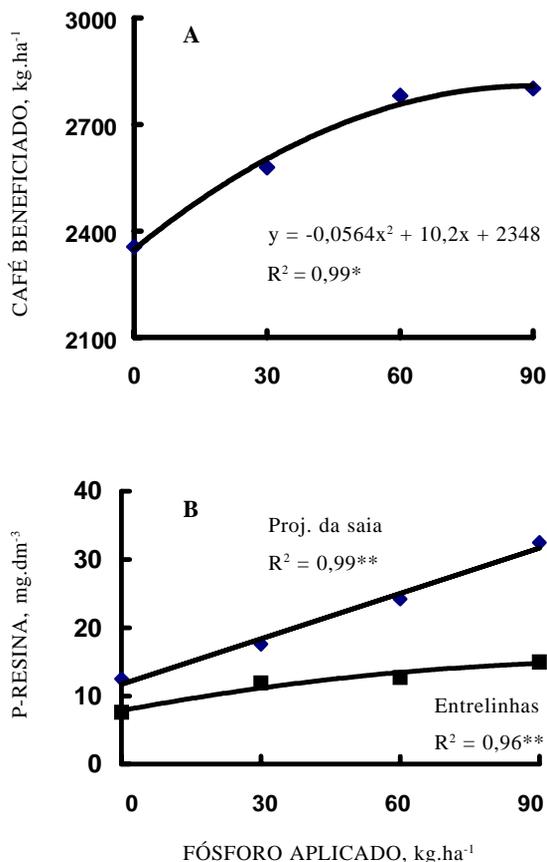


Figura 1. Resposta do café à adubação fosfatada (A) e resultados de análise de solo para P-resina, em amostras coletadas na projeção da saia das plantas e nas entrelinhas (B), no fim do ensaio.

caz para a avaliação da disponibilidade do nutriente no solo, pois, apesar da alta resposta observada, na ausência de P, os teores foliares nas duas épocas de amostragem se mantiveram em valores considerados altos para o cafeeiro. O mesmo foi verificado por Quaggio et al. (1998) com citros.

Na Fazenda Samambaia, os teores de N nas folhas foram elevados, principalmente na primeira época de amostragem (Quadro 4). No ano seguinte, o teor foliar do nutriente reduziu devido à exportação do nutriente com a alta colheita. Esses resultados estão coerentes com aqueles da Fazenda Santo Antônio, quanto à falta de resposta ao N, confirmando os traba-

lhos de Gallo et al. (1971), que constataram nutrição adequada do cafeeiro para teores de N nas folhas entre 28 e 30 g.kg⁻¹ de N, e de Hiroce et al. (1974), que associaram as maiores produções com teores entre 29 e 31 g.kg⁻¹ de N nas folhas. Já para resultados do exterior, a concordância não é tão boa. Para a Colômbia, os teores de N nas folhas são bem abaixo de 30 g.kg⁻¹ (Valencia, 1977), enquanto, para experimentos em El Salvador, os teores de N em geral estão bem acima de 30 g.kg⁻¹, mesmo em casos com resposta à adubação nitrogenada (Espinoza, 1969).

Os resultados deste trabalho são coerentes com outros obtidos nas condições brasileiras e confirmam

Quadro 5. Efeitos de doses de NPK sobre alguns atributos químicos da camada arável do solo, para amostras coletadas na projeção das plantas, na Fazenda Samambaia, no final do experimento

Nutrientes e doses	P-resina	K	Ca	Mg	H + Al	Saturação por bases
kg.ha ⁻¹	mg.dm ⁻³	mmol _c .dm ⁻³				%
N						
100	22,9	5,6	33,5	11,5	51,7	49,3
200	24,1	5,2	34,2	11,4	53,4	48,7
300	21,2	5,6	29,0	14,2	64,6	39,6
400	18,5	4,6	21,6	9,2	74,0	32,8
Efeitos ⁽¹⁾	ns	ns	L*	ns	L**	L**
P₂O₅						
0	12,5	4,6	28,1	10,1	63,6	40,5
30	17,6	5,5	34,5	16,0	57,7	46,3
60	24,2	5,4	26,8	9,6	63,0	40,7
90	32,5	5,6	28,9	10,5	59,4	42,0
Efeitos	L**	ns	ns	ns	ns	ns
K₂O						
0	19,4	4,3	28,6	9,6	62,1	41,0
80	22,9	5,3	25,9	9,4	62,8	39,3
160	24,1	5,6	25,2	9,7	65,4	38,7
240	32,5	5,8	38,6	13,5	53,4	51,4
Efeitos	ns	L**	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ L : efeito linear; ns: não significativo. *: P < 0,05 e **: P < 0,01.

Quadro 6. Efeitos de doses de NPK sobre alguns atributos químicos da camada arável, para amostras coletadas nas entrelinhas, na Fazenda Samambaia, no final do experimento

Nutrientes e doses	P-resina	K	Ca	Mg	H + Al	Saturação por bases
kg.ha ⁻¹	mg.dm ⁻³	mmol _c .dm ⁻³				%
N						
100	12,4	5,0	23,9	12,0	84,3	33
200	10,9	4,9	19,5	8,1	86,7	28
300	13,5	4,6	19,1	7,9	94,6	25
400	10,5	4,1	19,1	8,3	102,2	24
Efeitos ⁽¹⁾	ns	L**	ns	L*	L**	L*
P₂O₅						
0	7,6	4,5	20,6	9,0	93,0	27
30	11,9	4,6	19,1	8,6	94,7	26
60	12,7	4,6	20,1	9,0	93,6	27
90	15,0	4,8	22,0	9,6	86,6	30
Efeitos	L**	ns	ns	ns	ns	ns
K₂O						
0	14,0	4,0	22,4	10,1	83,4	31
80	11,0	4,1	19,0	9,2	100,0	24
160	11,7	4,7	18,4	7,6	98,2	24
240	10,5	5,5	22,1	9,2	90,2	31
Efeitos	ns	L**	ns	ns	L**	ns

⁽¹⁾ L: efeito linear; ns: não significativo. *: P < 0,05 e **: P < 0,01.

a eficiência da análise foliar de N como critério para a recomendação do nutriente para o cafeeiro, bem como dos valores adotados no Boletim 100 do Instituto Agrônomico (Raij et al., 1996a). Estão de acordo, também, com os já publicados para outras plantas lenhosas, como mangueira (Quaggio, 1996) e laranja (Quaggio et al., 1998). Em todas essas culturas, quando há excesso de nitrogênio, em geral as plantas vegetam excessivamente, são muito vigorosas e freqüentemente perdem produtividade, conforme ocorreu na Fazenda Santo Antônio.

4. CONCLUSÕES

1. Em sistema de café adensado, já com problema de sombreamento, a adubação com nitrogênio pôde reduzir a produção.

2. A análise de N total nas folhas demonstrou ser eficiente na avaliação da resposta do cafeeiro à adubação nitrogenada.

3. A análise de solo para P e K foi eficaz para diagnosticar a resposta do cafeeiro a esses nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R. & GALLO, J.R. *Métodos de análise química de plantas*. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78)
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; BATAGLIA, O.C. & RAIJ, B. van. *Response of citrus to N P K fertilization in a network of field trials in São Paulo State, Brazil*. Proceedings International Society of Citriculture, Acireale, 2:607-612, 1992.
- CARVAJAL, J.F. *Cafeto - cultivo y fertilización*. Berna, Instituto Internacional de la Potassa, 1984. 254 p.
- CERVELLINI, G.S.; TOLEDO, S.V. de; REIS, A.J. & ROCHA, T.R. Nitrogênio na adubação química do cafeeiro: doses e parcelamento do Nitrocálcio. *Bragantia*, Campinas, 45(1):45-55, 1986.
- ESPINOZA, F.M. Efecto de diferentes fuentes de nitrogeno en la composición foliar y producción de cafetos jóvenes en un suelo latosol arcillo-rojizo. *Agricultura en El Salvador*, San Salvador, 9(2):6-15, 1969.
- FRANCO, C.M.; LAZZARINI, W.; CONAGIN, A.; REIS, A. & MORAES, F.R.P. de Manutenção de cafezal com adubação exclusivamente mineral. *Bragantia*, Campinas, 19:523-546, 1960.
- GALLO, J.R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C. & MORAES, F. R. P. de. Teores de nitrogênio em folhas de cafeeiro, em relação à adubação química. I. Latossolo Roxo transição para Latossolo Vermelho-Amarelo orto. *Bragantia*, Campinas, 30(17):169-177, 1971.
- HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; GALLO, J.R. & MORAES, F.R.P. de Teores de nitrogênio em folhas de cafeeiro, em relação à adubação química. II. Solo Podzólico Vermelho-Amarelo-Orto. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 26(1): 64-69, 1974.
- MIGUEL, A.E.; GARCIA, A.W.R.; CORREA, J.B. & FIORAVANTE, N. Doses e parcelamento de adubação nitrogenada e potássica para a formação e produção do cafeeiro em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 10., Poços de Caldas, 1983. *Anais*. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1983a. p. 352-355.
- MIGUEL, A.E.; GARCIA, A.W.R.; CORREA, J.B. & FIORAVANTE, N. Efeito de 3 níveis de adubação N e K em cafeeiros Mundo Novo, Catuaí e Catimor, plantados em 2 densidades de plantio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 10., Poços de Caldas, 1983. *Anais*. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1983b. p. 289-291.
- MORAES, F.R.P. de; GALLO, J.R.; IGUE, T. & FIGUEIREDO, J.J. de. Efeito de três fertilizantes acidificantes sobre a concentração de Al e Mn em folhas e raízes de cafeeiros. *Bragantia*, Campinas, 38(1):7-17, 1979.
- QUAGGIO, J.A. Adubação e calagem para a mangueira e qualidade dos frutos. In: SÃO JOSE, A.R.; SOUZA, I.V.B. MARTINS, J.M. & MORAIS, O.M., eds. *Manga: tecnologia de produção e mercado*. Vitória da Conquista, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 1996. p.106-135.
- QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. & RAIJ, B. van. Phosphorus and potassium soil test and nitrogen leaf analysis as a base for citrus fertilization. Nutrient cycling in agroecosystem, Dordrecht, 7:1-7, 1998.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. Estimulantes. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. & FURLANI, A. M. C., eds. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas, Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996a. 285p. (Boletim Técnico, 100)
- RAIJ, B. van; COSTA, W.M. da; IGUE, T.; SERRA, J.R.M. & GUERREIRO, G. Calagem e adubação nitrogenada e potássica para o cafeeiro. *Bragantia*, Campinas, 55(2): 347-355, 1996b.
- RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S. & BATAGLIA, O.C. *Análise química de solo para fins de fertilidade*. Campinas, Fundação Cargill. 1987. 170p.
- URIBE, A. Efecto del fósforo en la producción de café. *Cenicafé*, Chinchina, 34(1):3-15, 1983.
- VALENCIA, G. & ARCILA, J. Efecto de la fertilización con NPK a tres niveles en la composición mineral de las hojas del cafeto. *Cenicafé*, Chinchina, 28(4):119-138, 1977.
- VIANA, A. S. Estudo de doses e parcelamento de N e K em cafeeiros sobre solos Led e Tre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 10., Poços de Caldas, 1983. *Anais*. Instituto Brasileiro do Café, Rio de Janeiro, 1983. p. 270-275.