

CONCENTRAÇÕES RELATIVAS ÓTIMAS DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E ENXOFRE, NA ADUBAÇÃO DO CAFEIEIRO, NUM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DE MACHADO, MG¹

VICTOR HUGO ALVAREZ VENEGAS², FRANCISCO M. FREIRE³
e PAULO TÁCITO G. GUIMARÃES⁴

RESUMO - As concentrações relativas N-P-S, na adubação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) (cv. Catuaí), num Latossolo Vermelho-Escuro, fase cerrado, de Machado, MG, foram estudados em casa de vegetação. Para tanto, foram agrupados nas relações binárias N-P, P-S e S-N e os tratamentos para este estudo foram escolhidos de acordo com o método de cortes de Richard. Os valores dos três cortes foram definidos para N e P em função da capacidade máxima de adsorção de fosfatos, e para S, em função da capacidade máxima de adsorção de sulfatos. Dentro de cada relação binária e de cada corte foram estudadas quatro doses relativas. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados 20 meses após o plantio, usando o peso de matéria seca total. Também foram determinados os teores de N, P e S de todas as folhas. No estudo das relações binárias realizado na ausência do terceiro ânion, este limitou o desenvolvimento das plantas, especialmente no caso do N, nos cortes da relação P-S. Quanto ao desenvolvimento vegetativo, o corte 0,4 foi superior ao 0,2 e equivalente ou superior ao 0,8. Na relação N-P, à medida que aumentou a adição de N, o requerimento de P passou a ser cada vez maior. Na relação P-S, as concentrações relativas ótimas indicaram que, com o aumento da adição de P tornou-se necessário adicionar cada vez mais S. Na relação S-N, observou-se também que o aumento da adição de N exigiu maior adição de S. De modo geral, para o melhor corte (0,4) seria necessária a adição de 165 ppm de N, 80 ppm de P e 44 ppm de S. Comentários relativos aos teores de N, P e S nas folhas são feitos.

Termos para indexação: método de cortes de Richard, adsorção, relação binária de nutrientes.

OPTIMUM RELATIVE CONCENTRATIONS OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND SULFUR IN COFFEE FERTILIZATION IN A DARK-RED LATOSOL, AT MACHADO, MG, BRAZIL

ABSTRACT - The N-P-S equilibria in coffee (*Coffea arabica* L.) fertilization (Catuaí cultivar) in a Dar-Red Latosol, "cerrado" phase, at Machado, MG, were studied under greenhouse conditions. The equilibria were tested in the N-P, P-S and S-N relations and the treatments were chosen according to Richard's Cut Method. The three cut values were defined, for N and P, as a function of the phosphate maximum adsorption, and for S, as a function of the sulfate maximum adsorption. In each nutrient binary relation and each cut, four equilibria were studied. The treatment effects were evaluated 20 months after planting by measuring total dry weight. The leaf N, P and S concentrations were also determined. For each nutrient relation, the lack of the third anion limited the plant growth, mainly for N in the cuts of the P-S relation. For the vegetative growth, the cut 0.4 was more effective than the cut 0.2 and equivalent or more effective than the cut 0.8. In the N-P relation, when more N was added, the P requirement became higher. In the P-S relation, the optimum relative concentrations indicated that the demand of S increased with the addition of P. In the same way, in the S-N relation, for higher levels of N, more S was required. In general, for the best cut (0.4), the best equilibrium of the three nutrients was obtained with the application of 165 ppm of N, 80 ppm of P and 44 ppm of S. Some informations about the leaf N, P and S concentrations are presented.

Index terms: Richard's cut method, adsorption, nutrient binary relation.

INTRODUÇÃO

São numerosos, em solos do Brasil, os resultados experimentais de respostas de culturas às apli-

cações de calcário e ao uso de macronutrientes, especialmente N, P e K.

Para a cultura do café, em relação às respostas aos macronutrientes ânions, é comprovada a importância do N tanto na fase de crescimento quanto na fase produtiva da cultura. O N e o K são os nutrientes mais exigidos pelo cafeeiro na fase produtiva.

Em relação ao P, trabalhos já realizados mostraram que este macronutriente é de relevante importância na fase de crescimento do cafeeiro, com

¹ Aceito para publicação em 6 de junho de 1986.

² Eng. - Agr., D.Sc., Prof.-Adj., Dep. de Solos, Univ. Fed. de Viçosa (UFV), CEP 36570 Viçosa, MG.

³ Eng. - Agr., M.Sc., Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Caixa Postal 216, CEP 36570 Viçosa, MG.

⁴ Eng. - Agr., D.Sc., EPAMIG, Caixa Postal 176, CEP 37200 Lavras, MG.

marcante influência nas primeiras produções. Efeito positivo do P na adubação do cafeeiro já havia sido demonstrado anteriormente. Apesar desses efeitos positivos do P, especialmente na produção, são encontrados trabalhos na literatura que não confirmam essas respostas. Malavolta, citado por Lott et al. (1961), não obteve aumento de produção pela adubação fosfatada. Da mesma forma, Medcalf, também citado por Lott et al. (1961) verificou apenas pequena resposta em experimentos fatoriais. Essas variações podem ser atribuídas à diferença entre as condições experimentais dos trabalhos, especialmente de solos. Nos trabalhos de resumos, o experimento encontrava-se instalado em um Latossolo Vermelho-Escuro, fase cerrado, com um teor de P "disponível" baixo.

Outro importante macronutriente que não tem recebido maior atenção é o S. Sabe-se que aplicação de certos fertilizantes nitrogenados e fosfatados fornece, além do N e P, o S. Além disso, respostas ao S não têm sido observadas quando as culturas receberam doses baixas de N e P, e elas não são intensivas (McClung et al. 1959, McClung & Quinn 1959, Lott et al. 1960, Prevot & Ollagnier 1964, Cowling & Jonnes 1970). Por isso, muitas vezes o efeito da aplicação do S nas culturas não tem sido constatado, e a sua deficiência foi relegada a um plano secundário (McClung et al. 1959, McClung & Freitas 1959, Lott et al. 1960, Hiroce & Gallo 1972). Hoje em dia, entretanto, com o uso crescente de fertilizantes concentrados que não apresentam S em sua composição, a deficiência desse nutriente pode tornar-se mais frequente. Malavolta (1952) já afirmava que o uso de adubos pobres em S poderia levar lavouras às condições de deficiência. Tem-se conhecimento de respostas ao S, em solos de São Paulo, Goiás e Planalto Central, em culturas de café, milho, algodão, feijão e soja, especialmente em solos sob vegetação de cerrado (McClung et al. 1959, Lott et al. 1961).

Em face da dúvida existente sobre a resposta ao P pelo cafeeiro e sobre a deficiência de S, que pode ser induzida pelo uso de adubos concentrados com altos níveis de N e P, evidenciando assim um desequilíbrio entre estes ânions, apareceu a necessidade de pesquisar seus equilíbrios ótimos, usando, para tanto, o método de cortes de Richard (1964).

O presente trabalho teve por objetivo estudar os equilíbrios N-P, P-S e S-N no Latossolo Vermelho-Escuro de Machado, MG, visando a determinar as concentrações relativas ótimas de aplicação de N, P e S nesse solo e na cultura do café, em condições de casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi instalado em casa de vegetação, na Universidade Federal de Viçosa; utilizou-se uma amostra composta da superfície (0 cm - 30 cm) de um Latossolo Vermelho-Escuro, fase cerrado, de Machado, MG.

O solo foi caracterizado física (Tabela 1) e quimicamente (Tabela 2) nos laboratórios do Departamento de Solos da UFV.

Neste ensaio, foram utilizados vasos com 3 dm³ de terra com uma planta de café (*Coffea arabica* L.), cv. Catuaí.

No estudo de N, P e S, agrupados nas relações binárias N-P, P-S e S-N, utilizou-se o "método de cortes" de Richard (1964). Os valores dos cortes foram definidos em função da capacidade máxima de adsorção de fosfatos (bP) e de sulfatos (bS), segundo Alvarez Venegas et al. (1976).

As doses de N e P, aplicadas no plantio, correspondem, para o N, a 0,67 bP vezes o valor do corte, e para o P, a 1 bP vezes o valor do corte. Para o S, as doses utilizadas foram 3 bS, no plantio, e 2 bS, dez meses após o plantio, vezes o valor do corte.

Assim, os cortes utilizados foram:

Corte	Para N	Para P	Para S
0,8	0,8(0,67bP) = 0,533bP	0,8(bP) = 0,8bP	0,8(3bS + 2bS) = 2,4bS + 1,6bS
0,4	0,4(0,67bP) = 0,267bP	0,4(bP) = 0,4bP	0,4(3bS + 2bS) = 1,2bS + 0,8bS
0,2	0,2(0,67bP) = 0,133bP	0,2(bP) = 0,2bP	0,2(3bS + 2bS) = 0,6bS + 0,4bS

Dentro dos cortes foram estudadas quatro doses relativas para as relações binárias N-P, P-S e S-N. As doses relativas foram expressas em percentagem do corte:

Relação	Doses relativas			
	N	NP	PN	P
N	100	66,67	33,33	0
P	0	33,33	66,67	100
	P	PS	SP	S
P	100	66,67	33,33	0
S	0	33,33	66,67	100
	S	SN	NS	N
S	100	66,67	33,33	0
N	0	33,33	66,67	100

Da combinação dos fatores (cortes, relações binárias e doses relativas) e com tratamentos adicionais (Tabela 3), obteve-se o fatorial $\{3[3(4-1) + 1]\} + 1 \leftrightarrow \{ \text{cortes [rela-}$

ções binárias (doses relativas) + relação NPS¹ } ++ testemunha. Estes tratamentos (Tabela 3) foram dispostos em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo duas com calagem e duas sem calagem. A calagem foi realizada por adição da mistura de Ca(OH)₂ e Mg(OH)₂ na proporção de 4:1 de Ca e Mg, na quantidade equivalente a 2,4 t CaCO₃/ha.

TABELA 1. Algumas características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro de Machado, MG.

Características físicas ¹	Resultados
Densidade real	2,53
Densidade aparente	1,33
Equivalente de umidade (%)	24,00
Capacidade de campo (%)	31,60
Análise granulométrica	
– Areia grossa (%)	24
– Areia fina (%)	17
– Silte (%)	16
– Argila (%)	43
– Classificação textural	Argila

¹ Métodos indicados por Moura Filho (1971).

TABELA 2. Algumas características químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro de Machado, MG.

Características químicas	Resultados
pH em água, 1:2,5	4,3
Al ³⁺ (meq/100 cc) ¹	0,6
Ca ²⁺ (meq/100 cc) ¹	0,6
Mg ²⁺ (meq/100 cc) ¹	0,2
P (ppm) ²	3,0
K (ppm) ²	30,0
Matéria orgânica (%) ³ =	2,9
Capacidade máxima de adsorção:	
– Fosfatos (mg P/cc de solo) ⁴	0,80
– Sulfatos (mg S/cc de solo) ⁵	0,11

¹ Extrator KCl 1 N (Vettori 1969).

² Extrator HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025 N (Vettori 1969).

³ Método Wackley & Black (Jackson 1976).

⁴ Método de Fassbender e de Olsen & Watanabe, citados por Alvarez Venegas et al. (1976).

⁵ Método adaptado de Chao e de Kamprath et al. por Alvarez Venegas et al. (1976).

O solo foi incubado, por repetição, com Ca(OH)₂, Mg(OH)₂ e 100 ppm K(KCl), durante três meses. Depois, o N, P e S foram adicionados à solução na forma de CO(NH₂)₂, NaH₂PO₄·H₂O e Na₂SO₄.

Oito dias depois, foram transplantadas três plântulas de café, em estágio de "orelha-de-onça" e, após dois desbastes, manteve-se a planta mais desenvolvida.

Durante o período de cultivo (20 meses), a umidade do solo foi mantida à capacidade de campo pela adição de água desionizada. Através de seis aplicações em cobertura, foram adicionados 150 ppm K, 0,812 ppm B, 3,644 ppm Mn, 4 ppm Zn, 1,33 ppm Cu, 1,555 ppm Fe e 0,15 ppm Mo.

Após seis meses do plantio, foram coletados os primeiros dados relativos à altura de planta e diâmetro de caule. Aos 16 meses, houve nova tomada de dados de altura de planta, diâmetro de caule e número de entrenós. Aos 20 meses, foi realizada a colheita do ensaio com a avaliação dos seguintes dados: altura de planta, diâmetro de caule a 2 cm do solo, número de ramos, peso de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular e total.

Com os dados indicados foram efetuadas as análises de variância e, posteriormente, pela presença de curvas a máxima das doses relativas dentro dos cortes e nas três relações binárias estudadas, foi possível realizar os cálculos pelo "método de cortes" de Richard (1964) e definir as linhas de máximos, que permitem estabelecer as concentrações relativas ótimas na adubação com N, P e S. Os coeficientes de regressão das curvas de resposta das doses relativas dentro dos cortes e das relações binárias foram testados com os quadrados médios dos erros das análises de variância, e os R² dessas curvas indicam o grau de ajuste dos modelos às médias por doses relativas dentro do corte.

Na matéria seca das folhas foram determinados os teores de N, P e S. Com estes teores foram também ajustadas as curvas de resposta em função do P, ou S, ou N (em porcentagem de corte). Substituídos, nessas equações, os valores percentuais das doses relativas nos cortes, para P ou S ou N, que deram as produções máximas de matéria seca total, foram estimadas as concentrações de P, S e N que maximizaram a produção de matéria seca total.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros dados deste ensaio (aos seis meses) permitiram observar a necessidade de nova aplicação de enxofre, em face da ausência de efeitos ou em face do efeito linear nas relações P-S e S-N.

Os resultados obtidos aos 16 meses apresentaram as mesmas tendências dos dados finais, razão pela qual, neste trabalho, apresenta-se e discute-se unicamente o peso da matéria seca total, dado, este, que seguiu a mesma resposta que as outras características avaliadas aos 20 meses.

Em média, a adição dos nutrientes N, P e S aumentou o crescimento e a produção de matéria seca (Tabela 4 e Fig. 1). Também o uso de três nu-

trientes num mesmo tratamento foi, em média, melhor que o uso deles tomados dois a dois.

No estudo dos cortes na relação tripla N-P-S, existiu, em geral, efeito linear para aumento na aplicação desses nutrientes. Pelo contrário, quando a relação foi binária, existiu efeito linear e quadrático, com tendência a alcançar o máximo no corte 0,4 (Tabela 4 e Fig. 1).

As doses relativas dentro das relações binárias N-P, P-S e S-N) e a interação doses relativas x cor-

tes dentro dessas relações foram altamente significativas, razão pela qual se passou a analisar as doses relativas dentro de cada corte e cada relação binária. A análise desses efeitos, por tratar-se de cortes ortogonais (curvas a máximo), foi realizada através do ajuste ao modelo quadrático ou cúbico (Tabela 5).

Observa-se, na Fig. 1, que, em média, os pontos de máximo na relação N-P foram equivalentes ou ligeiramente superiores aos dos tratamentos com

TABELA 3. Tratamentos estudados num Latossolo Vermelho-Escuro de Machado, MG, e quantidades de N, P e S adicionadas, expressas em número de vezes a capacidade máxima da adsorção de fosfatos (bP) e de sulfatos (bS) e em ppm de N, P e S.

Tratamentos		N		P		S			
Número	Chave	bP	ppm ¹	bP	ppm ¹	bS	ppm ¹	bS	ppm ²
1	0,8 N	0,533	427	0,000	0	0,000	0	0,000	0
2	0,8 NP	0,355	284	0,267	213	0	0	0	0
3	0,8 PN	0,178	142	0,533	427	0	0	0	0
4	0,8 P	0,000	0	0,800	640	0,000	0	0,000	0
5	0,8 PS	0	0	0,533	427	0,800	88	0,533	59
6	0,8 SP	0	0	0,267	213	1,600	176	1,067	117
7	0,8 S	0,000	0	0,000	0	2,400	264	1,600	176
8	0,8 SN	0,178	142	0	0	1,600	176	1,067	117
9	0,8 NS	0,355	284	0	0	0,800	88	0,533	59
10	0,4 N	0,267	213	0,000	0	0,000	0	0,000	0
11	0,4 NP	0,178	142	0,133	107	0	0	0	0
12	0,4 PN	0,089	71	0,267	213	0	0	0	0
13	0,4 P	0,000	0	0,400	320	0,000	0	0,000	0
14	0,4 PS	0	0	0,267	213	0,400	44	0,267	29
15	0,4 SP	0	0	0,133	107	0,800	88	0,533	59
16	0,4 S	0,000	0	0,000	0	1,200	132	0,800	88
17	0,4 SN	0,089	71	0	0	0,800	88	0,533	59
18	0,4 NS	0,178	142	0	0	0,400	44	0,267	29
19	0,2 N	0,133	107	0,000	0	0,000	0	0,000	0
20	0,2 NP	0,089	71	0,067	53	0	0	0	0
21	0,2 PN	0,044	36	0,133	107	0	0	0	0
22	0,2 P	0,000	0	0,200	160	0,000	0	0,000	0
23	0,2 PS	0	0	0,133	107	0,200	22	0,133	15
24	0,2 SP	0	0	0,067	53	0,400	44	0,267	29
25	0,2 S	0,000	0	0,000	0	0,600	66	0,400	44
26	0,2 SN	0,044	36	0	0	0,400	44	0,267	29
27	0,2 NS	0,089	71	0	0	0,200	22	0,133	15
28 ³	0,8 NPS	0,178	142	0,267	213	0,800	88	0,533	59
29 ³	0,4 NPS	0,089	71	0,133	107	0,400	44	0,267	29
30 ³	0,2 NPS	0,044	36	0,067	53	0,200	22	0,133	15
31 ³	0,0 NPS	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0

¹ Adições no plantio.

² Adição dez meses após o plantio.

³ Tratamentos adicionais: Relação N-P-S; cada ânion foi utilizado na proporção de 33,33% do corte.

TABELA 4. Resumo da análise de variância de peso de matéria seca total (parte aérea e raízes) de plantas de café.

Fontes de variação	G.L.	Quadrados médios
Repetições	1	40,2407*
Testemunha vs outros tratamentos	1	229,4980**
Cortes NPS vs cortes relações binárias	1	350,8196**
Cortes NPS linear	1	327,1000**
Cortes NPS quadrática	1	3,7304
Doses relativas d/relações binárias	8	846,8660**
Cortes l. d/relações binárias	1	52,8046**
Cortes q. d/relações binárias	1	175,5209**
Doses relativas x cortes d/relações binárias	16	164,9180**
Erro	30	6,6375
Total	61	
CV (%)		9,31

* Significativo a 5% de probabilidade.

** Significativo a 1% de probabilidade.

os três nutrientes em estudo. Isso é atribuído ao fato de que nos tratamentos N-P-S eles contribuíram com 33% (Tabela 3), enquanto nos cortes da relação N-P a soma dos dois dava 100% do corte. Este fato foi observado não somente com a produção de matéria seca total, mas também com peso de matéria seca da parte aérea, do sistema radicular e com número de ramos.

Na Fig. 1, pode-se observar que a relação binária P-S, apresentou, em média, respostas inferiores às obtidas com os três macronutrientes ânions, especialmente na produção de matéria seca, que foi semelhante à obtida com a testemunha. Isto indica a importância da adição de N para obter boa resposta ao uso de P e S.

Por sua vez, na relação binária S-N (Fig. 1) as melhores doses relativas, foram, em média, semelhantes aos dos tratamentos N-P-S. O corte 0,2 foi superior ao tratamento 0,2 N-P-S. Também a melhor dose relativa S-N, no corte 0,4, foi superior ao do corte 0,2 e ao seu equivalente N-P-S. Pelo contrário, a melhor dose relativa no corte 0,8 foi inferior ao do tratamento 0,8 N-P-S e inferior à dose

relativa obtida no corte 0,4, indicando um efeito desfavorável do uso de altas doses de N e S na ausência de P, confirmando novamente a necessidade de uma adubação balanceada entre os macronutrientes ânions.

As equações das curvas de respostas de matéria seca total (Tabela 5) permitiram estimar os pontos de máximo das relações binárias, ou seja, as doses dos dois nutrientes que provocam a maior resposta dentro de cada corte. Estas curvas de resposta tiveram como variável independente o P, na relação N-P; o S, na relação P-S, e o N, na relação S-N. Com base nessas variáveis e conhecendo a quantidade máxima para o corte, por diferença do valor do corte, foi obtida a dose do outro nutriente da relação binária. Os pontos de máxima para P, S ou N são indicados, na Tabela 5, em percentagem do corte. Esses valores são representados graficamente, na Fig. 2, para matéria seca total em valores de ppm do nutriente e a ser adicionado. Pela união desses pontos das doses relativas que provocam a resposta máxima dentro de cada corte e de cada relação binária, foi possível traçar as curvas que representam as concentrações relativas ótimas dos nutrientes considerados dois a dois.

Considerando as melhores doses relativas dos cortes da relação N-P (Fig. 2), é possível observar que, à medida que aumenta a quantidade adicionada de N, passa a haver necessidade de adicionar P, visto que, ao mesmo tempo que o N deveria ser adicionado entre 107 ppm e 285 ppm, o P precisaria ser adicionado entre 0 ppm e 213 ppm. Isto indica que para adições inferiores a 107 ppm de N não é aconselhável a adição de P, e que o teor de 3 ppm de P "disponível" desse Latossolo é suficiente para suprir as necessidades das plantas, mas com uma produção de matéria seca relativamente baixa. Quando aumenta a adição de N, o requerimento de P passa a ser cada vez mais importante.

Para a relação P-S, as concentrações relativas ótimas indicam que, à medida que aumenta a adição de P, passa a haver necessidade da adição de S, visto que, enquanto a adição de P varia de 160 ppm a 267 ppm, a de S varia de 0 ppm a 257 ppm. Cabe lembrar que a ausência de N no estudo desta relação teve marcada influência sobre o crescimento vegetal e produção de matéria seca (Fig. 1).

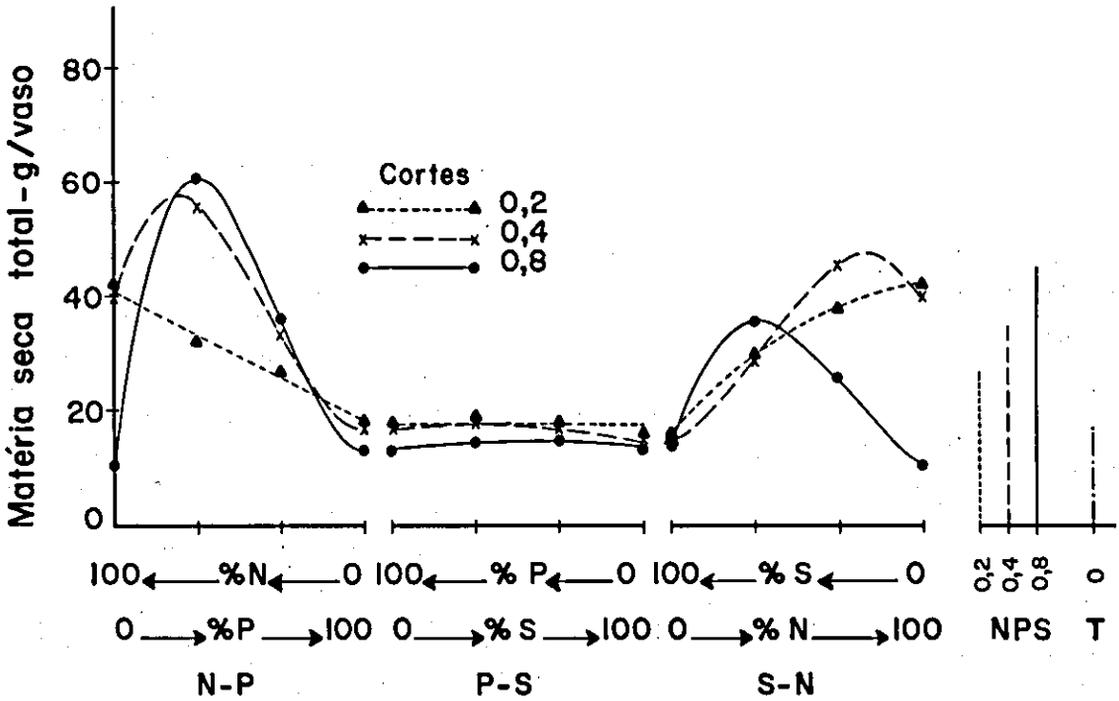


FIG. 1. Peso da matéria seca total de plantas de café, em função dos cortes e equilíbrios entre N, P e S, no LE, fase cerrado, de Machado, MG.

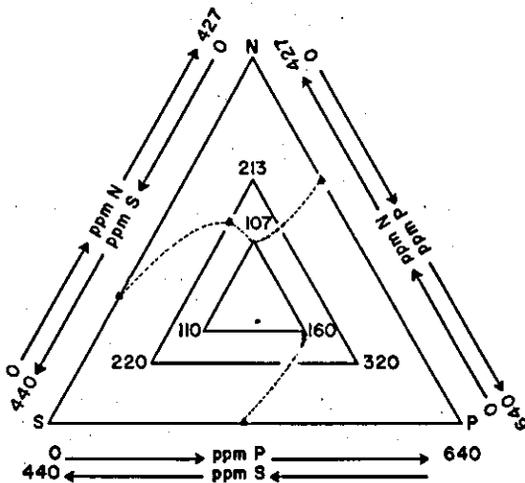


FIG. 2. Concentrações relativas ótimas de adubação, entre N-P, P-S e S-N, definidas com peso de matéria seca total, de plantas de café.

A prioridade do uso de P em relação ao S já tinha sido observada com os dados coletados neste ensaio, aos seis meses do plantio do cafeeiro. Esta prioridade também foi encontrada para aveia, num Latossolo Vermelho-Amarelo de Pirapora, MG, e num Latossolo Roxo de Capinópolis, MG (Alvarez Venegas et al. 1976). Isto confirma o fato de que, muitas vezes, a deficiência de S pode ser induzida pelo uso de doses elevadas de P.

Por último, na relação S-N observa-se que, com o aumento da adição de N, passa-se a exigir maior adição de S. Assim, quando o N é adicionado em doses que variam de 107 ppm a 142 ppm, o S deve ser adicionado de 0 ppm a 293 ppm. A diferença no incremento da necessidade de N e S pode ser atribuída à falta de P adicionado, no estudo desta relação binária, falta esta que teve influência marcada no corte 0,8, que se desviou em forma quadrática da tendência apresentada nos cortes inferiores, e que, como foi indicado, provocou diminuição na produção de matéria seca.

TABELA 5. Curvas de resposta de matéria seca total (g/vaso), como variável dependente de P, ou S, ou N, (em percentagem do corte), e valores dos elementos necessários à obtenção dos pontos de máximo.

Corte	Equação	R ²	Máximo
			Percentagem do corte
0,8 N-P	$\hat{Y} = 10,4 + 3,3944P - 0,068051^{**} P^2 + 0,000344^{**} P^3$	1,0000	33,4 (P)
0,4 N-P	$\hat{Y} = 36,9 + 1,5570^{**} P - 0,038727^{**} P^2 + 0,000209^{**} P^3$	1,0000	25,3 (P)
0,2 N-P	$\hat{Y} = 41,7 - 0,2345^{**} P$	0,9888	(< 0) (P)
0,8 P-S	$\hat{Y} = 13,3 + 0,0696^{*} S - 0,000654^{*} S^2$	0,9834	53,2 (S)
0,4 P-S	$\hat{Y} = 17,1 + 0,0534^{*} S - 0,000797^{*} S^2$	0,9962	33,5 (S)
0,2 P-S	$\hat{Y} = 17,6$	—	(0) (S)
0,8 S-N	$\hat{Y} = 13,6 + 1,4280^{*} N - 0,026918^{**} N^2 + 0,000123^{**} N^3$	1,0000	34,9 (N)
0,4 S-N	$\hat{Y} = 14,5 + 0,1523^{**} N + 0,012100^{**} N^2 - 0,000111^{**} N^3$	1,0000	78,5 (N)
0,2 S-N	$\hat{Y} = 15,9 + 0,4626^{**} N - 0,001979^{*} N^2$	0,9994	(> 100) (N)

* Significativo a 5% de probabilidade.

** Significativo a 1% de probabilidade.

TABELA 6. Teores de N, P e S de todas as folhas de plantas de café, estimadas para se obterem as produções máximas de matéria seca total.

Corte	Teores		
	N	P	S
		Percentagem	
0,8 N-P	1,50	0,064	0,125
0,4 N-P	1,31	0,072	0,076
0,2 N-P	1,33	0,063	0,063
0,8 P-S	1,58	0,115	0,362
0,4 P-S	1,39	0,138	0,369
0,2 P-S	1,25	0,113	0,312
0,8 S-N	1,55	0,077	0,228
0,4 S-N	1,45	0,059	0,075
0,2 S-N	1,35	0,079	0,055

Como as respostas obtidas no corte 0,4 foram semelhantes ou superiores às apresentadas pelo corte 0,8, é importante definir para o corte 0,4 as melhores doses relativas para adição dos macronutrientes ânions para o Latossolo estudado. Estas doses, definidas com base nas relações N-P e S-N, foram de 160 ppm de N e 80 ppm de P (relação N-P) e de 44 ppm de S e 170 ppm de N (relação S-N). Em forma geral, essas doses seriam de 165 ppm de N, 80 ppm de P e 44 ppm de S.

Os teores de N de todas as folhas colhidas na planta para obter as produções máximas de matéria seca total (Tabela 6) foram inferiores ao nível

crítico desse nutriente, estabelecido para o terceiro par de folhas (3,0% N) (Hiroce 1982). Isto se deve não só ao fato de ser diferente o material analisado, mas também pela existência de desequilíbrios nutricionais pela falta de S, no estudo da relação N-P, pela falta de P no estudo da relação S-N, e pela falta de N, no estudo da relação P-S. Apesar disso, observaram-se, nos cortes da relação P-S, teores de N equivalentes aos das relações N-P e S-N, decorrentes de um efeito de concentração pelo pequeno desenvolvimento vegetativo.

As concentrações de P para obter as produções máximas de matéria seca total (Tabela 6), também determinadas em todas as folhas da planta, foram equivalentes ao nível crítico de 0,12% P para o terceiro par de folhas (Hiroce 1982). Isso, no caso da relação P-S, deve-se à diferença de material analisado e a um efeito de concentração provocado pelo pequeno desenvolvimento vegetal, causado pela falta de N no estudo dos cortes desta relação.

Pelo contrário, os teores de S que provocaram as produções máximas de matéria seca total dos cortes da relação P-S (Tabela 6) foram superiores a 0,31% S, obtido para o terceiro par de folhas de plantas adubadas com sulfato de amônio (Hiroce et al. 1977). Nessa relação, existiu concentração de S pelo pequeno crescimento vegetal na ausência de N.

Na relação N-P (Tabela 6), os teores de S foram inferiores ao nível encontrado em plantas que foram adubadas com fertilizantes nitrogenados sem

enxofre (0,20% S). (Hiroce et al. 1977), em virtude da falta de aplicação de S no estudo dessa relação binária.

Na relação S-N (Tabela 6), também os teores de S foram inferiores a 0,31% S, encontrado por Hiroce et al. (1977), em cafeeiros adubados com sulfato de amônio.

CONCLUSÕES

1. No estudo das relações N-P, P-S e S-N, a ausência do outro ânion macronutriente limitou o crescimento das plantas, especialmente no caso do N nos cortes da relação P-S.

2. Os aumentos nas adições de N e P exigiram maior adição de S para se obter maior crescimento de plantas de café.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ VENEGAS, V.H.; BRAGA, J.M.; ESTEVÃO, M. de M.; PINTO, O.C.B. Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois Latossolos de Minas Gerais. I. Equilíbrio fósforo-enxofre. *Experientia*, 22(1):1-29, 1976.
- COWLING, O.W. & JONNES, H.P. A deficiency in soil sulfur supplies for perennial ryegrass in England. *Soil Sci.*, 110(5):346-54, 1970.
- HIROCE, R. Diagnose foliar em cafeeiro. In: MALAVOLTA, E.; YAMADA, T.; GUIDOLIN, J.A. *Nutrição e adubação do cafeeiro*. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato/Instituto Internacional da Potassa, 1982. p.117-37.
- HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; BAUMGARTNER, J. C.; FURLANI, A.M.C.; MORAES, F.R.P. de. Efeitos de quatro fontes de adubo nitrogenado nas características químicas do solo e na composição foliar de cafeeiro. *Cl. e Cult.*, 29(1):67-71, 1977.
- HIROCE, R. & GALLO, J.R. Efeito do enxofre na produção da soja. *Bragantia*, 31:XI-XII, 1972.
- JACKSON, M.L. *Análisis químico de suelos*. 3. ed: Barcelona, Omega, 1976. 662p.
- LOTT, W.L.; MCCLUNG, A.C.; MEDCALF, J.C. Deficiência de enxofre no cafeeiro. São Paulo, IBEC Research Institute, 1960. 23p. (Boletim, 22)
- LOTT, W.L.; MCCLUNG, A.C.; VITA, R.; GALLO, J.R. Levantamento de cafezais em São Paulo e Paraná pela análise foliar. São Paulo, IBEC Research Institute, 1961. 72p. (Boletim, 26)
- MCCLUNG, A.C. & FREITAS, L.M.M. Sulfur deficiency in soils from Brazilian campos. *Ecology*, 40(2):315-7, 1959.
- MCCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M.; LOTT, W.L. Analysis of several Brazilian soil in relation to plant responses to sulfur. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 23(3):221-4, 1959.
- MCCLUNG, A.C. & QUINN, L.R. Respostas da grama batatais (*Paspalum notatum*) às aplicações de enxofre e fósforo. São Paulo, IBEC Research Institute, 1959. 16p. (Boletim, 18)
- MALAVOLTA, E. Estudos químico-agrícolas sobre o enxofre. *An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz*, 9:40-130, 1952.
- MOURA FILHO, W. *Métodos de campo e laboratório; levantamento e física de solos*. Viosa, Imprensa Universitária/UFV, 1971. 26p.
- PREVOT, P. & OLLAGNIER, M. La carence en soufre de l'arachide en Afrique. *Agrochimica*, 8(3):210-21, 1964.
- RICHARD, L. *Les études de nutrition minérale chez les végétaux; contribution à leur méthodologie*. Paris, Institut de Recherches du Coton et Textiles, 1964. 116p. Tese Doutorado.
- VETTORI, L. *Métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro, MA - Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 34p. (Boletim técnico, 7)