

ESCOLA AGROTÉCNICA FEDERAL DE MUZAMBINHO
Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura

BRUNO DE OLIVEIRA PAIVA

**TEORES DE FÓSFORO E ENXOFRE NO
CAFEEIRO RECEPADO EM DIFERENTES
DOSES E FONTES DE P₂O₅**

Muzambinho
2008

BRUNO DE OLIVEIRA PAIVA

**TEORES DE FÓSFORO E ENXOFRE NO
CAFEEIRO RECEPADO EM DIFERENTES
DOSES E FONTES DE P₂O₅**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à
Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho como
requisito parcial para a obtenção do grau de
Tecnólogo em Cafeicultura.

Orientador: Dr. Marcelo Bregagnoli.

**Muzambinho
2008**

COMISSÃO EXAMINADORA

Marcelo Bregagnoli

Francisco Vítor de Paula

Luiz Augusto Gratieri

Muzambinho, 10 de dezembro de 2008

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a todas as pessoas que me incentivaram nesta caminhada, entre eles meus professores e familiares, especialmente minha mãe Maria Aparecida de Oliveira Paiva, pela persistência e apoio no caminho que tomei.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus acima de tudo, pois é nele que deposito toda minha fé, e através dele que enxergo alguma esperança no caminho que vou percorrer.

Agradeço ao meu orientador Dr. Marcelo Bregagnoli que mesmo diante das dificuldades, não mediu esforços para o sucesso deste trabalho, e também nos trabalhos dos demais orientados.

Meus agradecimentos vão também a todos os professores que contribuíram para a minha formação e de toda minha turma, em especial, a professora Roseli Goulart, o professor Luiz Augusto Gratieri e o professor Celso Spagiari, pela disponibilidade e atenção nas horas em que necessitei, também não poderia esquecer a bibliotecária Clarissa Benassi, pela atenção ao corrigir este trabalho e ao professor José Mauro, pela imensa ajuda no trabalho.

Por fim deixo meus cumprimentos aos colegas de classe, e também a algumas pessoas que convivi na cidade de Muzambinho, entre eles um abraço especial ao companheiro João Branco.

ALEA JACTA EST (A SORTE ESTÁ LANÇADA)
JÚLIO CÉZAR (44 A.C.)

PAIVA, Bruno de Oliveira. **Teores de Fósforo e Enxofre o cafeeiro recepado em diferentes doses e fontes de P₂O₅**. 2008. 34f. Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura (Graduação) - Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, Muzambinho 2008.

RESUMO

O presente trabalho objetiva avaliar dois macronutrientes, o fósforo (P), e o enxofre (S). O trabalho foi realizado no intuito de verificar a dinâmica de absorção de P e S em cafeeiros recepados em diferentes doses de P₂O₅ ha⁻¹ e seus teores residuais no solo. O experimento foi instalado na Fazenda Grama, no município de Guaxupé MG, em uma lavoura de Mundo Novo IAC 379-19, de 44 anos de idade, a montagem do ensaio foi feita em DBC, com 8 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos utilizados foram, 0; 53,3; 106,5; 213; 426; 852; 1704 Kg de P₂O₅ ha⁻¹, sendo a dosagem de 400Kg feita com Superfosfato Simples, e as demais com Termofosfato Magnésiano Yoorin. Foram realizadas análises foliares e de solo para determinação dos nutrientes e atributos químicos do solo. Os resultados obtidos em todas as avaliações os teores foliares de P foram ideais para a cultura, e aos 120 dias após a aplicação (daa), as diferentes concentrações de P₂O₅ no solo não interferiam nos teores foliares, já nos 350 daa as maiores absorções foram nos tratamentos 6 e 7, quanto ao S notou-se que a fonte Superfosfato Simples obteve maior aproveitamento pela planta aos 120 daa, e aos 300 daa as concentrações no solo neste tratamento foram maiores que as demais.

Palavras-chave: *Coffea arabica*; absorção/translocação; adubação; interação; nutriente

PAIVA, Bruno de Oliveira. **Teores of phosphorus and sulfur in the coffee-tree receiving different doses and sources of P₂O₅**. 2008. 34f. Completion of work of course. Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura (Graduation) - Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, Muzambinho 2008.

ABSTRACT

This paper aims to evaluate two nutrients, phosphorus (P) and sulfur (S). The study was conducted in order to verify the dynamics of absorption of P and S in coffee-tree reception at different doses of P₂O₅ ha⁻¹ and its residual levels in the soil. The experiment was installed on Fazenda Grama in the town of Guaxupé-MG in a crop of Mundo novo IAC 379-19, at 44 years of age, the assembly of the test was done in DBC, with 8 treatments and 4 replicates. The treatments were, 0, 53.3, 106.5, 213; 426; 852; 1704 kg P₂O₅ ha⁻¹ and the strength of 400kg made with single superphosphate, and the other with Magnesium Yoorin. We performed analysis of soil and leaf for determination of nutrients and chemical soil. The results on all the ratings levels of leaf P were ideal for the crop, and 120 days after application (daa), different concentrations of P₂O₅ in the soil did not interfere in foliar levels, already in 350 daa were the largest acquisitions in Treatments 6 and 7, as the S noted that the source single superphosphate was greater use by the plant at 120 daa, and with 300 daa concentrations in the soil in this treatment were higher than the other.

Key words: *Coffea arabica*; absorption/translocation; fertilization; interaction; nutrients

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1. Nutrição mineral do cafeeiro	12
2.2. Fósforo (P).....	14
2.2.1. Origem, formas, assimilação e fixação no solo	14
2.2.2. Papéis funcionais	16
2.2.3. Formação da colheita.....	17
2.2.4. Critérios para doses na adubação fosfatada.....	17
2.2.5. Fontes de fertilizantes fosfatados	18
2.2.6. Aplicações e respostas	18
2.2.7. P e os limites de crescimento.....	19
2.2.8. Exigência e teores na planta	20
2.2.9. P na cafeicultura	20
2.2.9.1. Sintomas de deficiência de P em cafeeiros.....	20
2.2.9.2. Sintomas de toxidez de P em cafeeiros	21
2.2.10. Principais interações do P com os outros nutrientes.....	21
2.3. Enxofre (S)	21
2.3.1. Origem e formas do S	22
2.3.2. Adsorção e lixiviação	23
2.3.3. Absorção de S.....	23
2.3.4. Transporte e redistribuição	24
2.3.5. Funções	24
2.3.6. Principais fontes de S	24
2.3.7. Enxofre na cafeicultura.....	25
2.3.7.1. Sintomas de deficiência de enxofre no cafeeiro	25
2.3.8. Relação do S com o P	26
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1. Local do experimento	26
3.2. Variedade.....	27
3.3. Delineamento experimental	27
3.4. Práticas culturais.....	28
3.5. Avaliações	29
3.5.1. Análise do teor foliar dos elementos	29
3.5.2. Análise de nutrientes no solo.....	29
3.5.3. Análise estatística	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5. CONCLUSÕES	33
REFERENCIAS	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teores foliares de nutrientes considerados adequados ao cafeeiro.	13
Tabela 2. Padrões referenciais dos nutrientes no solo.....	14
Tabela 3. Fatores a considerar para aumentar a vida útil das reservas de P.....	19
Tabela 4. Distribuição do S radioativo aplicado em folhas de mudas de café como K ²³⁵ SO ₄ -	24
Tabela 5. Dados climáticos na região de Guaxupé.	26
Tabela 6. Resultado análise de solo onde foi instalado o experimento.	27
Tabela 7. Concentração de P e S em duas profundidades de solo cultivado com cafeeiro recepado aos 300 dias após aplicação de diferentes doses de P ₂ O ₅ submetidos a duas fontes. Guaxupé, 2008.	31
Tabela 8. Teor foliar de P e S em brotos de cafeeiro recepado em duas épocas de diferentes doses de P ₂ O ₅ submetido a duas fontes. Guaxupé, 2008.....	32

INTRODUÇÃO

Os altos preços dos insumos e baixos preços do produto, desestimulam o produtor, esse por sua vez reduz o manejo nos cafezais, quando o correto seria eliminar os gastos supérfluos, mantendo uma adubação racionalizada e por consequência a produtividade de sua lavoura (MATIELLO et al., 2005). Visto que estamos passando por uma grave crise econômica internacional, que afeta diretamente o agronegócio cafeeiro.

Entre os tratos culturas de uma lavoura cafeeira está a nutrição, um dos assuntos mais estudados e discutidos no ramo das ciências agrárias, sendo o fósforo (P) um dos nutrientes mais polêmicos entre os pesquisadores e extensionistas da área, sobretudo para a cafeicultura.

Para o bom desenvolvimento das culturas são necessárias quantidades muito maiores de fósforo do que aquelas que as culturas retiram. Solos das regiões tropicais “fixam” fósforo no solo e requerem a aplicação de elevadas quantidades, porque apenas uma pequena parte das raízes ficam em contato com adubo, que se move pouco (LOPES et al., 1982).

Várias literaturas são utilizadas pelos técnicos para prestarem assistência em campo, para recomendar doses de adubação, onde se destacam a 5ª aproximação de Minas Gerais no capítulo referente ao cafeeiro, escrito por Guimarães et al. (1999) e o Boletim Técnico 100 do IAC de São Paulo escrito por Raji et al. (1996), literaturas que recomendam em uma única dose no máximo 80 kg ha⁻¹ e 100 kg ha⁻¹ respectivamente de P₂O₅. Porém, Guerra et al. (2007), concluíram que doses de P₂O₅ de 300 kg ha⁻¹ são as mais indicadas para solos de Minas Gerais, justificando que essas quantidades de P amenizam a bienalidade do cafeeiro devido maior fornecimento de energia para a planta (ATP). Em se tratando de enxofre (S) para o cafeeiro as recomendações são mais uniformes, sendo que se os níveis no solo estiverem menores que 10 mg dm⁻³, deve-se adicionar 1/8 da dose de nitrogênio (N) recomendado.

O presente trabalho foi realizado para avaliar a dinâmica da absorção de fósforo (P) e enxofre (S) em cafeeiros recepados em diferentes doses de P₂O₅ ha⁻¹ e seus teores residuais no solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Nutrição mineral do cafeeiro

O uso de fertilizantes minerais é absolutamente necessário para a agricultura, existindo uma estreita relação entre a produção agrícola e o consumo dos três principais nutrientes, nitrogênio(N), fósforo(P) e potássio(K). No cafeeiro a aplicação é feita especialmente por adubos minerais, suprimindo os três macronutrientes primários, N, P e K, além de macronutrientes secundários e micronutrientes (RAIJ, 2006).

Numa gleba de Mundo Novo com espaçamento 3,50 x 1,50 m com 3-4 hastes por cova e que produzira 53 sacas beneficiadas ha⁻¹, realizaram diversos tipos de podas e analisaram o material podado, concluíram que os macronutrientes são exportados pela poda na ordem decrescente são: N>K>Ca>Mg>P>S (GARCIA et al., 1986 apud MALAVOLTA, 1993).

A cultura do cafeeiro depende de um conjunto de fatores para alcançar níveis adequados de produtividade. Existe uma tendência no aumento da produção por unidade de área na cafeicultura brasileira, embora o rendimento baixo quando comparado com o obtido em outras regiões cafeeiras do mundo. Portanto, é fundamental que conheçamos as causas prováveis da baixa produtividade dos cafezais brasileiros, como, existência de lavouras decadentes; falta ou inadequado controle de pragas e doenças; pequeno número de plantas por hectare; falta de manejo correto de podas; falta ou inadequação da calagem e adubação (MALAVOLTA, 1986; GUIMARÃES; MENDES, 1997).

Na cultura do cafeeiro no aspecto da adubação destacam-se como manejos incorretos as adubações insuficientes e desequilibradas; negligência no uso de Ca, Mg e S devido à tendência de usar formulações concentradas com N, P e K; a proporção dos elementos contidos nos fertilizantes formulados nem sempre é a mais conveniente; micronutrientes, principalmente, boro (B), zinco (Zn) e cobre (Cu) não são aplicados ou mal empregados; a calagem quando não é feita, praticada de modo inadequado, insuficiente ou calcário de má qualidade (MALAVOLTA, 1986; GUIMARÃES; MENDES, 1997).

De acordo com algumas considerações numéricas, admiti-se para 1,0 t de café beneficiado, correspondente a 2,0 t de café em coco, a extração em Kg t.⁻¹, de 34 kg de N, 8 kg de P₂O₅ e 62 kg de K₂O. As quantidades médias de nutrientes

utilizados na cultura do café em 2000, no Brasil, foram de 114 de N, 24 P₂O₅ e 92 de K₂O, totalizando 230 Kg ha⁻¹ (RAIJ, 2006).

Os cafezais brasileiros recebem em torno de 30% da quantidade de adubos que deveriam receber, porém, absorve 18,5% do total de fertilizantes consumidos no país; 28,5% do N, 8,6% do P₂O₅ e 25,6 % do K₂O (MALAVOLTA, 1986).

Levantamentos da década de 80, em cafezais de São Paulo e do Sul de Minas, através de análise de solo e foliar em comparação com os padrões considerados adequados, observaram-se as deficiências mais comuns foram Mg, Ca e Zn e em segundo plano N, B e K. O P e o Cu mostraram mais deficientes nas lavouras em formação e o S raramente mostrou-se deficiente. Em muitas lavouras, a acidez potencial (H⁺ Al) não estava devidamente corrigida e juntamente com os baixos teores de Ca, Mg e K, com índice de saturação de bases inferior ao ideal para o cafeeiro. Por outro lado, foram encontradas áreas com correções excessivas, com pH acima de 6,0 e índice de saturação de bases superior a 80%, onde ocorrem menor disponibilidade e carências graves de Mn (manganês), Fe (ferro), Zn, B e Cu (MATIELLO et al., 2005).

Em contrapartida, análises foliares realizadas no Sul de Minas, em 1999, mostraram entre os macronutrientes, maior frequência da falta de P (62%), Mg (58%) e K (30%) e, entre os micronutrientes, Zn (54%) e B (13%) (MATIELLO et al., 2005). Na Tabela 1 pode-se observar os teores foliares de cada nutriente, indicados para o cafeeiro, e na Tabela 2 estão os padrões referenciais dos nutrientes no solo.

Tabela 1. Teores foliares de nutrientes considerados adequados ao cafeeiro.

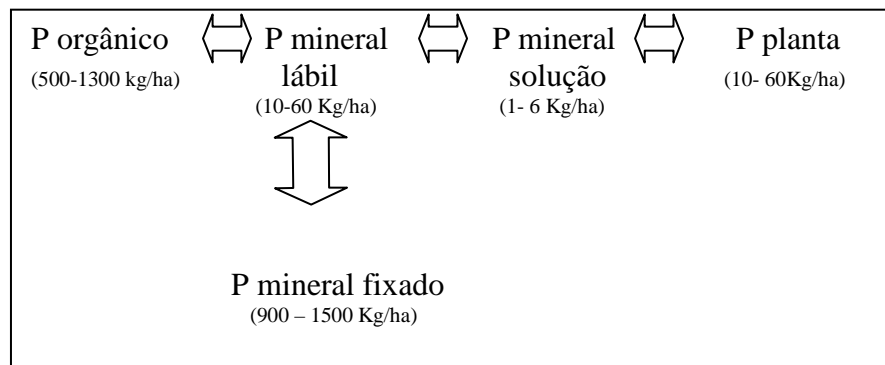
Macronutriente	Teor	Micronutriente	Teor
	dag Kg ⁻¹		Mg Kg ⁻¹
N	3,00-3,50	B	40-80
P	0,12-0,15	Cu	10-50
K	1,80-2,30	Fe	70-200
Ca	1,00-1,50	Mn	50-200
Mg	0,35-0,50	Zn	10-20
S	0,15-0,20	Mo	>0,1

Fonte: Adaptado de Matiello et al.(2005).

acidez, com a conseqüente elevação do pH na calagem, por exemplo, ajuda a tornar o P disponível novamente (MALAVOLTA, 2006).

Albuquerque (1986) representou o equilíbrio entre as formas de P nos solos do Brasil e, ao mesmo tempo, quantificá-los como se vê no Quadro 1. Notar o pequeno tamanho do reservatório da solução de onde a planta “bebe” o P (e demais elementos) que necessita.

Quadro 1. Formas de P nos solos brasileiros.



Fonte: Albuquerque (1986).

Do ponto de vista do aproveitamento pelas plantas, o pH parece ser a variável com maior influência na disponibilidade. Sendo que em pH mais ácido (menor que 5,5) o P é fixado por óxidos de Fe, Al e Mn tornando o P indisponível para as plantas. O mesmo acontece quando o pH se torna alcalino (maior que 7,0) mas nessa situação, o P é fixado por óxidos de Ca (MALAVOLTA, 2006). Portanto deve-se manter o pH dos solos entre 5,5 e 6,5 para evitar a fixação do P.

A maior parte do P entra em contato com a raiz por difusão, exclusivamente, e é absorvido num processo “morro acima”. O mesmo se aplica, de modo geral para a absorção foliar (BARBER; OLSON, 1968 apud RAIJ, 1981).

Em solos muito ácidos ($\text{pH} < 2,0$) a principal espécie iônica absorvida é H_3PO_4 , já em solos com o pH entre 2,0 e 7,0 o P é absorvido na forma de H_2PO_4^- , e com o pH acima de 7,0 a maioria do P é absorvido na forma de HPO_4^{2-} e PO_4^{3-} , sendo a última absorvida em pH maior que 12,0 (FAQUIN, 2005).

O P absorvido e acumulado pelas células corticais da raiz é transferido radialmente até o xilema e via simplasto alcança a parte aérea, folha ou região de crescimento. O P, juntamente com o N, é o elemento mais redistribuído nas plantas, sendo o P fornecido às folhas e quando a mesma envelhece, é redistribuído na

proporção de até 60% do total presente, via floema, para outras partes da planta, particularmente regiões de crescimento e frutos em desenvolvimento (MALAVOLTA, 2006).

A fácil redistribuição do P têm várias conseqüências: (1) em condições de carência os sintomas vão aparecer em primeiro lugar em órgãos mais velhos dos quais os elementos migram para os mais novos; (2) parte da exigência para o crescimento e produção são satisfeitas pela mobilização das reservas de P (OLIVEIRA et al., 1982).

2.2.2. Papéis funcionais

Bieleski e Ferguson (1983) apud Malavolta (2006) classificam os compostos de P da célula vegetal em cinco grupos:

A) Fosfato inorgânico, PI: Solúvel em água, o mais importante dos compostos considerados isoladamente, é a forma que o P chega à célula.

B) Ésteres simples: Extraídos por solventes aquosos. Cerca de 50 foram identificados. “Juntos representam a maquinaria metabólica da célula”. Entre eles, os principais compostos são: glicose-6-P, frutose-6-P e manose-6-P (20%, 6% e 4%); ATP e ADP (10% e 3%); UTP (trifosfato de uridina), UDP (difosfato de uridina) e UDPG (difosfato de uridina e glicose), 4%, 5% e 9%; 3-PGA (ácido 3 fosfoglicérico, 8%)

C) Fosfolipídeos: Solúveis nos solventes das gorduras como clorofórmio ou éter. Os fosfolipídeos são presentes nas membranas celulares. Os cloroplastos têm um sistema de membranas altamente desenvolvido (tilacóide) e representam 40% do total de fosfolipídeos das células fotossintéticas.

D) Ácido desoxiribonucléico (DNA): O DNA é uma macro molécula, responsável por carregar a informação genética da célula.

E) Ácido ribonucléico (RNA): Com estrutura semelhante às do DNA, no RNA transferidor (t RNA) o fosfato terminal tem a função de fornecimento de energia como carregador e ativador de aminoácidos. O RNA está envolvido na transladação da informação genética (via RNA mensageiro) e na síntese de proteína .

O principal papel do P na planta (e nos demais seres vivos) é armazenar e transferir energia. Quando se fornece à planta P marcado com o seu isótopo radioativo, ^{32}p , os compostos que mais cedo, e rapidamente mostram a incorporação são ATP e o UTP , o que sugere serem esses dois nucleotídeos a

principal porta de entrada (assimilação) do elemento em compostos orgânicos. O P faria parte inicialmente da ATP que está em equilíbrio com UTP. Quinases de difosfato de nucleosídeo se encarregam da transferência da primeira para a segunda.

2.2.3. Formação da colheita

Os papéis do P no processo global de formação da colheita se baseiam nas suas funções: componente dos lipídeos do plasmalema e do tonoplasto; Passagem obrigatória dos nutrientes no processo de absorção, tanto na raiz quanto na folha; Armazenamento de energia na fotossíntese e respiração; Utilização da energia para reações de síntese de proteínas, FBN e outras; Transferência dos caracteres genotípicos da planta com suas manifestações externas (fenótipo) que dependem do ambiente. A participação do P no processo de formação da colheita tem os seguintes aspectos principais: Acelera a formação das raízes e é essencial para o seu funcionamento como apoio mecânico e órgão de absorção da água e de íons; Aumenta o perfilhamento das gramíneas (junto com o N), cereais ou forrageiras; maior pegamento da florada (frutificação); Regulador de maturação; Mais viabilidade das sementes; Maior teor de carboidratos, óleo, gordura e proteínas; Essencial para a fixação biológica do nitrogênio (FBN); Quando deficiente causa menor vegetação e produção, qualidade e senescência precoce (MALAVOLTA, 2006).

2.2.4. Critérios para doses na adubação fosfatada

No caso do P as perdas são muito maiores que qualquer outro nutriente, devido a “fixação” do P, que deve-se, ao elevado grau aos óxidos e hidróxidos de Al, Fe e Mn, abundantes nos solos ácidos, e H elevado ligando-se ao Ca. O termo “retrogradação” é, reservado à insolubilização do P solúvel dos adubos que passa a fazer parte da fase lábil, passando para a solução do solo (MALAVOLTA, 2006).

Albuquerque (1986) complementa que a Fixação, entretanto, não é perda permanente dado o equilíbrio que existe entre as formas de P no solo já indicado no quadro 1. Como se vê, todas as reações de transferência são reversíveis. A presença da planta possibilita a passagem do P orgânico ou mineral fixado para a fase lábil, logo após para a solução do solo e conseqüentemente pode ser absorvido pela planta.

2.2.5. Fontes de fertilizantes fosfatados

A matéria prima para a produção de adubos fosfatados é um mineral chamado, genericamente apatita, de origem ígnea, metamórfica ou sedimentar. No último caso tem-se fosfato natural “mole”, denominado “reativo” ou “fosforita”. (LEHR et al., 1980 apud MALAVOLTA, 2006).

Os tipos de adubos fosfatados se diferenciam principalmente pela solubilidade em água. Entretanto, isso não é sinônimo de disponibilidade. É que devido às transformações que o P passa no solo, a planta não absorve o P presente no adubo aplicado, mas na forma resultante de tais transformações. Os principais adubos que fornecem P são Superfosfato Simples, Superfosfato Triplo, Termo fosfato, Escória de Thomas, Farinha de ossos, Fosfato Natural, Fosfato de Araxá, Nitro fosfato, DAP, MAP (OLIVEIRA et al., 1982).

2.2.6. Aplicações e respostas

Tanto em culturas temporárias, como perenes, sempre que a mecanização for possível, o nível de P disponível for muito baixo e houver recursos disponíveis, pode ser feito um investimento através da adubação fosfatada corretiva, onde são usadas elevadas doses de P_2O_5 destinadas a aumentar os compartimentos deste nutriente e criar uma alta concentração no solo. O adubo fosfatado, fosfato natural reativo, superfosfato simples ou termofosfato magnésiano é aplicado a lanço e incorporado com aração e gradagem tal como se faz na calagem (MALAVOLTA, 2006). Se a topografia ou os recursos não permitirem que se faça uma “caderneta de poupança”, torna-se necessária adubação com doses mais pesadas nas covas ou nos sulcos de plantio (LOBATO, 1982).

A aplicação do Superfosfato simples SPS, marcado com 32p em faixa superficial ao redor do pé-de-café foi mais eficiente que a aplicação em sulco de 15 cm de profundidade circular ou semicircular. A aplicação foliar, evitando-se a fixação, foi ainda mais eficiente. Apesar disso a adubação fosfatada foliar não é compensatória em decorrência das quantidades exigidas pelo cafeeiro (MALAVOLTA; NEPTUNE, 1977 apud MALAVOLTA, 2006).

Porém, no plantio das culturas perenes como o cafeeiro, é recomendado aplicar doses altas de P_2O_5 na cova ou sulco de plantio, doses essas destinadas a elevar o P disponível a 200 – 400 mg dm^{-3} com SPS, mistura de SPS mais termofosfato ou mistura de SPS mais fosfato natural reativo (MALAVOLTA, 2006).

2.2.7. P e os limites de crescimento

Tomando por base o consumo mundial e brasileiro de P, a duração das reservas em diferentes taxas de aumento, apontam perspectiva negativa para o setor, apesar disso o “número de bocas” para sustentar continua a crescer com tendência a se estabilizar dentro de meio século entre 8 e 8,25 bilhões de pessoas (RIEDER, 1986).

A produção de alimentos não dispensa o P. Considerando-se para efeito de discussão quanto ao N,P,K, a situação é a seguinte: N – reserva inesgotável na atmosfera que é formada de N₂ na proporção de 72%; o fixado pela indústria de fertilizantes volta quase todo ele à atmosfera devido a desnitrificação; K – as jazidas devem durar milhares de anos; P – pode aumentar por causa do efeito residual dos adubos fosfatados. O efeito residual, entretanto, apenas prolonga a vida útil nas reservas de P. Mas as mesmas tendem se exaurirem. O assunto foi objeto de preocupação, por Albuquerque (1986) o qual sugeriu várias medidas para aumentar a vida útil das reservas brasileiras. As mesmas se aplicam, no todo ou em parte, aos depósitos de todo o mundo, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3. Fatores a considerar para aumentar a vida útil das reservas de P.

Medidas	Finalidade
Mineração e beneficiamento	-Aumentar a % de recuperação
Tecnologia	-Maior aproveitamento de P ₂ O ₅ recuperado mediante mudanças nos processos e/ou produtos
Legislação	-Compatibilizar: lei, eficiência agrônômica e produtos
Adubação	-Aumentar a eficiência da adubação fosfatada -Manejo e correção de acidez
Genética e melhoramento	-Variedades e raças mais eficientes no aproveitamento do P (solo, adubo,ração)
Recuperação	-Ciclagem de P no solo- variedades, rotação de culturas, calagem (efeito residual de adubação projetada) - Aproveitamento de resíduos agrícolas, industriais e urbanos

Fonte: Albuquerque (1986).

2.2.8. Exigência e teores na planta

A exigência de P em relação ao N e o K é pequena, principalmente na fase adulta da lavoura, todavia, na fase jovem sua exigência comparativamente é maior. A necessidade também é maior na época chuvosa e na granação dos frutos (GUIMARÃES; MENDES, 1997).

O P no cafeeiro, atua no sistema radicular, formação do lenho da planta e é também muito importante na granação os frutos. Os teores de P nas plantas variam de 0,5 a 3,0 g kg⁻¹ de matéria seca da planta, considerando-se teores entre 1,0 a 1,5 g kg⁻¹ como adequados para um crescimento normal das plantas. Plantas deficientes apresentam teores foliares menores do que 1,0 g kg⁻¹, enquanto acima de 3,0 g kg⁻¹ podem-se observar sintomas de toxidez (MALAVOLTA, 1980; MALAVOLTA et al., 1989; PAIS; JONES JUNIOR, 1996; FURLANI, 2004; apud NOVAIS et al., 2007).

2.2.9. P na cafeicultura

Num solo com baixo teor de P e elevada capacidade de adsorção, Guimarães et al. (1999) recomenda uma dose de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para uma produtividade maior que 60 sc/ha de café arábica. Raij et al. (1996) relata que, para uma produtividade maior do que 80 sc/ha de café arábica, a dose deve ser 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Recentemente, Guerra et al. (2007) recomendam, sem considerar os teores de P presentes no solo, a elevada dose de 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P₂O₅, para a produção de safras anuais em torno de 60 a 70 sc ha⁻¹ de café arábica, os autores sustentam que as doses não sejam fundamentadas exclusivamente na carga pendente, pois as aplicações de fertilizantes devem ter por objetivo o crescimento de novos ramos e nós para a próxima safra. Porém, para cafeeiros recepados, Guimarães et al. (1999), Raij et al. (1996) e Matiello et al. (2005) dispensam as adubações fosfatadas.

2.2.9.1. Sintomas de deficiência de P em cafeeiros

O P é bastante móvel na planta, redistribuído com facilidade pelo floema, onde o elemento aparece principalmente como fosforil colina. Quando as plantas estão adequadamente nutridas em P, de 85 a 95% do P se encontra nos vacúolos. Ocorrendo deficiência, o P não metabolizado sai do vacúolo e é redistribuído para os órgão mais novos que cessa o crescimento quando acaba tal reserva. Devido a fácil

redistribuição do P na planta, os sintomas de deficiência aparecem primeiramente nas folhas mais velhas (OLIVEIRA et al., 1982).

Os sintomas de deficiência do P são mais comuns em regiões altas e frias. Inicialmente ocorre perda de brilho as folhas, que em seguida mudam de cor na seguinte seqüência: amarelo brilhante, amarelo róseo vermelho escuro e marrom arroxeadado, na ponta e margem das folha. Em casos mais graves pode causar queda prematura das folhas, que pode ser total (GUIMARÃES; MENDES, 1997). Quando se refere à qualidade dos frutos, plantas deficientes em P tem uma pior bebida (MALAVOLTA; VOLANTE NETO,1991).

2.2.9.2. Sintomas de toxidez de P em cafeeiros

São raros os sintomas de excesso de P; contudo, plantas sensíveis podem manifestar sintomas em condições cuja concentração nas folhas seja superior ou igual a 3 g kg⁻¹. Nestas condições, ocorrem manchas vermelho-escuras nas folhas mais velhas. Deficiência de Zn em solos ricos em P pode provocar a absorção e acúmulo de P em excesso promovendo sintomas semelhantes aos da deficiência de Zn (MALAVOLTA, 2004 apud NOVAIS et al., 2007).

2.2.10. Principais interações do P com os outros nutrientes

O efeito do P depende da fonte (solubilidade e reação no solo). Geralmente plantas deficientes em P tendem a diminuir seus teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e F. Altas doses de P, aumentam a concentração de N, P, Ca, Mg, B e Mo. E diminuem a concentração de K, Cu, Fe, Mn, Zn. O Al diminui a absorção de P, reduzindo o teor foliar. Ca em condições não excessivas aumenta o teor foliar de P, já o seu excesso diminui, o efeito pode estar relacionado com pH, formação de fosfatos de Ca insolúveis. O Mg também aumenta o teor de P absorvido (MALAVOLTA, 2006).

2.3. Enxofre (S)

O S deixou de ser um elemento renegado no Brasil, a partir de 1950 quando Euripedes Malavolta escreveu sua tese de livre Docência na ESALQ-USP, inspirada na visão de José de Mello Moraes, Catedrático de Química Agrícola e Diretor da ESALQ. Foram feitas as primeiras análises sistemáticas de S nos solos e nas

plantas e estudados outros aspectos como, por exemplo, o efeito do ácido sulfúrico produzido no solo por oxidação microbiana do S elementar na solubilização da apatita (MALAVOLTA, 2006).

2.3.1. Origem e formas do S

Estima-se que o S é o 9º elemento mais abundante no planeta. O S nativo ou livre encontra-se principalmente em depósitos vulcânicos sedimentares. O S está nos solos nas formas inorgânicas e orgânicas. Na solução do solo, o S está presente como íon sulfato (SO_4^{-2}). As formas mais comuns de S nas rochas são sulfetos metálicos (Fe, Pb, Mn, Ni, Cu) contidos nas plutônicas. Com a intemperização ocorre a oxidação dos sulfetos a sulfatos, ocasionado pela atividade microbiana. Nas regiões áridas o S pode ser concentrado como sais solúveis e insolúveis de Ca e Na ou reduzidos a sulfeto e sulfito. Com muita chuva pode haver lixiviação e condução até sedimentos marinhos (RICHE, 1960 apud MALAVOLTA, 2006).

Na atmosfera o S aparece como dióxidos de enxofre (SO_2) ácido sulfúrico (H_2SO_4), gás sulfídrico (H_2S), metilmercaptano (CH_3SH), etc. Cerca de 70% do SO_2 , se origina da queima de carvão, óleo e gás natural; 16% dos escapamentos dos veículos; 4% das refinarias de petróleo e; 10% das fundições de metais (ZEHLER et al., 1981 apud MALAVOLTA, 2006).

Essas fontes estão presentes, especialmente nos países em desenvolvimento como no Brasil. a queima da vegetação como prática cultural, a exemplo da cana-de-açúcar; limpeza de pasto, e abertura de novas áreas para o plantio. Formas reduzidas podem passar do solo para atmosfera. Com retorno de parte do S atmosférico pelas águas da chuva (MALAVOLTA & PAULINO, 1987 apud MALAVOLTA, 2006).

Em áreas rurais do Brasil a atmosfera adiciona ao solo (ou recicla) entre 5 e 7 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de S e nas regiões urbanas, essa adição seria de 3 a 4 vezes maior, chegando até 200 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de S (BARBER, 1995 apud MALAVOLTA, 2006).

O S existe no solo em vários estados de oxidação correspondentes a uma gama de formas minerais. Entre as formas minerais solúveis estão os sulfatos da solução do solo, fonte imediata de S para as plantas. A concentração de sulfato na solução do solo é muito variável, os valores mais altos são encontrados nas regiões

áridas, 50-100 mg L⁻¹, enquanto nos tropicais a faixa mais freqüente vai de 0,4 a 16 mg L⁻¹.(HAVLIN et al., 1999 apud MALAVOLTA, 2006).

2.3.2. Adsorção e lixiviação

Consideram-se como fontes imediatas de S para as plantas o SO₄⁻² da solução do solo e o adsorvido, correspondendo acerca de 1% do S total, que se adsorve (em ordem decrescente) nos óxidos de Fe e Al hidratados, óxidos cristalinos, argilas 1 : 1, argilas 2 : 1 (MALAVOLTA, 2006).

Tal como acontece com os íons molibdato e fosfato, a adsorção diminui com o aumento do pH, porque nessas condições, ocorre precipitação de Al e Fe ocupe sítios de adsorção em competição com o SO₄⁻². Nas camadas mais profundas do perfil há uma tendência para acumulação de SO₄⁻² que em parte se deve ao menor pH (CATANI, et al., 1971).

2.3.3. Absorção de S

O contato do SO₄⁻² com a raiz se faz predominantemente por fluxo de massa (BARBER; OLSON, 1968 apud RAIJ, 1981). O S é absorvido pelas plantas principalmente na forma inorgânica (SO₄⁻²) e reduzido e incorporado a compostos orgânicos. Na reciclagem do S, este retorna ao solo na forma orgânica, onde se mineraliza por ação de microrganismos antes de ser utilizado pelas plantas (NOVAIS et al., 2007).

Parece não haver “alimentação de luxo” com respeito ao S, isto é, as plantas não acumulam mais do que necessitam. As folhas além do SO₄⁻², podem absorver o SO₂ do ar, ainda que de modo pouco eficiente. A velocidade de absorção depende do íon acompanhante crescendo na ordem Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺. A absorção é maior em presença de N (THOMAS et al., 1943; SIMON-SYLVESTRE, 1960; REHM; CALDWELL, 1968 apud MALAVOLTA, 2006).

Como podemos verificar na Tabela 4, dados obtidos em um ensaio feito com mudas de café por Crocomo e Menard (1961), em solução nutritiva mostra que o ³⁵S (forma radioativa do S), do sulfato fornecido às folhas é transportado preferencialmente para os órgãos novos.

Tabela 4. Distribuição do S radioativo aplicado em folhas de mudas de café como K235SO4-

Órgão	% do aplicado
Folhas novas + caule superior	42,0
Folhas velhas	33,9
Caule inferior	14,3
Raízes	4,6

Fonte: CROCOMO; MENARD (1961).

2.3.4. Transporte e redistribuição

O SO_4^{-2} absorvido pela raiz é transportado predominantemente na direção acrópeta, (da base para cima). Com a baixa capacidade da planta para redistribuir o S na direção basípeta. Em caso de carência, os sintomas aparecem em primeiro lugar nos órgãos mais novos, como folhas superiores (MALAVOLTA, 2006).

O S predomina na planta em forma orgânica, principalmente nas proteínas, já que todas as proteínas vegetais possuem o elemento. O S que permanece como SO_4^{-2} no tecido é relativamente pouco. A folha de um cafeeiro bem nutrido em enxofre possui 0,25% de S, sendo que a mesma folha tem 6 vezes menos SO_4^{-2} (LOTT et al., 1960).

Há um paralelismo entre produção de matéria seca e acúmulo do N, P e S pelas culturas (MALAVOLTA, 1982).

2.3.5. Funções

O S é constituinte dos aminoácidos cisteína, metionina, além da cisteína, que é a sua “porta de entrada” em compostos orgânicos e, do glutathione, um triptídeo formado pela condensação de glutamina, cisteína e glicina. Este desempenha várias funções na planta como a manutenção de tiois, inclusive da cisteína e da ferredoxina na forma reduzida. Tiamina, biotina e CoA são coenzimas de baixo peso molecular essenciais para o metabolismo quando ligadas a apoenzimas (proteínas) determinadas. As ferredoxinas, proteínas que contém Fe e não apresentam o grupo heme, participam de vários processos de transferência eletrônica na fotossíntese, FBN e outros. As tioredoxinas são proteínas pequenas que servem como redutores em processos como a fotossíntese (THOMPSON et al., 1986 apud MALAVOLTA, 2006).

2.3.6. Principais fontes de S

Existem várias fontes de S no mercado, dentre as principais estão Enxofre elementar, Sulfato de cálcio (gesso ou fosfogesso), Superfosfato Simples, Sulfato de amônio, Sulfato de potássio, Sulfato de magnésio, Fosfato parcialmente acidulado, Sulfonitrato de amônio, e alguns Termofosfatos.

2.3.7. Enxofre na cafeicultura

No café, o sabor doce desejável detectado pelo painel organoléptico da OIC é conseqüência da presença de açúcares nos grãos após a torração. Os açúcares juntamente com os aminoácidos sulfurados, são responsáveis pela cor caramelo desejável no café, obtido pelas reações de caramelização (PEREIRA, 1997 apud NOGUEIRA, 2001).

O S se tornou problema na cafeicultura com a degradação progressiva dos solos, ou seja, cada vez mais os solos estão se esgotando, principalmente devido a falta da matéria orgânica com as plantas apresentando cada vez mais sintomas de deficiência de S, uma vez que a matéria orgânica é a maior fonte natural nos solos. A exigência do cafeeiro em enxofre é semelhante ao P, mas pouca atenção tem sido dada devido ao seu fornecido por outras fontes (sulfato de amônio e superfosfato simples) e sua determinação laboratorial ser trabalhosa (GUIMARÃES; MENDES, 1997).

Quando o S não é fornecido por fontes como o sulfato de amônio ou superfosfato simples, o mesmo deve ser acrescentado ao cafeeiro na dose de aproximadamente 1/8 da dose de N, essa adubação pode ser dispensada se a análise de solo revelar teores no solo acima de 10 mg dm^{-3} de S (RAIJ et al., 1996).

2.3.7.1. Sintomas de deficiência de enxofre no cafeeiro

Por ser um nutriente pouco móvel na planta, os sintomas de deficiência ocorrem nas folhas mais novas, que por sua vez ficam amarelas (amarelo citrina), devido a falta de clorofila nos cloroplastos, pois o nutriente é componente de proteínas e participa da síntese de clorofila. Pode ocorrer também o encurtamento dos internódios e o desfolhamento da planta (GUIMARAES; MENDES, 1997).

Além disso, apresentam caule quebradiço, lenhoso, com crescimento paralisado, reduz o vingamento de flores, os frutos são descorados, fracamente esverdeados, com amarelecimento tardio (NOGUEIRA, 2001).

2.3.8. Relação do S com o P

A concentração de P nas proteínas varia entre 0,5 a 3,0% e é responsável pela relação de S, ou seja, o teor de P na folha está relacionado com o de S e vice-versa (MALAVOLTA, 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do experimento

O experimento foi realizado no período de setembro de 2007 a outubro de 2008, na Fazenda Grama, município de Guaxupé (MG), cujas coordenadas são: -21° 17' 05" (latitude) e 46° 38' 41" (longitude) e 988 m de altitude. O clima da região na época da do experimento pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5. Dados climáticos na região de Guaxupé.

2007/08	UR	Evapotranspiração	Precipitação	T°C x	T°C x	T°C x
	%	mm	mm	Máx.	Min.	média
Setembro	49,7	80,7	23,0	29,7	16,1	22,9
Outubro	58,0	89,6	103,8	30,6	18,1	24,3
Novembro	71,2	88,7	157,2	27,6	17,9	22,7
Dezembro	71,3	91,6	151,2	28,6	18,4	23,5
Janeiro	70,2	103,5	265,6	27,1	18,5	22,8
Fevereiro	67,6	94,5	178,4	28,1	18,5	23,3
Março	74,8	109,1	234,9	27,5	17,2	22,3
Abril	73,5	85,2	175,1	26,3	16,7	21,5
Maio	70,5	84,4	30,3	24,0	12,5	18,2
Junho	70,3	78,1	3,6	24,1	13,2	18,6
Julho	58,0	84,5	0,0	24,6	10,6	17,6
Agosto	59,0	86,5	12,2	27,2	14,2	20,7
Setembro	44,6	90,7	76,5	27,0	14,5	20,7
Outubro	69,0	56,0	118,0	28,0	18,0	23,0

Fonte: Adaptado de COOXUPÉ. Base de dados da estação meteorológica convencional.

O solo é um Latossolo Vermelho Eutrófico, declividade de 3% e elevado teor de argila (48%). Realizou-se análise de solo em diferentes profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm) para instalação do experimento (Tabela 6).

Tabela 6. Resultado análise de solo onde foi instalado o experimento.

	pH	M.O.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	Zn	Fe	Mn	Cu	B
cm	H ₂ O	dag kg ⁻¹	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³							%					
0-10	6,2	3,28	20,1	145	5,4	1,3	0,0	2,5	7,0	9,6	74	6,0	24	46	3,9	0,62
10-20	6,0	2,87	11,3	123	4,9	1,4	0,0	2,5	6,6	9,1	73	3,7	27	37	4,3	0,50
20-40	5,6	1,75	5,9	90	3,1	0,9	0,1	2,7	4,2	6,9	61	2,3	34	29	3,5	0,64

Fonte: Laboratório de Análise de Solos e tecido vegetal da EAFMuz

3.2. Variedade

A variedade de café utilizada foi o mundo novo IAC 379-19, com 44 anos de plantio, recém-recegado (29/08/2007) (Figura 1 e 2), mantendo-se 2 plantas por cova com 4 a 5 brotos. A lavoura está instalada em espaçamento de 4 m entrelinhas e 1,5 m entre as covas.

3.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições, com a aplicação dos tratamentos ocorrendo no dia 13/11/2007. As parcelas experimentais foram constituídos por 6 plantas (Figura 3). Os tratamentos utilizados foram de acordo com a dosagem de P₂O₅ e fonte, sendo:

- T1 = 0 kg P₂O₅ ha⁻¹
- T2 = 53,3 kg P₂O₅ ha⁻¹ (200 g cova⁻¹ de termofosfato – Yoorin / Mitsui);
- T3 = 106,5 kg P₂O₅ ha⁻¹ (400 g cova⁻¹ de termofosfato – Yoorin / Mitsui);
- T4 = 213 kg P₂O₅ ha⁻¹ (800 g cova⁻¹ de termofosfato – Yoorin / Mitsui);
- T5 = 426 kg P₂O₅ ha⁻¹ (1600 g cova⁻¹ de termofosfato – Yoorin / Mitsui);
- T6 = 852 kg P₂O₅ ha⁻¹ (3200 g cova⁻¹ de termofosfato – Yoorin / Mitsui);
- T7 = 1704 kg P₂O₅ ha⁻¹ (6400 g cova⁻¹ de termofosfato – Yoorin / Mitsui);
- T8 = 400 kg P₂O₅ ha⁻¹ (1333 g cova⁻¹ de superfosfato simples / Bunge);

A composição química do termofosfato da empresa Mitsui com nome comercial Yoorin Máster 1 S é 16,0% P₂O₅ total (12,0% solúvel em ácido cítrico), 16,0% Ca; 6,0% Mg; 6,0% S; 0,1% B; 0,05% Cu; 0,15% Mn; 0,55% Zn e; 9,0% Si. A composição química do Superfosfato Simples utilizado é 18% P₂O₅ solúvel em ácido cítrico; 18% Ca e; 14% S.



FIGURA 1. Lavoura a ser recepada. Guaxupé, MG



FIGURA 2. Lavoura recém recepada. Guaxupé, MG



FIGURA 3. Visão geral do experimento. Guaxupé, MG

3.4. Práticas culturais

Procedeu-se a capina das parcelas por meio de enxada na linha e roçada mecanizada na entrelinha. Para controle do bicho mineiro (*Leucoptera coffeola*), foi

feito à aplicação de 2 kg ha⁻¹ de Thiamethoxam (Actara 250 WG), principal praga do cafeeiro na região. A desbrota ocorreu nos dias 04/01 e 16/09 de 2008 deixando-se somente as hastes principais.

3.5. Avaliações

3.5.1. Análise do teor foliar dos elementos

Porcentagem de nutrientes concentrados nos tecidos, utilizando-se 25 folhas por tratamento, realizado no dia 13/03 e 28/10/2008.

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal da Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho (MG) para determinação dos teores dos nutrientes. A lavagem se deu em três etapas: água + detergente; água e; água deionizada. Em seguida foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar à 65°C por 48 horas e moídas em moinho tipo Willey com peneira de malha de 1,0 mm.

A digestão das amostras foi nitro-perclórica para todos elementos, exceto N e B via catalítica e via seca, respectivamente (SARRUGE; HAAG, 1974). Os métodos empregados foram: K (espectrometria de chama); P (colorimetria do metavanadato); S (turbidimetria do sulfato de bário); Ca, Mg, Zn, Cu, Mn e Fe (espectrofotometria de absorção atômica); B (colorimetria da azometina-H) e N (semimicro-Kjeldahl), descritos por Malavolta et al. (1997).

3.5.2. Análise de nutrientes no solo

Foi realizada a coleta das amostras de solo de cada tratamento no dia 16/09/2008, nas profundidades de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm em cada parcela.

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal da Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho (MG), as quais foram colocadas para secar ao ar, na sombra, e passadas em peneira com malha de 2 mm de abertura (TFSA). Os métodos empregados para analisar as amostras foram os seguintes (LOPES, 1999; EMBRAPA, 1997):

pH em H₂O; Carbono orgânico: Método Walkley & Black (via úmida com dicromato de K); Cálcio, Magnésio, Acidez trocável: Método KCL 1mol L⁻¹; Acidez potencial: Método SMP; Fósforo, Potássio, Zinco, Manganês, Ferro, Cobre - disponível: Método Mehlich (Extrato Sulfúrico); Enxofre - disponível: Método Hoeft et al. (Ba CL₂); Boro – disponível: Método água quente.

3.5.3. Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas pelo software SISVAR (1999, 2007), versão 5.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 300 dias após a aplicação (daa) verificou-se que as concentrações de P no solo aumentaram em relação a análise feita antes da implantação, exceto na testemunha e no tratamento 8 (10-20cm), além disso os teores permaneceram em maiores quantidades na camada de 0 a 10 cm o que pode ser explicado em função da sua baixa mobilidade no solo. Em todos os tratamentos, exceto o tratamento 1 (Testemunha) e tratamento 8 (10-20 cm), as concentrações de P avaliadas apresentaram-se acima da faixa ideal (Tabela 7) que é 20 mg dm^{-3} (MATIELLO et al., 2005).

Os tratamentos diferiram estatisticamente entre si, com um aumento na concentração de P conforme o acréscimo de P_2O_5 , exceto nos tratamentos 1, 2 e 3 (0; 53,3; 106,5 Kg de $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ respectivamente) e no tratamento 8 (400 kg $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) tanto na profundidade de 0 a 10, quanto de 10 a 20 cm.

O S no solo ao contrário do P, apresentou concentrações menores na profundidade de 0 a 10 cm, devido a sua mobilidade. Não houve diferença estatística nas duas profundidades e as concentrações encontradas estiveram acima da faixa ideal de 10 mg dm^{-3} (MATIELLO et al., 2005). Porém no tratamento 8 nota-se uma maior concentração de S no solo.

Tabela 7. Concentração de P e S em duas profundidades de solo cultivado com cafeeiro recepado aos 300 dias após aplicação de diferentes doses de P₂O₅ submetidos a duas fontes. Guaxupé, 2008.

Tratamentos	P		S	
	Profundidade(cm)			
kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	0-10	10-20	0-10	10-20
(kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	mg dm ⁻³			
T1 (0)	12,2 b	7,9 b	17,6 a	39,5 a
T2 (53,3) – TF	99,7 b	37,8 b	14,5 a	46,9 a
T3 (106,5) – TF	72,3 b	21,5 b	13,2 a	34,3 a
T4 (213) – TF	377,3 ab	51,8 b	10,7 a	32,8 a
T5 (426) – TF	450,6 ab	57,3 ab	16,0 a	42,9 a
T6 (852) – TF	748,5 a	82,3 ab	14,3 a	41,4 a
T7 (1704) – TF	802,8 a	133,2 a	10,5 a	29,8 a
T8 (400)–SFS	49,3 b	10,3 b	18,1 a	50,1 a
CV %	84,20	99,14	33,96	25,92

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo Teste de Duncan

T- Tratamento. TF- Termofosfato. SFS- Superfosfato Simples. C.V.-Coeficiente de variação.

Aos 120 dias após a aplicação avaliou-se os teores de P no 3^o e 4^o par de folha submetidos a diferentes doses de P₂O₅ no cafeeiro, os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 8) e ficaram acima e dentro dos níveis de 0,12 a 0,15 dag Kg⁻¹ considerados adequados por Matiello et al. (2005).

Já aos 350 daa os tratamentos com termofosfato apresentaram maiores níveis foliares, certamente devido ao sinergismo com Mg. Nesta avaliação houve diferença estatística, com incremento nas folhas nas maiores doses Tratamentos 6 e 7 (852 e 1704 kg P₂O₅ ha⁻¹, respectivamente), apesar disso, todas doses permaneceram em níveis altos.

Para o S no Tratamento 8 (400 kg P₂O₅ ha⁻¹) com Superfosfato Simples, aos 120 daa houve um incremento na folha. Os teores ficaram acima da faixa ideal de 0,15 a 0,20 dag Kg⁻¹ (MATIELLO et al., 2005)

O S não apresentou consumo de luxo, pois mesmo com altas doses do nutriente no solo a absorção não alcançou níveis tóxicos à planta.

Tabela 8. Teor foliar de P e S em brotos de cafeeiro recepado em duas épocas de diferentes doses de P₂O₅ submetido a duas fontes. Guaxupé, 2008.

Tratamentos	P		S	
	daa*			
Ddaddd	120	350	120	350
(kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	dag Kg ⁻¹			
T1 (0)	0,14 a	0,16 c	0,24 ab	0,22 ab
T2 (53,3) – TF	0,16 a	0,18 abc	0,21 b	0,22 ab
T3 (106,5) – TF	0,14 a	0,18 abc	0,24 ab	0,22 ab
T4 (213) – TF	0,13 a	0,17 bc	0,22 ab	0,20 b
T5 (426) – TF	0,14 a	0,18 abc	0,22 ab	0,24 a
T6 (852) – TF	0,15 a	0,19 a	0,22 ab	0,23 ab
T7 (1704) – TF	0,15 a	0,19 a	0,24 ab	0,23 ab
T8 (400)–SFS	0,13 a	0,17 bc	0,27 a	0,21 ab
C.V.%	13,93	6,19	13,56	8,40

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo Teste de Duncan

*dias após a aplicação. T- Tratamento. TF- Termofosfato. SFS- Superfosfato Simples. C.V.- Coeficiente de variação.

5. CONCLUSÕES

As altas concentrações de P no solo não interferiram nos teores foliares aos 120 dias após a aplicação(daa). Os níveis presentes no solo foram suficientes para que a planta desenvolvesse seu metabolismo.

350 daa, os tratamentos com Termofosfato tiveram maior incremento na folha, devido ao sinergismo com Mg.

Nessas condições experimentais o S do Superfosfato Simples apresentou absorção mais imediata quando comparado ao Termofosfato.

O S não apresentou consumo de luxo, pois mesmo com diferentes doses do nutriente no solo a absorção não diferiu estatisticamente entre si.

Este experimento deve ser conduzido por mais tempo, para realizar uma relação com a produção e bienalidade do cafeeiro.

Para as próximas avaliações é necessário avaliar o índice de enfolhamento da lavoura, P-remanescente, para a obtenção de melhores comparações.

Os trabalhos com P são recentes, portanto constata-se a necessidade de mais pesquisas na área.

REFERENCIAS

ALBUQUERQUE, C. **O fósforo e a vida**. Brasília: IBRAFÓS, 1986. 463 p.

CATANI, R. A.; GLORIA N. A.; VITTI, G. C. **Adsorção de sulfato pelo solo**. Piracicaba: USP, 1971. 246p.

COOPERATIVA REGIONAL DE CAFEICULTORES EM GUAXUPÉ LTDA (Cooxupé). **Meteorologia**. Guaxupé – MG. 2008. Disponível em < <https://www.cooxupe.com.br/meteorologia/> >. Acesso em: 04 nov. 2008.

CROCOMO, O. J.; MENARD L. N. **Distribuição de S³⁵ aplicado às folhas de plantas de café cultivadas em solução nutritiva**. Piracicaba: O Solo, 1961. 97p.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solo**: manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras:UFLA / FAEPE, 2005.183p.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G. C.; TOLEDO, P. M. R.; RIBEIRO, L. F. **Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque**. Brasília: Irrigação & Tecnologia Moderna, 2007. 61p.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G. **Nutrição mineral do cafeeiro**. Lavras: UFLA, 1997.631p.

GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ, V. V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C.; OLIVEIRA, J. A. **Cafeeiro**. In: RIBEIRO, C. R.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos do Centro-Oeste. In: OLIVEIRA, A. J.; LOURENÇO, S. ; GOEDERT, W. J. **Adubação fosfatada no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, 1982. 236p.

LOPES, A. S.; ALVAREZ, V. V. H. Apresentação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª**

Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

LOPES, A. S.; VASCONCELLOS, C. A.; NOVAIS, R. F. de. Adubação Fosfatada em algumas culturas nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. In: OLIVEIRA, A. J. de; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W. J. **Adubação Fosfatada no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, 1982. 236p.

LOTT, W. L.; MCCLUNG, A. C.; MEDCALF, J. C. **Deficiência de enxofre no cafeeiro**. São Paulo: IBEC, 1960. 23 p.

MALAVOLTA, E. **Nitrogênio e Enxofre nos Solos e Culturas Brasileiras**. São Paulo: SN Centro de pesquisa e Promoção Sulfato de Amônio, 1982. 59 p.

MALAVOLTA, E. Nutrição, Adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A. B. **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisas da Potassa e do Fosfato, 1986. 447p.

MALAVOLTA, E.; VOLANTE NETTO, A. **Nutrição Mineral, Calagem, Gessagem e Adubação dos citros**. Piracicaba: POTAFÓS, 1991.153p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição Mineral e Adubação do Cafeeiro**: Colheitas econômicas máximas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 200 p.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631p.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil**: novo manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2005. 438 p.

NOGUEIRA, F ,D.; SILVA, E. B.; GUIMARÃES, P. T. G. **Adubação Potássica do Cafeeiro**: sulfato de potássio. Washington: SOPID, 2001. 81p.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

OLIVEIRA, A. J.; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W. J. **Adubação fosfatada no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, 1982.236p.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J, A.; FURLANI A. M. C. (Ed). **Recomendações de Adubação e Calagem Para o Estado de São Paulo**: Boletim Técnico 100. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. 285p.

RAIJ, B. V. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto de Potassa e Fosfato; Instituto Internacional da Potassa, 1981.142p.

RIEDER, J. H. **Destinação nacional dos jazimentos fosfáticos**. Brasília: IBRAFÓS, 1986. 463p.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ. 1974.54p.