

Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho

Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura

Henrique Palma Neto

**EFEITO DA ADUBAÇÃO COM DIFERENTES FONTES E
CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO DISPONÍVEIS NO
SUBSTRATO DA MUDAS DE CAFEIRO**

Muzambinho
2008

Henrique Palma Neto

EFEITO DA ADUBAÇÃO COM DIFERENTES FONTES E CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO DISPONÍVEIS NO SUBSTRATO DA MUDAS DE CAFEIRO

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao Curso de Graduação, em Cafeicultura, da EAFMUZ, como requisito à obtenção do título de Tecnólogo em Cafeicultura.

Orientador: Prof Antonio Decarlos

Co-orientadora: Prof Anna Lygia de Rezende Maciel

MUZAMBINHO
2008

COMISSÃO EXAMINADORA

HELIO GALLO ROCHA

ANA LIGIA DE REZENDE MACIEL

ANTONIO DECARLOS

Muzambinho, ____ de junho de 2008

DEDICATÓRIA

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia a minha família pela fé e confiança demonstrada

Aos meus amigos pelo apoio incondicional

Aos professores pelo simples fato de estarem dispostos a ensinar

Aos orientadores pela paciência demonstrada no decorrer do trabalho

Enfim a todos que de alguma forma tornaram este caminho mais fácil de ser percorrido

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela oportunidade de estar realizando este trabalho

A minha família, pelo incentivo e colaboração, principalmente nos momentos de dificuldade.

Aos meus orientadores por estarem dispostos a ajudar sempre.

Agradeço aos meus colegas pelas palavras amigas nas horas difíceis, pelo auxílio nos trabalhos e dificuldades e principalmente por estarem comigo nesta caminhada tornando-a mais fácil e agradável.

TABELAS

TABELA 1: Tratamentos utilizados no experimento.....	29
TABELA 2: Fontes de variação e graus de liberdade da análise de variância do delineamento utilizado no experimento.....	30
TABELA 3: Coeficientes dos contrastes ortogonais utilizados para comparar as diferenças entre os tratamentos.....	31
TABELA 4: Teor médio (média de Bloco) do P disponível no substrato de cultivo, enriquecido com diferentes doses e fontes de P_2O_5 (Tratamentos), aos 6 meses da semeadura.....	32
TABELA 5: Contrastes ortogonais do teor de P disponível no substrato de cultivo, dos diferentes tratamentos do experimento, aos 6 meses da semeadura.....	33
TABELA 6: Índice de Disponibilidade Relativa de Fósforo no Substrato (IDRP), entre as fontes Termofosfato Magnésiano Yoorin e o Super Fosfato Simples, para cada doses de P_2O_5 estudada, aos 6 meses da semeadura.....	34

ANEXOS

FIGURA 1: Visão geral do experimento montado no viveiro comercial de mudas do Sr. Antonio Palma, no município de Cabo Verde - MG.....	39
FIGURA 2: Desplântio da muda do saquinho, para avaliação das características de crescimento.....	40
FIGURA 3: Parte aérea da planta sendo moída, após peso constante, para determinação dos teores de nutrientes na parte aérea.....	41
FIGURA 4: Preparo e secagem do substrato para análise química de cada tratamento do experimento.....	42

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 Qualidade de mudas.....	12
2.2 Viveiro e adubação.....	12
2.3 Fósforo no substrato.....	14
2.4 Fósforo.....	15
2.5 Formas no solo.....	16
2.6 Solubilidade e adsorção.....	18
2.7 Disponibilidade.....	19
2.8 importância do fósforo para a planta.....	20
3 ADUBAÇÃO.....	21
3.1 Adubação fosfatada.....	22
3.2 Avaliação da disponibilidade de fósforo.....	22
3.3 Termofosfatos.....	22
3.4 Tipos de termofosfatos.....	22
3.5 Superfosfato simples.....	23
4 SILÍCIO.....	24
4.1 O silício no solo.....	25
4.2 Aplicação de silicatos no solo.....	26
4.3 Eficiência de silicatos ou escórias na correção da acidez do solo.....	27
5 MATERIAL E METODOS.....	28
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
7 CONCLUSÃO.....	35
8 REFERENCIAS.....	36

EFEITO DA ADUBAÇÃO COM DIFERENTES FONTES E CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO DISPONÍVEIS NO SUBSTRATO DE MUDAS DE CAFEIRO

PALMA NETO, Henrique. Efeito da adubação com diferentes formas e concentrações de fósforo disponíveis no substrato de mudas de cafeeiros. 2008. 43 p. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) _ Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, 2008.

RESUMO

Este experimento foi instalado no viveiro de mudas de *Coffea arabica* (L.) cv “Catuaí - 144” em Cabo Verde - MG, tendo como objetivo comparar diferentes fontes e concentrações de P_2O_5 incorporadas ao substrato de cultivo da muda de café. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados (DBC), com doze tratamentos, três blocos e parcelas com oito plantas úteis. Os doze tratamentos originaram da combinação de seis concentrações de P_2O_5 com as duas fontes - o Termofosfato Yoorin Mg e o Super Fosfato Simples. Os seis primeiros tratamentos Y_0 ; Y_{250} ; Y_{500} ; Y_{750} ; Y_{1000} ; Y_{3000} constaram de 0 ; 250; 500; 750; 1000 e 3000 g de P_2O_5 /m³ de substrato, respectivamente, sendo utilizado como fonte de P_2O_5 o Termofosfato Magnésiano Yoorin Mg. Os demais tratamentos (S_0 ; S_{250} ; S_{500} ; S_{750} ; S_{1000} ; S_{3000}) constaram de 0; 250; 500; 750; 1000 e 3000 g de P_2O_5 /m³ de substrato, respectivamente, sendo utilizado como fonte de P_2O_5 o Super Fosfato Simples. Aos 180 dias após a instalação do experimento, determinaram-se as características químicas do substrato da muda de cada tratamento. Foi determinada também a eficiência relativa do Termofosfato Magnésiano Yoorin em relação ao Super Fosfato Simples, quanto a capacidade de disponibilizar P para o substrato da muda. Os resultados mostraram que o Termofosfato Magnésiano Yoorin Mg tem capacidade de disponibilizar 2,4 vezes mais P no substrato para a muda, quando comparado com a capacidade do Super Fosfato Simples em disponibilizar P para o substrato de cultivo da muda.

Palavras-chave: Café, viveiro, propagação, substrato, fertilização, termofosfato, fósforo.

ABSTRACT

PALMA NETO, Henrique. Effect the fertilize with different sources and concentrations in phosphorus available in the coffee cutting cultivation substrate. 43p. 2008. Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, 2008.

This experiment was carried out at the *Coffea arabica* (L.) cv “Catuaí - 144” nursery in Cabo Verde - MG, aiming at comparing different P_2O_5 sources and concentrations incorporated to the coffee cuttings cultivation substrate. A randomized – block design (DBC) with twelve treatments and three blocks with eight - useful plots. The twelve treatments originated from the combination of six doses of P_2O_5 with the two sources: the Magnesium Thermophosphate (Yoorin Mg) and the Simple Superphosphate. The six first treatments Y_0 ; Y_{250} ; Y_{500} ; Y_{750} ; Y_{1000} and Y_{3000} were made up of 0; 250; 500; 750; 1000 and 3000 g of P_2O_5 /m³ of substrate, respectively and had the Magnesium Thermophosphate (Yoorin Mg) as a P_2O_5 source. The six last treatments (S_0 ; S_{250} ; S_{500} ; S_{750} ; S_{1000} e S_{3000}) were made of substrate respectively and had the Simple Superphosphate as a P_2O_5 source. At the end of the experiment (six months of sowing), the chemical characteristics of the coffee cuttings substrate from the each treatment were determined. The relative effectiveness of Magnesium Thermophosphate (Yoorin Mg) was also determined in relation to Simple Superphosphate as to its ability to provide P to the plants substrate. The results showed that the Magnesium Thermophosphate (Yoorin Mg) is able to provide 2,4 times more P in the cutting substrate when compared to the Simple Superphosphate ability to provide P to the cutting cultivation substrate.

Key Words: Coffee, nursery, propagation, substrate, fertilization, thermophosphate, phosphorus.

1 INTRODUÇÃO

Existe uma grande necessidade da cafeicultura mundial em aumentar sua eficiência produtiva, acompanhada pela redução de custos e maior competitividade. Para isso é necessário a adoção de novas técnicas que proporcionem melhor qualidade principalmente no que se refere à produção de mudas, que devem ser saudáveis e com bom desenvolvimento radicular e uma boa relação aérea/raiz e para que isso ocorra é necessário que se haja principalmente uma adubação equilibrada para que esta desempenhe no campo todo seu potencial.

O sistema de produção de mudas adotado deve ser adequado de forma a não proporcionar somente um bom desenvolvimento das mudas no viveiro, como também, no campo (ALVARENGA et al., 2000; GUIMARÃES et al., 1998; MATIELLO et al., 2005).

Qualquer deficiência com relação à qualidade das sementes ou mudas poderá acarretar grandes prejuízos econômicos, tendo em vista ser uma lavoura perene. A forma mais comum de produção de mudas de cafeeiros é a utilização de sacos plásticos (polietileno) com substratos compostos de solo e esterco bovino, enriquecidos com adubos químicos, geralmente superfosfato simples.

Partindo desse princípio surgiu a necessidade de se buscar alternativas para o principal problema para se obter uma muda de qualidade; no que se refere ao desenvolvimento do sistema radicular, buscar outras formas alternativas de P, para proceder-se a fertilização do substrato no plantio de mudas de café, com disponibilização gradual, obtendo-se mudas com qualidade adequada para o plantio.

Portanto, este experimento tem como objetivo comparar diferentes doses de P_2O_5 incorporado ao substrato de cultivo para obtenção da muda de café, utilizando como fonte de P_2O_5 o Termofosfato Yoorin Mg e o Super Fosfato Simples.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1 QUALIDADE DAS MUDAS

Mudas de boa qualidade devem ter, primeiramente, um sistema radicular bastante desenvolvido, necessário para suprir as exigências nutricionais e de água. Além disso, a muda deve apresentar um caule com internódios não muito longos e uma área foliar sem perdas (MATIELLO et al., 2005). Uma maior área foliar, no início de desenvolvimento da muda, mantendo-se uma boa relação raiz/parte aérea, é importante para uma maior interceptação da energia luminosa e sua conversão em carboidratos, necessários ao crescimento da planta (LARCHER, 2004). No entanto, a formação de mudas de boa qualidade depende, primeiramente, da qualidade inicial das sementes (ALVARENGA et al., 2000).

A disponibilidade de nutrientes para as plantas influi na produção e na qualidade fisiológica da semente, por afetar a formação do embrião e dos órgãos de reserva, assim como a composição química e, conseqüentemente, o metabolismo e o vigor (CARVALHO, NAKAGAWA, 2000). Sendo as reservas das sementes responsáveis pela nutrição das plântulas, no estágio inicial de crescimento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; MAGUIRE, 1962), uma maior quantidade de reservas acumuladas pode resultar em maior vigor e velocidade de crescimento inicial das plantas. Mauri et al. (2005) verificaram que uma melhor nutrição mineral das plantas matrizes poderá influenciar positivamente na germinação e vigor das sementes e, conseqüentemente, proporcionarem mudas mais vigorosas e de melhor qualidade.

2.2 VIVEIROS E ADUBAÇÃO

Os viveiros de café são locais onde as mudas são formadas, por um período de 6-12 meses, dependendo do tipo de muda desejado.

A adubação básica, normalmente, é efetuada na preparação do substrato, sendo, efetuados complementos, se necessários, observando o desenvolvimento

das mudas e sintomas de carência, aplicando-se os nutrientes indicados via irrigação ou via foliar. No substrato de mudas de sacolinhas, as mais comuns para café, se utiliza uma composição de terra, mais esterco, mais adubo químico.

Como a terra empregada é quase sempre pobre, pois se usa retirar de barrancos ou raspar a superfície, para reduzir sementes e nematóides, recomenda-se uma adubação mais ou menos padrão; substrato recomendado para a produção de mudas de café é composto por solo (70%) e esterco de curral (30%) (v/v), enriquecido com fertilizantes químicos, 3-5 kg de superfosfato simples (ou outra fonte de fósforo solúvel, com ajustes de P_2O_5), mais cerca de 0,5 kg de cloreto de potássio por metro cúbico de substrato ou 1000 litros. Com esterco de galinha pode-se reduzir a proporção para 8-10%, e para torta de mamona usar cerca de 5%.

A matéria orgânica é importante para melhorar a física do substrato e liberar nutrientes lentamente, porém não é imprescindível, exigindo, no caso de sua ausência, maiores cuidados nutricionais complementares. Raramente se usa calcário, na base de 0,5-1,0 kg/ metro e deve-se ter cuidado com doses excessivas, especialmente de calcário calcinado e mesmo termofosfatos, os quais, em doses elevadas, podem corrigir demasiadamente o pH e causar muita deficiência de micronutrientes nas mudas.

Quando se utiliza esterco já corrigidos para o substrato de mudas é indicado efetuar análise de solo, para evitar a colocação de excessos de nutrientes. No caso do fósforo do solo apresentar acima de 20ppm pode-se dispensar o adubo fosfatado.

Os micronutrientes normalmente são considerados presentes no esterco, porém, em casos de carências, pode-se aplicar pulverizações com caldas (as mesmas usadas nos cafezais), contendo zinco, boro, cobre, etc. Em casos de deficiências graves de boro, quando as mudas ficam com as folhas miúdas, muito comum em substrato com pH alto, por excesso de correção ou por água de irrigação alcalina, pode-se regar com uma calda de ácido bórico. Para corrigir pH alto usa-se irrigações com sulfato de amônia ou com chorume de esterco. Caso se constate carências de cálcio e magnésio pode-se regar ou pulverizar com fontes solúveis do nutriente, sendo comuns o cloreto de cálcio e o sulfato de magnésio.

Para as mudas com substratos artificiais, como as que são produzidas em tubetes ou bandejas, é mais indicado usar adubos de lenta liberação, na mistura do substrato, sendo os mais comuns o osmocote, o basmacote, o endurene e o ciclus

substrato. Eles contem NPK, devendo-se escolher formulações com liberação prevista de cerca de 6 meses. As doses, normalmente são de 300-500 g por saca (55l) de substrato. Nas complementações, se necessárias, pode-se usar os mesmos procedimentos de mudas de sacolinhas, usando os nutrientes em regas ou pulverizações. Deve-se tomar cuidado quando as mudas de tubetes estiverem maiores, pois, através de regas, é difícil fazer a calda nutriente entrar no substrato do tubete, já que as folhas das mudas fazem uma espécie de guarda-chuva. Antes de irem para o campo pode-se adotar uma prática que se usa em eucalipto, consistindo em mergulhar as bandejas, com os tubetes de mudas, dentro de uma solução nutricional, usando-se comumente, adubos fosfatados, para estímulo inicial das raízes no campo.

Não é indicado o forçamento do crescimento das mudas, através de aplicações excessivas de N, prática muito adotada por viveiristas comerciais, pois, assim, vão ser produzidas mudas bonitas em cima, mas desequilibradas em seu sistema radicular. Quando necessário, indica-se usar cerca de 20-50g de fórmula 20-0-20 ou similar por regador, molhando bem, para a calda chegar até o solo das mudas, um regador de 10l dando para adubar cerca de 2m de canteiro.

2.3 FÓSFORO NO SUBSTRATO

A fertilização do substrato de mudas de café com qualidade é um dos mais importantes fatores, pois, além de promover o crescimento e o desenvolvimento das mudas no viveiro, pode influenciar no seu estabelecimento no campo (MELO 1999).

Na fertilização do substrato, destaca-se a importância do fósforo. Quando esse nutriente encontra-se ausente no substrato, ou não é fornecido na adubação em quantidade suficiente, o sistema radicular apresenta-se pouco desenvolvida, especialmente raiz secundária, reduzindo a capacidade de absorção de água e nutrientes, o que poderá ser limitante ao desenvolvimento das mudas recém-plantadas no campo (MALAVOLTA, 1980). As mudas parecem ser pouco eficientes na absorção de P, por apresentar sistema radicular reduzido e, ou por ter pequena capacidade de absorver esse nutriente. A disponibilidade de P é reduzida pela

fixação do P ao ferro, ao alumínio e ao cálcio que insolubilizam o P, reduzindo sua difusão até as raízes (MALAVOLTA, 1980).

A marcante resposta das plantas à nutrição fosfatada no estágio inicial pode estar relacionada ao papel do P na síntese de proteínas, por constituir nucleoproteínas necessárias à divisão celular, atuar no processo de absorção iônica, além de ter grande influência sobre o desenvolvimento do sistema radicular (MALAVOLTA, 1980).

No processo de produção de mudas de cafeeiro, tem-se utilizado os fertilizantes fosfatados com alta solubilidade, o que pode facilitar a fixação deste nutriente pelo solo.

2.4 FÓSFORO

O Fósforo é indispensável para todo o ciclo da planta, pois entra na fotossíntese, na respiração e principalmente na formação das raízes dos cafeeiros novos. Mas, nem sempre, essa substância está disponível para ser absorvida pela planta. Quando ocorre a fixação do fósforo, cafeeiro é impossibilitado de aproveitá-lo. O fósforo se liga a outros elementos, principalmente o alumínio, formando o fosfato de alumínio, que é insolúvel e a planta não consegue absorver. Nesse sentido, a calagem é uma providência de vital importância uma vez que, em solo ácido, o fósforo não fica livre para o cafeeiro. Somente se o solo apresentar um pH acima de 5,5 é que a planta terá boas condições para absorvê-lo.

O solo compactado ou "solo adensado", cuja característica principal é o aumento da quantidade de partículas sólidas e a diminuição do volume de poros, também pode contribuir com as deficiências de fósforo dos cafeeiros. É que além de ter sua quantidade de poros diminuída, esse tipo de solo também apresenta uma baixa ocorrência de microvida, ou seja, microorganismos capazes de fazer arejamento da terra e a transformação de matéria orgânica em húmus. Além disso, essas bactérias fazem uma infinidade de reações químicas, liberando esse fósforo que estaria "preso" ao ferro e ao alumínio, comuns aos solos ácidos, para que esse fósforo possa ser absorvido pelas raízes. Por isso, além de manter o solo em boas condições, com seu pH corrigido e em perfeito equilíbrio através da calagem, é

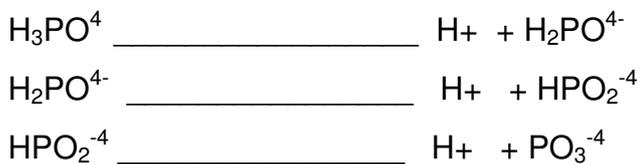
importante que o cafeicultor faça também a descompactação e a adubação com matéria orgânica.

O fósforo é dos três macronutrientes, o que é exigido em menores quantidades pelas plantas, porém trata-se do nutriente mais usado em adubação no Brasil. Isso ocorre devido à carência generalizada do nutriente nos solos brasileiros e, também, porque o elemento tem forte interação com o solo.

Assim, ao estudar o fósforo, torna-se necessário conhecer as interações do elemento com o solo e compreender a dinâmica das formas disponíveis para as plantas. Este conhecimento é indispensável para se avaliar a disponibilidade do nutriente no solo e para orientar a prática da adubação fosfatada.

2.5 FORMAS NO SOLO

O fósforo encontra-se na solução do solo como íons ortofosfato, forma derivada do ácido ortofosfórico, H_3PO_4 . Que em uma solução pode se dissociar desta maneira:



Nas reações de equilíbrio, nos solos ácidos predomina a forma $H_2PO_4^-$. O íon HPO_4^{2-} começa a ocorrer em maiores proporções com pH acima de 6, sendo que na fase sólida do solo o fósforo combina, como ortofosfato, principalmente com metais como o ferro, alumínio e cálcio, ocorrendo também na matéria orgânica. Mesmo em combinações orgânicas, predomina o $H_2PO_4^-$ como grupamento central dos fosfatos.

O fósforo orgânico do solo ocorre em teores proporcionais aos teores da matéria orgânica, podendo citar a relação C: P de 50:1 como ordem de grandeza. Vários compostos de fósforo foram identificados na matéria orgânica dos solos, predominando os fosfatos de inositol, fosfolipídeos e ácidos nucleicos.

A proporção dos compostos inorgânicos de fósforo, com ferro, alumínio e cálcio (e outros metais em menor proporção), é condicionada pelo pH e pelo tipo e quantidade de minerais existentes na fração de argila. Em solos ácidos, com predomínio de caulinita e óxidos de ferro e alumínio, são mais importantes as

combinações de fósforo com ferro, alumínio, enquanto em solos neutros ou calcários aparecem mais fosfatos de cálcio de ordem elevada e baixa solubilidade.

Os minerais e compostos mais comuns encontrados em solos são strengita, vivianita, vavelita, variscita, fosfato dicalcico, fosfato octocalcico, hidroxiapatita e fluorapatita. Estes compostos são puros, contudo, existe uma diversidade muito grande de fosfatos. Em solos ácidos predominam os fosfatos de ferro, alumínio, enquanto os fosfatos de cálcio principalmente as apatitas, são mais freqüentes em solos alcalinos.

Alem das combinações complexas, o fósforo do solo pode encontrar-se em diferentes posições. Assim, o elemento pode estar na superfície das partículas do solo ou pode, também, estar dentro de partículas de óxidos de ferro.

Para que se possa entender como ocorre a absorção do fósforo é necessário entender como o fósforo atua no solo nas três frações: o fósforo em solução, o fósforo lábil e o não lábil.

O fósforo em solução é definido de maneira clara, embora seja de difícil determinação (dificuldade de extração da solução do solo). Comumente essa extração do fósforo é feita com água ou com soluções diluídas de cloreto de cálcio. Os teores de fósforo na solução do solo são em geral baixos, da ordem de 0,1mg/l de P, sendo quase sempre inferiores a esse valor, o que é decorrência da baixa solubilidade dos compostos de fósforo existente no solo e da alta capacidade de adsorção do elemento pelas partículas do solo.

O fósforo lábil esta em equilíbrio rápido com o fósforo da solução. Ele é representado por formas meta-estáveis de compostos de fósforo ainda mal formados. Essa forma de fósforo tem sido determinada através de troca isotópica com fósforo radioativo.

O fósforo não-lábil responsável pela maior parte do fósforo inorgânico do solo, é representado por compostos insolúveis e que só lentamente podem se transformar em fosfatos lábeis.

Os fosfatos lábeis e não-lábeis não conflitam com as formas inorgânicas de fósforo ligado ao cálcio, ferro e alumínio, qualquer dessas formas pode existir em estado mais ou menos lábil, dependendo do tempo de formação e das condições existentes no solo. Os teores totais de fósforo em solos variam de pouco mais de

zero, em solos muito arenosos, até valores de 2000 a 3000 U_g/g ou mais (0,2 a 0,3% de P). sendo o material de origem fator determinante.

O fósforo é um nutriente de baixa mobilidade no solo, devendo ser aplicado incorporado ao solo e o mais próximo das raízes. Os teores de fósforo, no solo, disponíveis são relativamente baixos, sua fixação na maioria dos solos é bastante elevada, principalmente em solos ricos em sesquióxidos de ferro e ou de alumínio e ácidos. (NOVAIS et. al. 2002).

2.6 SOLUBILIDADE E ADSORÇÃO

A solubilidade dos fosfatos de ferro e alumínio aumentam como o ph, enquanto a solubilidade dos fosfatos de cálcio aumentam no sentido oposto, com a diminuição do pH. Desta maneira, ocorre uma maior solubilidade do fósforo com pH em torno de 6,0, no caso de existência de vários compostos de fósforo, o que acontece em solos. A presença de impurezas e compostos mal cristalizados, presentes nos solos, resulta em uma solubilidade geralmente superior.

Os solos de regiões tropicais fixam o fósforo e por isso requerem a aplicação em quantidades elevadas do nutriente além do exigido pela planta.

O que comumente se denomina fixação, envolve dois processos: o de adsorção e o de imobilização. O primeiro começa quando se adicionam fosfatos solúveis, que ao reagirem com o solo são adsorvidos pelos colóides e passam a constituir o fósforo lábil ou o reservatório desse elemento no solo. Daí por diante é estabelecido em equilíbrio entre o fósforo da solução do solo e o fósforo lábil que é disponível para as plantas. Com o tempo, o fósforo lábil vai se transformando gradativamente em fósforo não-lábil, que não é mais disponível para as plantas e que constitui o fósforo imobilizado. Conhecer tal processo é de grande importância prática, pois resulta em diminuição da eficiência de fósforo aplicado ao solo em adubações. Segundo Barrow (1980) a magnitude e a velocidade de transformação do fósforo lábil em não-lábil dependem das propriedades químicas e físicas do solo, ocorrendo de forma lenta, dependendo do tempo e temperatura.

2.7 DISPONIBILIDADE

As plantas absorvem fósforo da solução do solo, contudo, os teores existentes na solução do solo, são em geral, muito baixos. Portanto, fica evidente a necessidade de reposição de fósforo em solução, o que se dá através da dissolução do fosfato lábil.

Ao se realizar uma adubação, os fosfatos adicionados ao solo dissolvem-se, passando para a solução do solo. Devido à baixa solubilidade dos compostos de fósforo formados no solo e à forte tendência de adsorção pelo solo, a maior parte do elemento passa para a fase sólida, onde fica em parte como fosfato lábil, passando gradativamente para fosfato não-lábil. O fosfato lábil pode dissolver-se, caso haja abaixamento do teor da solução, para manutenção do equilíbrio. O abaixamento do teor da solução dá-se principalmente pela absorção das plantas. Devido aos baixos teores de P em geral existentes no solo, a lixiviação do elemento nas águas de percolação é mínima.

Existem fertilizantes fosfatados que se dissolvem lentamente no solo, ou não se dissolvem, como por exemplo, os fosfatos naturais (que permanecem no solo, muitas vezes na forma não disponível), essa situação leva a estimativa errôneas de disponibilidade de fósforo.

Quando os fosfatos solúveis são adicionados ao solo, a maior parte do fósforo passa para a parte sólida, ocasionando aumento nos fosfatos lábeis e em solução. Com o tempo há um envelhecimento dos fosfatos lábeis, que vão adquirindo uma constituição mineralógica mais estável e de solubilização mais difícil. Com o passar do tempo a quantidade de fósforo lábil diminui, ou seja, os fosfatos solúveis adicionados ao solo apresentam sua eficiência diminuída ao longo do tempo. Este fato pode criar dificuldades na avaliação da disponibilidade de fósforo em solos que receberam aplicações recentes de quantidades elevadas de fosfatos solúveis.

As plantas absorvem o fósforo da solução do solo, quando se encontra em concentrações muito baixas, daí a grande necessidade de um sistema radicular extenso para a absorção desse elemento. Por maior que seja essa extensão, ampliada em muitas plantas pela infecção de micorrizas, o volume de solo que pode fornecer fósforo as raízes é apenas uma fração do volume total. Com a absorção do fósforo ocorre uma depleção de fósforo da solução em torno das raízes, e para que

a absorção tenha continuidade, o elemento deve dissolver-se da fase sólida e movimentar-se por difusão até a superfície das raízes. A difusão é afetada por diversas propriedades do solo, que podem aumentar ou diminuir a sua intensidade.

Tal situação explica a necessidade de existência no solo de quantidades de fósforo disponível acima do que a planta necessita, já que a maior parte não é acessível.

Fatores que diminuem a disponibilidade de fósforo no solo

- A) Fator intensidade= representado pela concentração de fósforo na solução do solo;
- B) Fator quantidade= representado pelo fósforo que pode passar a solução do solo, ou fósforo lábil;
- C) Fator capacidade ou, também, poder tampão de fósforo = representado pela condição do solo de poder manter ou restabelecer o fósforo em solução, em níveis adequados, através da dissolução do elemento da fase sólida;
- D) Fator difusão = representado pelas características que permitem aos íons fosfato migrar da superfície da fase sólida do solo, onde se dissolvem, até a superfície das raízes.

Alem dos aspectos do solo, existem diferenças entre espécies vegetais em aproveitar o fósforo do solo. Plantas de crescimento rápido e sistema radicular pouco desenvolvido aproveitam mal o fósforo do solo e necessitam de teores disponíveis elevados para bom desenvolvimento. Já plantas de ciclo longo e sistemas radiculares muito desenvolvidos aproveitam bem teores baixos de P disponível. Existem também características de espécies vegetais que favorecem o melhor aproveitamento do fósforo, tais como maior capacidade de absorção de cálcio, alteração do pH da rizosfera por absorção diferenciada de cátions e ânions e infecção com micorrizas que aumentam a superfície de absorção das raízes.

2.8 IMPORTÂNCIA DO FÓSFORO PARA A PLANTA

A captação da luz solar é a principal forma das plantas obterem energia. As folhas são responsáveis pela captação e estocagem dessa energia, que é utilizada para o crescimento e produção das culturas. No entanto, tais processos dependem também de um nutriente extremamente importante: o fósforo.

Os solos tropicais não apresentam, geralmente, grandes quantidades de fósforo "disponíveis", sendo necessário o fornecimento desse nutriente por meio de adubações, para a assimilação pelas plantas.

O fósforo não sofre redução dentro da planta, permanecendo no estado de alta oxidação em que foi absorvido. A maior parte do fósforo contida na planta esta localizada nas sementes e frutos , onde se acumula durante o desenvolvimento.

O fósforo é absorvido pelas raízes principalmente como íon ortofosfato (H_2PO_4^-). O fósforo é importante na formação do ATP (trifosfato de adenosina) que é a principal fonte energética da planta. Energia utilizada no transporte de assimilados, no armazenamento e transferência de energia, na divisão celular, no aumento das células e na transferência de informações genéticas (NOVAIS et. al. 1999; NOVAIS et. al. 2002). O valor de pH igual a 6,3 é considerado o ideal para disponibilidade de fósforo para as plantas (MALAVOLTA, 1976).

3 ADUBAÇÃO

Como os solos fixam quantidades elevadas de fósforo , as fontes de fósforo solúvel devem ser aplicadas de forma localizada. Solos que vêm sendo adubados com fósforo há décadas, podem continuar a precisar de aplicações constantes do elemento, superiores às extrações pelas colheitas. E solos muito carentes de fósforo, não atingem produções razoáveis enquanto não recebem aplicações relativamente elevadas de fósforo. A adubação de correção é na realidade em investimento no solo, já que proporcionara produtividades boas.

Quer o solo tenha recebido ou não a adubação corretiva, faz-se necessária a adubação fosfatada anual, de forma localizada, chamada de manutenção, embora as quantidades aplicadas sejam em geral maiores do que as exportações de fósforo pelas culturas.

3.1 ADUBAÇÃO FOSFATADA

A indústria mundial de adubos fosfatados em como base principal depósitos de fosfatos minerais constituídos comumente de fosfatos de cálcio, compostos de flúor e diferentes minerais . A riqueza em fósforo é expressa pelo seu percentual de P₂O₅ (pentóxido de fósforo).

3.2 AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE FOSFORO

De um modo geral a análise de solo , aliada ao histórico da área, vem sendo usada como critério para diagnosticar a disponibilidade de fósforo e em algumas regiões seu uso remonta a mais de 50 anos, utilizando-se de técnicas e procedimentos diversos.

3.3 TERMOFOSFATOS

O tratamento térmico de fosfatos naturais procura desfazer a rigidez estrutural da apatita tornando mais solúvel o seu fósforo. Para isso basta desalojar o F sendo necessário promover a aceitação do P₂O₅ pela sílica ou sais alcalinos o que da origem a outros fosfatos mais facilmente assimiláveis.

3.4 TIPOS DE TERMOFOSFATOS

Fosfato rhenania : é obtido através da fundição de fosfato natural, carbonato de sódio e fenolito (rocha eruptiva rica em sílica e feldspatos alcalinos).

Fosfato rochiling: resíduo da fabricação de aço, é calcinada com fosfato natural dando um produto com 14-18% de P₂O₅.

Termofosfato Magnésiano Yoorin Mg é um fertilizante fosfatado obtido através de tratamento térmico de rochas fosfatadas com ou sem adição de outras matérias primas. Estes fertilizantes têm como característica, não serem higroscópico, portanto não empedra e não sofre deterioração. É insolúvel em água, totalmente solúvel em ácido cítrico e compatível com a maioria dos fertilizantes, atuando também como

corretivo de acidez do solo. O Yoorin é um fertilizante fosfatado obtido pelo processo de fusão que contém fósforo, cálcio, magnésio e micronutrientes silicatados de alta eficiência agrônômica. O fosfato natural, enriquecido com silicato de magnésio, é derretido num forno elétrico à temperatura de 1500 °C. O produto incandescente obtido é submetido a um choque térmico com jato de água e depois de seco e moído, é ensacado.

Os componentes do Yoorin são de alta eficiência nutritiva, de reação rápida e efeito duradouro. A presença de silicato em sua fórmula diminui a fixação do fósforo e dos excessos de alumínio e manganês, reduz a incidência de doenças e pragas, mantém o balanço hídrico e aumenta a atividade fotossintética. Yoorin torna-se solúvel em contato com os ácidos fracos do solo e das raízes, disponibilizando os elementos de acordo com a necessidade da planta. Além disso, Yoorin é um excelente beneficiador e revitalizador do solo com efeitos corretivos que satisfazem principalmente solos ácidos.

A utilização do Termofosfato Magnésiano Yoorin Mg como fonte de fósforo, tem mostrado ter alta eficiência agrônômica (GOEDERT et. al. 1986). Esta alta eficiência ocorre, devido a disponibilização gradual do fósforo (Termofosfato), e pela presença do silicato em sua fórmula, o que possibilita a diminuição da fixação do fósforo no solo, principalmente em solos ricos nos argilos-minerais, do tipo sesquióxidos de ferro e ou de alumínio

3.5 SUPERFOSFATO SIMPLES

A aplicação do Superfosfato Simples, além de ceder fósforo para a planta, cede ainda o enxofre, que também pode ser obtido via sulfato de amônio. Mas o sulfato de amônio é um dos elementos mais acidificantes do solo, embora não seja impróprio usá-lo desde que tomados os devidos cuidados. Solos ácidos, ou seja, carentes de cálcio e magnésio, influem negativamente na produtividade dos cafezais do Brasil. A maior parte dos cafezais do país está implantada em áreas com Ph (nível de acidez) abaixo do normal, que é de aproximadamente 5,5 (quanto menor for o número do Ph, maior é a acidez do solo). O uso maciço de adubos nitrogenados sem a devida correção do Ph do solo, além de levar ao decréscimo da produção cafeeira, pode acelerar ainda mais essa acidez causando desequilíbrios

nutricionais e perdas consideráveis no aproveitamento dos fertilizantes NKP (nitrogênio, potássio e fósforo).

O supersimples é obtido pela reação entre o fosfato natural finamente moído e o ácido sulfúrico. Isso faz o fósforo de baixa solubilidade, presente no fosfato natural, sofrer modificações em sua estrutura química, dando origem a um produto de alta solubilidade em água e eficiência agrônômica.

O fósforo contido no supersimples é disponibilizado de imediato no solo. Assim, garante que haja quantidades adequadas de fósforo desde o início do ciclo das culturas, proporcionando condições para a correta formação do sistema radicular das plantas.

A presença de Ca e S na forma de sulfato de cálcio (gesso), possibilita a melhoria da fertilidade do solo em subsuperfície, contribui na redução do alumínio tóxico e proporciona condições mais favoráveis ao enraizamento das plantas.

4 SILÍCIO

O silício (Si) é o segundo elemento em maior abundância na crosta terrestre, perdendo, apenas para o oxigênio. Ele se acumula nos tecidos de todas as plantas, representando entre 1% a 10% da matéria seca das mesmas. Esse elemento ainda não foi considerado como nutriente das plantas, porque sua função ainda não foi esclarecida (EPSTEIN, 1999). Entretanto, mesmo não sendo em elemento essencial para as plantas, sua absorção traz inúmeros benefícios. São reconhecidas as suas influências na resistência da planta ao ataque de insetos, nematóides, bactérias e fungos, na melhoria do estado nutricional e redistribuição dos nutrientes, na redução da transpiração e também em alguns aspectos da eficiência fotossintética.

Aubos contendo silício são atualmente usados em vários países e esse elemento tem sido considerado chave para a sustentabilidade, não apenas da agricultura convencional, mas também da agricultura orgânica e /ou biodinâmica.

As principais características de uma boa fonte de silício para fins agrícolas são: alto conteúdo de Si solúvel, facilidade para aplicação mecanizada, boas relações e quantidades de Ca e Mg, baixo custo e ausência de potencial de contaminação do solo por metais pesados. Para suprir essas demandas, há necessidade de se investigar e identificar as fontes mais promissoras de Si e o efeito de suas reações

com ácidos orgânicos, para tornar disponível a sua absorção pelas plantas, somando às características acima mencionadas.

4.1 O SILÍCIO NO SOLO

O silício é o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre, superado apenas pelo oxigênio. Ocorre principalmente como mineral inerte das areias, quartzo (SiO_2 puro), caulinita, micas, feldspato e outros argilominerais silicatados (MENGEL e KIRKBY;1987).

O silício está presente na solução do solo na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4), grande parte na forma dissociada, facilmente absorvido pelas plantas (RAVEN, 1983). Por isso, apesar de se um ácido, o Si se comporta como base, sendo representado por alguns autores como $\text{Si}(\text{OH})_4$ ao invés de H_4SiO_4 (SAVANT et al;1997). O ácido silícico é a única forma disponível de silício para as plantas, porém vários fatores podem influenciar o seu teor no solo, bem como aumentar sua disponibilidade. Como exemplo, podemos citar a adição de fertilizantes silicatados, água de irrigação, dissolução de ácido silícico polimérico, liberação de silício dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, dissolução de minerais cristalinos e não cristalinos e decomposição de resíduos vegetais. Os principais drenos são: absorção pelas plantas, formação de polímeros de silício, lixiviação, formação de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio e formação de minerais cristalinos (SAVANT et al;1997).

Nos solos o silício aparece principalmente no quartzo (SiO_2), e na caulinita, sendo que os teores de Si na fração de argila podem variar de acordo com o grau de intemperismo, ou seja, com o aumento do grau de intemperismo ocorrem alterações no mineral primário, que associado à lixiviação causa perda de elementos solúveis como Ca, Mg, Na, K entre outros que acabam por dessilificar esses minerais.

Segundo Epstein (1994), a concentração de silício no solo pode variar de 3 a 17 mg L^{-1} , sendo que o equilíbrio químico do elemento no solo depende principalmente do pH.

As fontes de silício utilizadas comercialmente são metassilicatos de sódio e de potássio (preferidos devido a sua alta solubilidade) e ácido silícico (com características semelhantes). Outra opção seria a utilização de escórias de

siderúrgicas, que além de apresentarem boa fonte de silício, são de baixo custo, podendo ser utilizadas como corretivos de solos, devido a sua basicidade (DATNOFF, 2001). A wollastonita (silicato de cálcio natural) é muito empregada em trabalhos de pesquisa, por ser livre de contaminantes como ferro e fósforo (RODRIGUES, 2000).

Plantas das famílias Poaceae, Cyperaceae e Equisitaceae, possuem altos teores de Si na matéria seca; sendo considerado essencial para algumas plantas, embora suas características não se enquadrem nos conceitos de essencialidade estabelecidos em nutrição de plantas (GRENN, 1979). Apesar disto, inúmeros benefícios agrônômicos são atribuídos ao Si, sendo considerado como elemento benéfico ou útil (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER,1995), ou ainda considerado quase-essencial (BLOOM,2006).

4.2 APLICAÇÃO DE SILICATOS NO SOLO

O silício ocorre naturalmente no solo, em quantidades consideráveis, no entanto o cultivo consecutivo de pode reduzir os teores desse elemento a um ponto a que seja necessário a adição do elemento por meio de adubação. As análises de folhas e de solo são ferramentas importantes para a recomendação de Si para plantas. Segundo korndörfer et al (2001) solos que apresentem valores inferiores a $0,5\text{mol L}^{-1}$, são os que apresentam melhor resposta a aplicação de Si. Quanto mais Si for absorvido pelas plantas, maiores são as chances de se obter resultados positivos e/ou benéficos no controle de pragas e doenças e na produtividade da cultura (KORNDÖRFER et al; 2004). Ainda não se constatou efeito tóxico, portanto não existe limite técnico para aplicação desse insumo. O limite somente ocorre quando se leva em consideração o efeito corretivo e a relação custo/benefício, isto é, doses excessivas podem provocar aumentos do pH, causando desequilíbrios nutricionais e deficiências de micronutrientes (Cu, Fe, Zn e Mn) e P, devido as reações de insolubilidade.

Na escolha das fontes de silício deve-se tomar cuidado com o teor de metais pesados, visto que algumas vezes , estes aparecem em altas concentrações, o que poderia causar sérios danos ao meio ambiente.

As características consideradas ideais de uma fonte de Si para fins agrícolas são: alta concentração de Si- solúvel em água ou soluções de ácidos orgânicos, boas propriedades físicas, facilidade de aplicação, disponibilidade para as plantas, boa relação e quantidades de cálcio e magnésio, baixa concentração de metais pesados e baixo custo.

4.3 EFICIENCIA DE SILICATOS OU ESCORIAS NA CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO

OBTENÇÃO DE ESCORIAS: as escorias são produtos fundidos pela ação do fundente sobre impurezas do minério de ferro e do combustível, ou sobre as impurezas oxidáveis do metal (Pereira, 1978).

Segundo Malavolta (1994), existem vários tipos de escorias como escorias de alto-forno, escorias de ferro-gusa e escorias de Thomas, onde geralmente são encontrados Ca, Mg e Si e outros nutrientes como Fe, Mn, Cu, Co, Mo, Zn e B em baixos teores, dependendo da fusão e da basicidade da escória.

AÇÃO CORRETIVA DA ESCÓRIA: no Brasil o material mais utilizado como corretivo é o calcário, em razão de sua abundância. todavia a utilização de resíduos siderúrgicos é uma alternativa viável .

Valadares (1974) relata em suas pesquisas com escorias o efeito corretivo de acidez do solo e também como fonte de nutriente para as plantas. A escoria , com silicato de cálcio, apresentou poder de redução da atividade hidrogeniônica.

Estudos dos efeitos da adubação silicatada em substituição à calagem em mudas de cafeeiros, indicou que a aplicação de silicatos é eficiente e não representa riscos para a planta (PEREIRA et al; 2006).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado no dia 12 de julho de 2007, no viveiro comercial de mudas do Sr. Antônio Palma, localizado no município de Cabo Verde em Minas Gerais (Figura 2). Como material vegetativo, foi utilizada semente certificada de *Coffea arabica* (L.), da cultivar “Catuaí - 144”.

Foi utilizado um único substrato composto por 70 % (v/v) de terra peneirada de solo; 30 % (v/v) de esterco de curral bem curtido e peneirado, 1,0 Kg de KCl/m³ de substrato e enriquecido com as diferentes concentrações de P₂O₅ conforme os tratamentos do experimento.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com 12 tratamentos. Os tratamentos originaram da combinação de 6 doses de P₂O₅ com duas diferentes fontes. Os seis primeiros tratamentos constaram de 0; 250; 500; 750; 1000 e 3000 g de P₂O₅ /m³ de substrato, sendo utilizado como fonte de P₂O₅ o Termofosfato Magnésiano Yoorin Mg com 18 % de P₂O₅ Total e 7% de Mg. Os demais tratamentos constaram de 0; 250; 500; 750; 1000 e 3000 g de P₂O₅ /m³ de substrato, sendo utilizado como fonte de P₂O₅ o Superfosfato Simples com 20 % de P₂O₅ Total e 12% de S.

A Tabela 1 mostra os 12 diferentes tratamentos testados no experimento.

TRAT	IDENTIFICAÇÃO	DOSES DE P₂O₅ NO SUBSTRATO
..... g de P ₂ O ₅ / m ³ de Substrato
T1	Yoorin (Y₀)	0
T2	Yoorin (Y₂₅₀)	250
T3	Yoorin (Y₅₀₀)	500
T4	Yoorin (Y₇₅₀)	750
T5	Yoorin (Y₁₀₀₀)	1000
T6	Yoorin (Y₃₀₀₀)	3000
T7	Super (S₀)	0
T8	Super (S₂₅₀)	250
T9	Super (S₅₀₀)	500
T10	Super (S₇₅₀)	750
T11	Super (S₁₀₀₀)	1000
T12	Super (S₃₀₀₀)	3000

Tabela 1: Tratamentos utilizados no experimento

Os tratamentos com Yoorin receberam doses do fertilizante enxofre elementar, na proporção do enxofre contido nas doses equivalente com o Super Fosfatos Simples, com a finalidade de equilibrar o enxofre aplicado nos tratamentos. Os tratamentos com Super Fosfato Simples receberam doses do fertilizante óxido de magnésio (MgO), na proporção do MgO contido nas doses equivalente com o Termofosfato Magnesiano Yoorin Mg, com a finalidade de equilibrar o magnésio aplicado nos tratamentos.

O desenho experimental DBC contou com 3 blocos (3 repetições). Cada bloco contou com 12 parcelas (12 tratamentos), caracterizando nos 3 blocos um total de 36 parcelas (unidade experimental). As parcelas foram compostas por 24 plantas sendo oito delas úteis. A Tabela 2 mostra o resumo da análise de variância do experimento.

Tabela 2: Fontes de variação e graus de liberdade da análise de variância do delineamento utilizado no experimento.

FONTES DE VARIAÇÃO	GL
BLOCOS	2
TRATAMENTOS	11
RESIDUO	22
TOTAL	35

Os tratamentos culturais, foliares, fitossanitários e nutricionais de cobertura referentes à condução da muda no viveiro, foram realizados conforme a recomendação da 5ª aproximação da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS, sendo comuns a todos os tratamentos.

Aos 6 meses da semeadura, ao final do experimento, as mudas foram desplantadas dos saquinhos, sendo neste momento avaliada a altura, diâmetro do caule e altura do sistema radicular da muda, conforme mostrado na Figura 3. Posteriormente as plantas foram secas em estufa até peso constante para determinação da massa da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular da muda. Posteriormente a parte aérea da planta foi preparada para análise química em laboratório, para determinação dos teores de nutrientes (Figura 4).

Ao final do experimento aos 6 meses do plantio, foi retirada uma amostra do substrato de cada tratamento do experimento, para determinação das características químicas do substrato (Figura 5).

A partir da análise química do substrato, foi determinada a eficiência relativa do Termofosfato Magnesiano Yoorin em relação ao Super Fosfato Simples, quanto a capacidade de disponibilizar P para o substrato das plantas. Para tanto, foi calculado um Índice de Disponibilidade Relativa de Fósforo no Substrato (IDRP) do Termofosfato Magnesiano Yoorin em relação ao Super Fosfato Simples, para cada dose de P_2O_5 estudada. O cálculo do IDRP foi realizado a partir da seguinte expressão:

$$IDRP = \frac{(PY_x - P_{test})}{(PS_x - P_{test})} \times 100$$

Onde:

IDRP = Índice de Disponibilidade Relativa de P no Substrato para determinada dose x.

PYx = Teor médio de P disponível no substrato, que recebeu uma determinada dose x do termofosfato Yoorin.

PSx = Teor médio de P disponível no substrato, que recebeu uma determinada dose x do Super Fosfato Simples.

P test = Teor médio de P disponível no substrato dos tratamentos que não receberam as doses de P₂O₅. Onde: $P \text{ test} = \{(PY_0 + PS_0) / 2\}$

Foi utilizado o programa SISVAR para realização da análise de variância do experimento, sendo ajustados contrastes ortogonais para comparação dos diferentes tratamentos conforme é mostrado na Tabela 3.

Tabela 3: Coeficientes dos contrastes ortogonais utilizados para comparar as diferenças entre os tratamentos

TRATAMENTOS												
Contraste	Y ₀	Y ₂₅₀	Y ₅₀₀	Y ₇₅₀	Y ₁₀₀₀	Y ₃₀₀₀	S ₀	S ₂₅₀	S ₅₀₀	S ₇₅₀	S ₁₀₀₀	S ₃₀₀₀
C1	5	-1	-1	-1	-1	-1	5	-1	-1	-1	-1	-1
C2	0	1	1	1	1	1	0	-1	-1	-1	-1	-1
C3	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0

C1: $(5 \cdot Y_0 + 5 \cdot S_0)$ vs $(-Y_{250} - Y_{500} - Y_{750} - Y_{1000} - Y_{3000} - S_{250} - S_{500} - S_{750} - S_{1000} - S_{3000})$

C2: $(Y_{250} + Y_{500} + Y_{750} + Y_{1000} + Y_{3000})$ vs $(-S_{250} - S_{500} - S_{750} - S_{1000} - S_{3000})$

C3: (Y_0) vs $(-S_0)$

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste relatório estão sendo apresentados os resultados preliminares do experimento. A Tabela 4 mostra os resultados referentes aos teores médios (médias de blocos) de P disponíveis no substrato de cultivo das mudas, aos 6 meses da semeadura, sendo que a Tabela 5 mostra os resultados das análises dos contrastes ortogonais entre os teores de P disponível no substrato de cultivo dos diferentes tratamentos do experimento, aos 6 meses da semeadura.

Tabela 4: Teor médio (média de Bloco) do P disponível no substrato de cultivo, enriquecido com diferentes doses e fontes de P_2O_5 (Tratamentos), aos 6 meses da semeadura.

Tratamentos	Teor de P disponível no substrato
 mg de P / dm ³ de substrato
Y₀	22,59
Y₂₅₀	55,42
Y₅₀₀	87,13
Y₇₅₀	102,48
Y₁₀₀₀	134,26
Y₃₀₀₀	468,00
S₀	24,85
S₂₅₀	36,83
S₅₀₀	50,29
S₇₅₀	72,60
S₁₀₀₀	90,39
S₃₀₀₀	421,31

Tabela 5: Contrastes ortogonais do teor de P disponível no substrato de cultivo, dos diferentes tratamentos do experimento, aos 6 meses da semeadura.

Contraste	Teor de P disponível no substrato
 mg de P / dm³ de substrato
C1	-1471,26 **
C2	175,87*
C3	-2,26^{NS}

^{NS}, ** e * não significativo, e significativo a 1% e 5%, respectivamente , pelo teste F

C1: (5.Y₀ + 5.S₀) vs (-Y₂₅₀ -Y₅₀₀ -Y₇₅₀ -Y₁₀₀₀ -Y₃₀₀₀ - S₂₅₀ - S₅₀₀ - S₇₅₀ - S₁₀₀₀ - S₃₀₀₀)

C2: (Y₂₅₀ +Y₅₀₀ +Y₇₅₀ +Y₁₀₀₀ +Y₃₀₀₀) vs (- S₂₅₀ - S₅₀₀ - S₇₅₀ - S₁₀₀₀ - S₃₀₀₀)

C3: (Y₀) vs (- S₀)

Os teores médios de P disponível no substrato que receberam as doses de P₂O₅, foram significativamente superiores quando comparados com os dos tratamentos que não receberam as doses com P₂O₅ (Tabela 4), sendo mostrada na Tabela 5 a significância do contraste (C1) que mostra este efeito.

Os teores médios de P disponível no substrato que receberam as doses de P₂O₅, quando utilizou-se como fonte o Termofosfato Magnesiano Yoorin Mg, foram significativamente superiores, quando comparados com os dos tratamentos que receberam as doses de P₂O₅ com o Super Fosfato Simples (Tabela 4), sendo mostrado na Tabela 5 a significância do contraste (C2) que mostra este efeito.

Os teores médios de P disponível no substrato que não receberam as doses de P₂O₅, não mostraram diferenças significativas (Tabela 4), sendo mostrada na Tabela 5 a significância do contraste (C3) que mostra este efeito.

A tabela 6 mostra os resultados do Índice de Disponibilidade Relativa de Fósforo no Substrato (IDRP) do Termofosfato Magnesiano Yoorin Mg em relação ao Super Fosfato Simples, para cada doses de P₂O₅ estudada.

Pode ser observado na Tabela 6 que para a dose 250 e 500 g de P_2O_5/dm^3 de substrato, o IDRП foi de 241,7% e 238,6% respectivamente. Este valor mostra que o Termofosfato Magnésiano Yoorin Mg teve a capacidade de disponibilizar mais do que o dobro (2,417 e 2,386) de P no substrato, quando comparado com o Superfosfato Simples, nas doses 250 e 500g de P_2O_5/dm^3 de substrato. Esta maior eficiência do Termofosfato Yoorin em disponibilizar P manteve-se nas doses de 750, 1000 g de P_2O_5/dm^3 de substrato com ligeira queda (Tabela 6).

Tabela 6: Índice de Disponibilidade Relativa de Fósforo no Substrato (IDRP), entre as fontes Termofosfato Magnésiano Yoorin e o Super Fosfato Simples, para cada doses de P_2O_5 estudada, aos 6 meses da semeadura.

DOSES DE P_2O_5	IDRP
.....	%
0	-
250	241,7
500	238,6
750	161,1
1000	165,8
3000	111,7
DOSES DE P_2O_5	IDRP

5. CONCLUSÃO

Os resultados deste experimento mostram que a incorporação de P no substrato, utilizando como fonte o Termofosfato Magnésiano Yoorin Mg e o Superfosfato Simples, promoveram maior disponibilidade de P no substrato de cultivo da muda de café, durante o período de obtenção da muda no viveiro.

Os teores médios de P disponível no substrato adubado com o Termofosfato Magnésiano Yoorin Mg foram significativamente superiores, quando comparados com os tratados com o Super Fosfato Simples.

O Termofosfato Magnésiano Yoorin Mg mostrou ter uma maior eficiência em disponibilizar P, quando comparado com o Super Fosfato Simples. Pelos resultados obtidos neste experimento, o Termofosfato Magnésiano Yoorin Mg teve a capacidade de disponibilizar mais do que o dobro (2,417 e 2,386) de P no substrato, quando comparado com o Superfosfato Simples, nas doses 250 e 500g de P_2O_5/dm^3 de substrato.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOLETIM TÉCNICO 100. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo, por B. van Raij, H. Cantarella, J.A. Quaggio & A.M.C. Furlani. 2 ed. Ver. Atual. Campinas, Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p.

COELHO, F.S. & VERLENGIA, F. Fertilidade do solo. Campinas, Instituto Campineiro de ensino agrícola, 1973. 384p.

EPSTEIN M (1975) Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas.: USP/Livros Técnicos e Científicos, São Paulo.

FAQUIN V (1994) Nutrição mineral de plantas. ESAL/FAEPE, Lavras.

MALAVOLTA E (1980) Elementos de nutrição mineral de plantas. Ceres, São Paulo.

MALAVOLTA E (1986) Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: Rena A B,

Malavolta E, Rocha M, Yamada T (eds), Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. pp.165-275. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: Adubos e adubação. 2 ed. São Paulo: Agronomica Ceres Ltda, 1967. 607p.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: Adubos e adubação. 3 ed. São Paulo: Agronomica Ceres Ltda, 1981. 596p.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: Nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1976. 528 p.

MARSCHNER H (1995) Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, San Diego.

MATIELLO, José Brás; GARCIA, Antonio Wanderr, ALMEIDA, S.R/ Adubação racional na lavoura cafeeira, Varginha,2008, 114p.

MENGEL K, KIRKBY EA (1987) Principles of plant nutrition. 4th edn. Internacional Potash Institute, Berna.

NOVAIS, R.F. & ALVAREZ V., V.H. Sistemas de interpretação de análise de solo e recomendação de fertilizantes: muito simples ou muito complexo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., Santa Maria, 2000. Anais. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Universidade Federal de Santa Maria, 2000. CD-ROM

NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

NOVAIS, R.F.; PREZOTTI, L.C.; ALVAREZ V., V.H.; CANTARUTTI, R.B. & BARROS, N.F. FERTICALC - Sistema para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do café arábica. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. CD-ROM

NUTRI-FATOS: Informação agrônômica sobre nutrientes para as culturas. Associação brasileira para pesquisa do Potássio e do Fosfato, 2 páginas, s.d.a.

OLIVEIRA, Antonio Jorge de; LOURENÇO, Sidival; GOEDERT, Venceslau, J. Adubação fosfatada no Brasil. Brasília : Brasília, 1982. 326p.

QUINTA APROXIMAÇÃO - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais Antonio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Álvares V., editores. Viçosa , MG, 1999. 359p.

RAIJ, Bernardo Van. Fertilidade do Solo e adubação. São Paulo: Agronomica Ceres Ltda, 1991. 343p.

REIS, Thiago Henrique Pereira; et al. O silício na nutrição e defesa de plantas. Belo Horizonte: Epamig, 2007. 120p _ (EPAMIG – Boletim Técnico, 82).

ANEXOS

Figura 1: Visão geral do experimento montado no viveiro comercial de mudas do Sr. Antonio Palma, no município de Cabo Verde - MG.



Figura 2: Desplântio da muda do saquinho, para avaliação das características de crescimento.



Figura 3: Parte aérea da planta sendo moída, após peso constante, para determinação dos teores de nutrientes na parte aérea.



Figura 4: Preparo e secagem do substrato para análise química de cada tratamento do experimento.



