ESTUDOS SOBRE A REDISTRIBUIÇÃO DO ENXOFRE NO FEIJOEIRO
(*Phaseolus vulgaris* (L.) cv. Carioca)

JOÃO SUZUKI

Orientador : *Euripedes Malavolta*

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de Mestre
em Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Setembro, 1980

Grande é a ciência.

Grandes são os homens que a praticam.

Grande também deverá ser o amor e a humildade
presente em nossos corações, para cumprirmos
verdadeiramente a missão de todos nós.

Mas, grande realmente é DEUS, que se encontra acima
de tudo e de todos, e de cuja grandeza surgimos.

Que assim seja.

À minha esposa
e filhos,
Dedico

A G R A D E C I M E N T O S

Ao Dr. Eurípedes Malavolta pela orientação segura e constante, durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao Dr. Admar Cervellini, DD. Diretor do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, CENA - USP e, ao Dr. Aristeu Mendes Peixoto, DD. Diretor da E.S.A. "Luiz de Queiroz"-USP, Piracicaba, pela possibilidade oferecida.

Ao Dr. Aílto Antonio Casagrande e Dr. Wanderley José de Melo, DDs. Diretor e Vice-Diretor da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias "Campus" de Jaboticabal - UNESP, pelo apoio em todos os momentos.

Ao Dr. Virgílio Nascimento Filho e José Osório Bertoli pelas sugestões e colaboração nas operações de contagens do material radioativo.

Ao Dr. André Louis Martin Neptune pela aquiescência e atenção dedicada durante as análises de $S-SO_4^{=}$, realizada nos laboratórios da Seção de Fertilizantes e Fertilidade do Solo do CENA.

Ao colega Takashi Muraoka pelas sugestões e atenção dedicada durante as análises de $S-SO_4^{=}$.

Aos docentes e demais funcionários do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias "Campus" de Jaboticabal, nas pessoas de seu chefe

Dr. Raul Roberto de Souza Faleiros e sub-chefe Dr.^a Maria Amália Brunini Kanesiro.

Ao colega Jorge Eimori pela colaboração nos trabalhos de estufa e laboratório.

Aos colegas Alfredo José F. Melo, Cleusa P. Cabral, Domingos F. Filho, Godofredo C. Vitti, Isabel I. Eimori, Luiza H. I. Nakayama e demais funcionários da seção de Nutrição Mineral de Plantas do CENA, pela amizade e convívio.

À Sra. Luiza Maria Villanova pelo serviço de dactilografia.

Os mesmos agradecimentos são devidos a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Um agradecimento especial é estendido à minha esposa Vera Lúcia pelo apoio e dedicação sempre constantes.

Finalmente, acima de tudo, agradecimentos são devidos, principalmente, a Deus, por tudo quanto passamos e havemos ainda de passar, para a nossa evolução contínua através dos tempos.

ESTUDOS SOBRE A REDISTRIBUIÇÃO DO ENXOFRE NO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* (L.) cv. Carioca)

Autor:

Orientador:

Eng^o Agr^o JOÃO SUZUKI

Prof. Dr. EURIPEDES MALAVOLTA

RESUMO

Efetuuou-se o estudo da redistribuição do S que fora absorvido pelo feijoeiro, em função do seu desenvolvimento em soluções nutritivas completa e deficiente neste elemento.

Estas plantas, tiveram seu desenvolvimento inicial em suas respectivas soluções nutritivas, todas contendo ^{35}S . Dentre estas, um grupo foi mantido nesta solução, para absorver ^{35}S , somente até a época de formação do ramo principal (estádio $E_1 = 24$ dias); outro grupo, até a fase de máximo florescimento ($E_2 = 52$ dias) e finalmente um terceiro grupo, que se desenvolveu até o final do ciclo em solução radioativa ($E_3 = 84$ dias).

Em cada estágio, plantas internas foram colhidas para análises, determinando-se enxofre total e sulfato nas suas diferentes partes, bem como a respectiva radioatividade.

Em todos os tratamentos constatou-se a ocorrência da redistribuição do enxofre, cuja percentagem em relação ao total absorvido previamente, se apresentou maior em plantas

deficientes, todavia, a quantidade total redistribuida foi maior para as plantas do tratamento completo. As folhas se apresentaram como os principais órgãos envolvidos na redistribuição do enxofre.

Ainda, os dados obtidos sugerem ser o s-sulfato, a forma utilizada para tais redistribuições.

STUDIES ON THE REDISTRIBUTION OF SULPHUR IN THE BEAN PLANT

(Phaseolus vulgaris L., var. Carioca)

Author:

Adviser:

Engº Agrº JOÃO SUZUKI

Prof. Dr., EURIPEDES MALAVOLTA

SUMMARY

This paper deals with the results of an experimental designed to study the redistribution of radioactive sulphur previously taken up the bean plant grown in full strenght and sulphur deficient nutrient solution.

All plants initially received labelled (^{35}S) in the substrate. Afterwards a group of plants was kept in the presence of the tracer until the main stem developed (stage E_1 = 24 days); a second group received radioactive sulphur until the period of full blooming (E_2 = 52 days); a third group, finally, was kept in the presence of radiosulphur till maturity of the pods (E_3 = 84 days).

In each stage plants were collected for analysis, total and sulphate sulphur being determined in their organs, as well as the corresponding radioactivity.

Redistribution of the labelled sulphur was observed in all cases. S-deficient plants showed a higher degree of redistribution on a percentage basis of the previously cumula

ted; in absolute terms, however, the phenomenon was more mar
ked in the non deficient plants. Leaves were the most important
reservoir of sulphur for redistribution.

Evidence is presented which suggests that sul
phate-S is the form used for redistribution.

I N D I C E

Página

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Material	13
3.2. Métodos	14
3.2.1. Ensaio Preliminar	14
3.2.2. Ensaio Definitivo	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1. Ensaio Preliminar	24
4.2. Ensaio Definitivo	28
5. CONCLUSÕES	56
6. LITERATURA CITADA	58

1. INTRODUÇÃO

O enxofre é um elemento constituinte de um grande número de compostos das plantas. Destacam-se entre estes, os aminoácidos, metionina e cistina, encontrados tanto na forma livre como na constituição das proteínas vegetais e que representam elevada importância na nutrição JORDAN e ESMINGER (1958).

No Brasil, a fonte mais importante de proteínas vegetais para a alimentação de toda a população é considerada como sendo o feijão, e seu cultivo é generalizado por todo o território nacional MALAVOLTA (1971). Todavia, trata-se de uma cultura conduzida num sistema rudimentar de agricultura, apresentando sempre uma baixa produtividade, sendo atribuído como causa principal a falta de adubação adequada ALMEIDA *et alii* (1972). Devido à sua grande importância, inúmeras pesquisas sobre a nutrição do feijoeiro tem sido efetuadas, principalmente com respeito aos macronutrientes, contudo, sem obter resultados muito consistentes MALAVOLTA (1971). De certo mo

do, tão importante quanto uma maior produtividade é o nível da qualidade nutricional do feijão produzido, no qual, a participação do enxofre nas suas diversas formas torna-se bastante evidente PORTER *et alii* (1974) e EPPENDORFER (1971).

Absorvido predominantemente pelas plantas na forma de sulfato, o enxofre é rapidamente incorporado na sua forma reduzida e cuja importância, sob certos aspectos, apresenta-se comparável ao do nitrato absorvido WILSON (1962). Dentro da planta o enxofre é considerado como elemento de translocação média, tendo sido observado em inúmeros trabalhos uma tendência do mesmo em migrar para partes ainda em formação, principalmente na época de floração e desenvolvimento das sementes que por sua vez acumula maior percentual de enxofre, GALLO e MYASAKA (1961). Nesta mesma época, ou seja, aos 40-50 dias após a semeadura observa-se uma queda brusca no teor percentual do enxofre foliar NETTO *et alii* (1971). Embora, tal fato ocorra como função da diluição do elemento na planta por coincidir com um período de grande aumento de matéria seca, por outro lado, deve-se considerar também que esta é uma época de maior absorção de enxofre pelo feijoeiro, sendo de 12,6 a 98,6% do total entre 30-50 dias após a semeadura (HAAG *et alii*, 1967). Esta diminuição no teor foliar, torna-se mais evidente, quando a cultura é conduzida em níveis deficientes de enxofre GALLO e MYASAKA (1961). Tal fato, também já fora observado por WOOD (1942). Deste modo, torna-se bastante provável que uma parcela do enxofre existente nas partes mais jo

vens, flores e sementes seja proveniente de folhas mais velhas. Se esta translocação ocorre, devem existir uma ou mais formas predominantes pelas quais o enxofre migra através de células e tecidos e para as diferentes partes dentro da planta. Assim, com o objetivo de tentar constatar a ocorrência desta redistribuição e até que ponto a mesma pode ser influenciada quando as plantas se desenvolvem em meio deficiente neste elemento, bem como a forma em que o mesmo se transloca, foi conduzido o presente ensaio.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O enxofre tem sido estudado desde a década de 1930, em sua ligação com o metabolismo vegetal KILYN (1953).

Este elemento é absorvido pelas raízes quase exclusivamente na forma de ion sulfato, embora tenha sido comprovado também a absorção na forma de aminoácidos metionina e cistina (BLAIR, 1971).

Uma outra forma de enxofre é absorvida pelas folhas das plantas, como sendo na forma de SO_2 aplicado por fumigação HARRISON *et alii* (1944) e THOMAS *et alii* (1944a). Ainda, segundo JORDAN e ENSMINGER (1958), o SO_2 pode penetrar diretamente através dos estômatos abertos, mas, a quantidade absorvida por este meio não chega a ser suficiente para suprir as necessidades da maioria das plantas. Esta última forma de enxofre quando fornecida em quantidades excessivas chega a provocar danos nas folhas, causado pelo acúmulo de sulfeto que atinge nível tóxico quando se aplica SO_2 em alta concentração por curto espaço de tempo, ou então pelo acúmulo excessivo de

sulfato, que ocorre quando se expõe a planta por longo tempo em concentração subletal de SO_2 LINZON (1972) e ZIEGLER (1975). Em algumas culturas o enxofre também pode ser provido através de inseticidas e fungicidas JORDAN e ESMINGER (1958).

Absorvido pelas plantas, inicia-se rapidamente a redução assimilatória do enxofre, tendo sido detectado enxofre na forma (^{35}S orgânica) em folhas de diversas culturas que haviam absorvido radiosulfato, cujo tempo, varia entre 1-5 horas dependendo da cultura THOMAS *et alii* (1944b). Em alfafa também foi observado grande rapidez na conversão de enxofre inorgânico a orgânico THOMAS *et alii* (1950).

É de se notar que embora o metabolismo sulfatado apresente importância comparável ao metabolismo dos outros elementos como N, P e C existe uma grande defasagem em termos de estágio de conhecimento. THOMPSON (1967) atribui como causa provável a instabilidade dos compostos de enxofre, causada pela capacidade de existir em estados de valência variando desde o alto valor de (+ 6) à até (- 2), e que permite a ocorrência do S em amplas combinações, produzindo uma multiplicidade de compostos e de fácil interconversão entre si, o que dificulta muito o estudo do seu metabolismo.

Por outro lado, inúmeros compostos sulfurados existem por toda a planta, e que desempenham funções em grande parte já definidas.

Assim, tem-se os aminoácidos sulfurados, cistina, cisteína e metionina que contêm os grupos dissulfetos (S-S)

-S), Sulfidril (S-H) e tioeter (S-CH₃) e que desempenham importante função estrutural e funcional das proteínas ALLAWAY e THOMPSON (1966).

Os grupos sulfidril livres, encontrados nas glutationas e cisteínas, estão envolvidos no mecanismo de mantenção do potencial de oxidação-redução das células LOUGHMAN (1964). As glutathionas são ativadoras da enzima glioxilase que converte metil glioxal à ácido láctico (BLAIR, 1971).

Ligado ao crescimento das plantas encontram-se os reguladores de crescimento biotina e tiamina que contem enxofre na sua constituição JORDAN e ESMINGER (1958), sendo que a relação enxofre, vitaminas, tiamina e biotina apresentam características essenciais para o metabolismo vegetal GILBERT (1951). Segundo este mesmo autor, e EATON (1951), o enxofre ocorre ainda na forma volátil, tais como óleo de mostarda, alil e vinil sulfeto e mercaptanas. A maioria destes compostos estão limitados a certas famílias de plantas e muito pouco conhecidos com respeito à sua significância para as plantas e para os animais que o ingerem.

Em leguminosas, segundo WOOD (1942) além das formas normais de enxofre existem as formas especiais, predominando sulfato etéreo.

As formas inorgânicas de enxofre em plantas ocorrem principalmente na forma de sulfatos, sendo que aproximadamente 65% se encontram nessa forma GILBERT (1951).

O teor de enxofre total nas plantas, varia de

planta para planta de acordo com o gênero e em alguns casos, este teor chega a ser maior do que para Ca, P e Mg. Nas plantas da família brassicáceas este teor é tão elevado, que são chamados de transportadoras de enxofre GILBERT (1951).

Em feijoeiro, observa-se um teor de S acima do teor de P, característica esta apresentada também por outras culturas de grande interesse econômico tais como algodão, cana de açúcar e arroz MALAVOLTA (1952).

A distribuição deste elemento nas plantas apresenta características mais ou menos normais, como sendo, maior percentual nas folhas, seguido pela semente, caule e raiz. De um modo geral, maior teor de S é encontrado em tecidos velhos o que é evidenciado pelo amarelecimento das partes mais jovens quando manifestam sintomas de deficiências Peterson (1914) citado por GILBERT (1951). O teor de S-total em plantas de cevada e trigo, cultivadas em solução nutritiva, recebendo enxofre na forma de $\text{Na}_2^{35}\text{SO}_4$ via radicular e fumigação com SO_2 , apresentou maior concentração no topo do que nas raízes. Por outro lado, observou-se um maior teor em folhas adultas, seguido de folhas velhas, jovens e senescentes. Quanto às formas de S encontradas nas diversas partes foram: em folhas, predominam formas orgânicas solúveis e insolúveis em ácido, embora tenha apresentado também quantias apreciáveis de sulfato e S-lábil. Nas outras partes, predominam, caule-sulfato; raízes-fração insolúvel em ácido e no miolo-S-lábil e fração solúvel em ácido THOMAS *et alii* (1944b).

Uma outra classe de composto sulfurado em plantas, tem merecido especial atenção, como sendo os sulfolipídeos, que geralmente ocorrem em tecidos celulares capazes de realizar fotossíntese BENSON (1963).

KYLIN (1966) observou em células de *Scenedesmus* um aumento na incorporação de S a partir de uma solução de sulfato quando em presença da luz, principalmente na forma de sulfolipídeos. Este efeito da luz, foi aumentado quando em presença de CO₂ e nitrogênio. Segundo TERRY (1976), os cloroplastos contem proteínas ricas em enxofre sendo a morfologia dos mesmos, muito afetada pela deficiência. Todavia, os efeitos desta carência sobre a fotossíntese são bastante conflitantes existindo casos em que a mesma aumenta e diminui com a deficiência de S. HARWOOD e NICHOLLS (1979), mostram pela exposição e discussão de inúmeros trabalhos de diferentes autores, uma correlação bastante direta dos sulfolipídeos com os mecanismos fotossintéticos.

Esta participação do S na constituição protéica dos cloroplastos já havia sido observado por WOOD (1942), sendo que o efeito do enxofre sobre o teor de clorofila já fora questionado desde a década de 20 por Miller (1919), citado por GILBERT (1951) e THOMAS *et alii* (1950).

O composto sulfatado, responsável pelo sabor de certos alimentos, conhecido como dimetil-sulfito e já detectado em tomate, milho doce e chá, recentemente foi detectado em cacau e contribui para o aroma característico do chocolate,

tendo como provável precursor a metil-S-metionina LOPEZ e QUESNEL (1976).

Como se observa, o enxofre é distribuído em inúmeras formas por todas as partes da planta, o que sugere intensa translocação, embora em termos de mobilidade dentro da planta esteja classificado segundo LAUCHLI (1972) como elemento de média translocação.

Desde o contato do enxofre com os pelos radiculares de uma planta, inicia-se o processo de absorção e transporte deste elemento que o colocará nas diversas partes da planta onde for exigido.

Em plantas de girassol, os sulfatos absorvidos radicularmente parecem ser controlados metabolicamente, uma vez que tem sido observado uma retenção deste ion pelas raízes independentemente da intensidade de transpiração, enquanto para o sulfato transportado para os brotos, observou-se uma relação direta de ion com a água absorvida PETERSON (1960).

Mesmo quando submetido a variação da pressão negativa de 0 a 500 mm de Hg através de uma bomba de vácuo adaptado ao caule de girassol, constatou-se a retenção do sulfato marcado pela raiz. Este sulfato retido, que foi quantificado, trata-se daquele que restou após a lavagem das raízes em solução nutritiva inativa, durante 5 minutos, sendo considerado como o sulfato retido metabolicamente por detrás de alguma barreira ou camada de difusão PETERSON (1966b). Semelhante

fato, coincide com o observado por PETTERSON (1960 e 1966a) em que o fluxo de água através da planta, não interfere com a taxa de aumento do componente sulfato retido pela raiz.

Ainda, segundo PETTERSON (1966b) sob a ação do 2,4 dinitrofenol (inibidor do processo ativo de absorção e causador do truncamento da fosforilação respiratória), ocorreu uma grande diminuição na fração de sulfato retido pelas raízes, o que confirma realmente que a retenção do sulfato ocorre por um processo metabólico ativo.

O fenômeno da retenção pelas raízes, pelo qual passa o sulfato, mostra uma participação direta nos processos de absorção e transporte dentro do simplasto. É como se fosse um trabalho para manter uma concentração constante de sulfato, independentemente da taxa de transporte da solução para o broto PETTERSON (1966a).

O nutriente, uma vez absorvido pela raiz, será levado via xilema até as folhas. Estas folhas, não só recebem ions do xilema, como também são capazes de enviar ions através do floema. O balanço entre a importação e exportação ionica, depende do estágio de desenvolvimento da planta. A intensidade desta movimentação de ions depende da mobilidade do mesmo no floema, sendo que o enxofre e alguns micronutrientes são considerados como intermediários LAUCHLI (1972).

Segundo THOMAS *et alii* (1944a) a translocação do S ocorre como ion sulfato quando se move ao longo do caule para o ápice como no sentido inverso. TOLBERT e WIEBE (1955)

não conseguiram descobrir formas orgânicas de S na seiva do xilema de *Hordeum vulgare* (cevada), *Spinacea oleracea* (espinafre) e *Cucumis sativus* (pepino).

Em diversas partes da planta, foi possível evidenciar que o S-orgânico nas folhas foi transformado em S-inorgânico antes de ser translocado, e logo em seguida voltando para a forma orgânica nas raízes e grãos THOMAS *et alii* (1944a).

Estas translocações foliares são marcantes, somente quando há uma necessidade de síntese rápida e uma relativa deficiência de absorção. Em outras situações o ion sulfato é relativamente imóvel nas folhas de diferentes culturas e o enxofre necessário é transportado das raízes para as áreas onde for requerido (WOOD, 1942).

Por outro lado, segundo BIDDULPH *et alii* (1956) existe uma fração do enxofre total dentro da planta que permanece móvel e que se movimenta livremente de um órgão para outro. BOUMA (1967) observou em plantas de trevo, que se desenvolveram em solução nutritiva radioativa (^{35}S) com níveis de 0, 25, 1,0 e 4 ppm de S, que à medida que se aumentava os níveis de S, também aumentava a mobilidade do ^{35}S . O autor sugere que uma parte do S que chega às folhas é incorporado em compostos estruturais e que representam fontes inacessíveis de S para redistribuição aos outros órgãos. Foi observado também que a falta de enxofre aumentou a necessidade de S nas folhas novas em crescimento. Segundo o autor, a concentração do S na solução nutritiva determina alterações na translocação

do S em plantas, sendo esta a causa principal do conflito entre autores.

A translocação do enxofre em plantas, parece sofrer influências de alguns fatores como temperatura, inclusive chegando-se a obter para o caso da aveia uma temperatura adequada para maior crescimento e absorção de enxofre, como sendo 27/22°C (dia/noite) (BLAIR, 1970).

De acordo com WIEBE e WIRHEIM (1962), qualquer condição que provoque tensão de umidade e murchamento da planta provoca diminuição na translocação devido à falta de turgecência necessária para o desempenho da célula ocorrendo diminuição da fotossíntese e do crescimento.

INGELSTEN (1966) estudou em plantas de trigo, o efeito da plasmólise e não plasmólise causado por dosagens controladas de manitol na raiz, verificando diminuição da translocação do sulfato para o caule, quando sob concentração de manitol, suficiente para causar plasmólise.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

Conduziu-se o ensaio em casa de vegetação, utilizando-se solução nutritiva em recipientes de plástico com capacidade para 2,5 litros, revestidos externamente com tinta aluminizada.

As sementes utilizadas foram de feijoeiro *Phaseolus vulgaris* (L.) cv. Carioca, devidamente tratadas e armazenadas em câmara com umidade e temperatura adequadas, sendo que as características da semente se encontram na Tabela 1.

O enxofre utilizado como elemento marcador foi o radioisótopo ^{35}S na forma de $\text{Na}_2^{35}\text{SO}_4$, livre de carregadores, produzido no Instituto de Energia Atômica (I.E.A.) S.P., sendo recebido uma atividade de 5mCi em 1 ml.

Tabela 1 - Características da semente* de feijoeiro *Phaseolus vulgaris* (L.) cv. Carioca.

Discriminação	Valor
Porcentagem de germinação apresentada	94%
Índice de pureza genética	99,6%
Número do Lote	2
Origem - EPAMIG (Minas Gerais)	

(*) Sementes cedidas pela Secção de Radiogenética do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), USP. Piracicaba, S.P.

3.2. Métodos

3.2.1. Ensaio Preliminar

Diante da necessidade de se cultivar plantas de feijoeiro em solução nutritiva completa e solução com deficiência em S, durante o ciclo completo, tornou-se necessário a condução de um ensaio preliminar, visando determinar uma concentração de enxofre ($S-SO_4^{=}$) na solução nutritiva, que fosse mínima a ponto de provocar sintomas visuais de deficiência na planta, porém, suficiente para que a planta se desenvolvesse até o final do ciclo.

3.2.1.1. Obtenção das mudas

Com este objetivo, sementes de feijoeiro *Phaseolus vulgaris* (L.) cv. Carioca, foram colocadas para germinar em bandejas contendo vermiculita mantidas úmidas com solução de $\text{Ca SO}_4 \cdot 10^{-4} \text{ M.}$, ficando as mesmas ao abrigo da luz direta, até que as plântulas atingissem 2 a 3 cm de altura. Quando alcançaram aproximadamente 10 cm de altura, foram colocadas durante uma semana para desenvolvimento inicial em solução nutritiva completa (macro e micronutrientes) preparada segundo Hoagland e Arnon (1950) modificado por MALAVOLTA (1975) e diluídas com água destilada na proporção 1:5, sendo mantidas com aeração contínua.

A seguir, plantas selecionadas pelo aspecto vegetativo foram transferidas para recipientes de plástico contendo 2,5 l de solução nutritiva preparada de acordo com os diferentes tratamentos. Foram destinados 1 planta para cada recipiente.

3.2.1.2. Solução nutritiva

A solução nutritiva para o desenvolvimento definitivo foi obtida segundo os padrões estabelecidos para o preparo da solução sem enxofre MALAVOLTA (1975) sendo o enxofre adicionado na forma de Na SO_4 nas proporções de 0,0; 0,1; 0,5; 1,0 e 2,0 milimoles de S por litro de solução.

3.2.1.3. Delineamento estatístico e tratamentos

O delineamento estatístico empregado foi o inteiramente casualizado com 4 repetições para cada tratamento, que são representados pelas 5 diferentes concentrações de S nas soluções nutritivas, totalizando 5 tratamentos.

3.2.1.4. Condução do ensaio

Durante a condução do ensaio foram efetuadas, principalmente, observações quanto ao aparecimento de sintomas das deficiências de enxofre, representado pelo amarelecimento uniforme do limbo foliar de folhas jovens, além de outras características como desenvolvimento radicular e da parte aérea exposta, bem como o controle fitossanitário das plantas. As soluções nutritivas foram renovadas completamente a cada vinte dias, sendo mantidas com aeração forçada durante todo o ensaio.

Aos 47 dias, época em que as plantas iniciavam a formação de vagens, coletaram-se as plantas inteiras, separando-as em raiz, caule + ramos, folhas e flores + vagens.

3.2.1.5. Preparo das amostras e análise química

As diferentes partes das plantas, foram colocadas para secagem em estufas a 70°C até peso constante, sendo pesadas e moídas em macro e micro moinho, obtendo-se a matéria

seca que foi adicionada em sacos plásticos para posterior análise química, determinando-se para todos os órgãos da planta os teores de S-total, segundo o método turbidimétrico proposto por TABATABAI e BREMNER (1970).

3.2.2. Ensaio definitivo

Baseados no ensaio preliminar, definiu-se a concentração adequada de S para a solução nutritiva com deficiência de enxofre, como sendo de 0,05 milimoles de S por litro de solução.

3.2.2.1. Obtenção das mudas

Para o ensaio em fase definitiva, procedeu-se de modo análogo ao descrito anteriormente, omitindo-se apenas a fase de manutenção por uma semana em solução nutritiva para crescimento inicial, sendo que nesta etapa, as plantas foram diretamente transplantadas para a solução nutritiva de trabalho.

3.2.2.2. Solução nutritiva

Em princípio, a solução aqui empregada foi basicamente a mesma do ensaio preliminar, somente a concentração de enxofre sofreu alterações, sendo adicionadas à solução nutrititi

va completa e solução com deficiência em S, 2,0 e 0,05 milimoles de S por litro de solução, como Na_2SO_4 , respectivamente. Outra alteração, foi a adição de 20 μCi de ^{35}S como $\text{Na}_2^{35}\text{SO}_4$ em cada vaso contendo 2,5 l de solução nutritiva, constituindo a solução codificada como solução S + S*. A solução S - S*, representa aquela na qual não foi adicionado (^{35}S).

Obs. A solução S + S*, quando renovada, recebeu igualmente 20 μCi de ^{35}S /vaso.

3.2.2.3. Tratamentos e delineamento estatístico

O presente ensaio, constou de 6 tratamentos principais com 4 repetições. Os tratamentos I, II e III referem-se às plantas cultivadas em solução nutritiva completa.

a) Tratamento I, refere-se às plantas que foram cultivadas em solução S + S* até os primeiros 24 dias após emergência que é justamente a época de emissão do ramo principal diferenciado e foi chamado de 1º estágio de desenvolvimento. Depois deste período, estas plantas passaram a se desenvolver em solução S - S* até o final do ciclo vegetativo.

b) Tratamento II, refere-se às plantas que foram cultivadas em solução S + S* até os primeiros 52 dias após a emergência que é justamente a época de máximo florescimento e foi chamado de 2º estágio de desenvolvimento. Depois deste período, estas plantas passaram a se desenvolver em solução S - S*, até o final do ciclo vegetativo.

c) Tratamento III, refere-se às plantas que foram cultivadas em solução S + S* até o final do ciclo vegetativo e que foi chamado de 3º estágio de desenvolvimento.

Os 3 tratamentos restantes IV, V e VI, referem-se às plantas cultivadas em solução nutritiva com deficiência em enxofre. Para estes tratamentos IV, V e VI, aplicou-se o mesmo procedimento já descrito para os tratamentos I, II e III respectivamente. O delineamento estatístico empregado, foi o inteiramente casualizado.

3.2.2.4. Condução do ensaio e amostragens

Na condução do ensaio foram feitas observações semelhantes às do ensaio preliminar, apresentando modificações no tocante à época da remoção completa das soluções nutritivas, que foi feita em conjunto com as amostragens. Para a mudança das plantas da solução S + S* para S - S*, efetuada para os tratamentos I e IV no primeiro estágio e para os tratamentos II e V no segundo estágio, procedeu-se de maneira semelhante, como sendo a lavagem das raízes em água destilada corrente, de modo a retirar quaisquer vestígios da solução S + S* anterior. Ainda, estas plantas foram individualmente marcadas de modo a tornar possível a delimitação entre as partes desenvolvidas em solução S + S* e as partes desenvolvidas após a mudança para solução S - S*, possibilitando assim a sua separação, quando das amostragens nas épocas seguintes.

As amostragens foram feitas colhendo-se a planta inteira separando-a em seus órgãos raiz (R), caule + ramos (c + r), folhas (f), flores (fl) e frutos, que por sua vez foram separados em grãos (g) e pericarpo (p). O mesmo critério de separação foi adotado também para solução S - S*. Para evitar uma possível contaminação das partes formadas quando da sua permanência em solução S + S*, com a restante formada após a troca para solução S - S*, adotou-se como critério de amostragens destas plantas, a colheita em primeiro lugar, da porção desenvolvida após a mudança para solução S - S*, realizando a separação das suas partes em local limpo e isolado da área experimental, inclusive realizando a sua secagem até peso constante em estufa a 70°C, também em separado das demais amostras.

A matéria seca obtida, foi pesada e acondicionada em sacos de polietileno para posterior análise. Nas Figuras 1 e 2, são apresentados de forma esquemática o que foi descrito neste item.

3.2.2.5. Análises químicas

Na matéria seca obtida determinou-se os teores de S-total por turbidimetria segundo TABATABAI e BRENNER (1970), S-SO₄⁼ pelo método do azul de metileno proposto por JOHNSON e NISHITA (1952) utilizando-se a bateria de digestores-destiladores do Setor de Fertilizantes e Fertilidade do Solo do CENA e o S-orgânico estimado pela diferença entre S-total e S-SO₄⁼.

I, II e III = tratamentos básicos.

I.x.y; II.x.y e III.x = Tratamentos complementares, onde (x) = a ordem numeral cardinal da amostragem e (y) = a divisão de uma mesma planta, separando as partes (1) desenvolvidas em solução S + S* e (2) desenvolvidas em solução S - S*.

Figura 1 - Esquema dos tratamentos e da condução do ensaio visando o estudo da absorção e redistribuição do S em feijoeiro *P. vulgaris* (L.) cv. Carioca cultivado em solução nutritiva completa.

As contagens do ^{35}S foram feitas no extrato obtido para S-total, utilizando-se o cintilador líquido Beckman Mod LS-230, do Setor de Radiologia do CENA. A solução cintiladora foi preparada segundo PATTERSON e GREENE (1965) e a correção para amostras que apresentaram efeito "Quenching" de cor foi efetuada pelo método do padrão interno, segundo STUBS (1973). A fim de se evitar problemas com o decaimento da atividade do ^{35}S em função do tempo, as contagens foram efetuadas após o término do ensaio, na mesma época para todas as amostras, facilitando a comparação entre os diversos tratamentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ensaio Preliminar

Os resultados obtidos para a produção de matéria seca e os teores de S-total nas diferentes partes da planta do feijoeiro se encontram nas Tabelas 10 e 11 respectivamente, cujas médias se apresentam nas Tabelas 2 e 3.

Observa-se pela Tabela 2, que a produção de matéria seca dos diferentes órgãos do feijoeiro, não aumentaram proporcionalmente com o aumento da concentração de S, mas que a matéria seca total produzida foi maior para a máxima concentração de S.

Quanto ao teor de S-total, observa-se pela Tabela 3, que as plantas que se desenvolveram nas concentrações de 0,0 e 0,1 milimoles de S por litro de solução, apresentaram em seus órgãos, teores bem próximos de S e que por sua vez, de um modo geral, se diferenciavam significativamente das plantas que se desenvolveram nas concentrações de 0,5, 1,0 e 2,0 milimoles, sendo que estes 3 últimos tratamentos apresentaram valo

TABELA 2 - Médias da produção de matéria seca de feijoeiro cultivado em solução nutritiva com concentrações crescentes de S, colhido na época inicial de formação de vagens (47 dias).

Milimoles de S/litro	Partes da Planta (g) ^{a/}				
	raiz	caule+ramos	folhas	flores+vagens	Total
0,0	3,82a	6,12a	8,00a	0,74bc	18,68
0,1	3,68ab	10,48b	9,41a	1,18ac	24,75
0,5	3,05bc	7,91ab	11,06a	1,13bc	23,12
1,0	2,92c	7,07ab	9,49a	0,98bc	20,46
2,0	3,30abc	9,79ab	11,45a	1,62a	26,10
Tukey (5%)	0,75	4,13	4,00	0,45	
F	5,13	3,75	2,30	9,92	
C.V.	10,27	22,84	18,55	18,32	

^{a/} Médias de 4 repetições.

Tabela 3 - Médias dos teores de S-total na matéria seca de feijoeiro cultivado em solução nutritiva com concentrações crescentes de S, colhido na época inicial da formação de vagens (47 dias).

S- Na ₂ SO ₄ Milimoles de S/litro	Partes da planta (S-total %) <u>a/</u>			
	raiz	caule+ramos	folhas	flores+vagens
0,0	0,072a	0,061a	0,094a	0,070a
0,1	0,068a	0,058a	0,114ab	0,108ab
0,5	0,529b	0,159ab	0,120ab	0,145b
1,0	0,622b	0,216b	0,162b	0,207c
2,0	0,605bc	0,248b	0,132ab	0,158bc
Tukey (5%)	0,11	0,15	0,05	0,05
F	121,50	6,15	3,55	18,80
C.V.	13,61	47,37	21,39	17,41

a/ Médias de 4 repetições.

res bem próximos entre si, sem diferenças significativas. Assim, os dados da Tabela 3 mostram claramente que o máximo valor permissível de S na solução nutritiva com deficiência deste elemento, seria a concentração de 0,1 milimoles de S/litro, cujo tratamento, apresentou sintomas bem leves de deficiência de S aos 43 dias após a germinação.

Todavia, o tratamento sem adição de S, apresentou plantas com teores de enxofre bem próximos aos do tratamento com adição de 0,1 milimol de S/litro de solução. Além do mais, neste tratamento sem adição de enxofre, os sintomas visuais de deficiência de S somente apareceram aos 30 dias após a germinação. Semelhante fato pode ser justificado partindo-se do princípio de que a permanência de uma semana em solução nutritiva completa para o crescimento inicial, permitiu a estas plantas a absorção de S em quantidades suficientes para a manutenção do seu metabolismo básico, além do enxofre existente como reserva na semente, que se apresenta em torno de 0,1% como S-total na matéria seca, segundo dados da Tabela 7, obtidos no ensaio definitivo.

Com base nesses resultados, estabeleceu-se como critério para o desenvolvimento do ensaio definitivo, a eliminação da fase de permanência das plântulas em solução nutritiva completa para o crescimento inicial por uma semana, efetuando-se o transplante das mudas diretamente para a solução nutritiva de trabalho.

Quanto à concentração do S para a solução nutritiva

va deficiente, optou-se por um valor intermediário entre 0,0 e 0,1, como sendo 0,5 milimoles de S por litro de solução nutritiva.

Para a solução nutritiva completa seria suficiente, conforme observa-se na Tabela 3, a adição de 1,0 milimol de S, mas como se pretende comparar a translocação do S em condições de solução nutritiva deficiente e completa, optou-se pela adição de 2,0 milimoles de S/litro de solução, visando o fornecimento de S em proporções de alta disponibilidade ao nível radicular.

4.2. Ensaio Definitivo

4.2.1. Efeitos observados em função da deficiência de enxofre

As plantas que se desenvolveram em solução nutritiva com deficiência em S, se mostraram diferenciadas em relação às demais, apresentando menor produção de matéria seca e grãos, conforme Tabelas 4 e 5 e 12 a 18 e Figura 3. Ainda, estas plantas apresentaram sintomas visuais de deficiência de S, logo no início da formação de vagens, aproximadamente aos 60 dias.

As análises químicas mostraram também teores inferiores de S-total em plantas deficientes, que inclusive, no final do ciclo, apresentaram teores de S-total mais elevado em

Tabela 4 - Médias da produção de matéria seca do feijoeiro cultivado em soluções nutritivas completa e com deficiência de S, em função dos estádios de desenvolvimento e do crescimento apresentado entre cada período.

Tratamentos	Partes da Planta (g/planta)						Total
	raiz	caule+ramos	folhas	flores	pericarpo	grãos	
1º estágio							
I.1	0,32	0,52	1,50	--	--	--	2,34
IV.1	0,31	0,19	1,01	--	--	--	1,34
2º estágio							
I.2.1.	2,23	2,52	4,24	--	--	--	8,99
I.2.2.	--	4,45	6,34	0,29	--	--	11,09
II.1.	2,27	6,16	11,33	0,25	--	--	19,99
IV.2.1.	1,56	1,13	2,81	--	--	--	5,51
IV.2.2.	2,02	4,27	0,18	0,18	--	--	6,47
V.1.	2,48	4,23	7,63	0,22	--	--	14,57
Fim do Ciclo							
I.3.1.	2,85	2,84	4,88	--	--	--	10,57
I.3.2.	--	8,78	7,43	--	7,19	20,86	44,28
II.2.1.	3,15	11,76	13,59	--	--	--	28,51
II.2.2.	--	0,26	0,55	--	7,66	19,06	27,53
III.1.	4,12	13,86	12,79	--	8,05	20,75	59,57
IV.3.1.	2,51	1,39	2,32	--	--	--	6,22
IV.3.2.	--	5,38	5,97	--	4,01	13,91	29,27
V.2.1.	3,37	8,68	7,62	--	--	--	19,67
V.2.2.	--	0,22	0,41	--	6,42	12,25	19,30
VI.1.	3,09	8,57	8,80	--	5,00	8,17	34,17

Tabela 5 - Médias da produção de grãos e de matéria seca total, pelo feijoeiro cultivado em solução nutritiva completa e em solução com deficiência de enxofre.

Tratamento	Solução nutritiva completa		Solução nutritiva deficiente	
	M.S. total		M.S. total	
	g/planta	Produção grãos/ g/planta	Tratamento	g/planta
I	54,85	27,80	IV	35,49
II	56,04	25,46	V	38,97
III	59,57	28,28	VI	34,17

a/ Médias de 4 repetições.

Figura 3 - Produção de matéria seca do feijoeiro em função do cultivo em solução nutritiva completa (C) e do cultivo em solução com deficiência de S (D)

folhas do que em raízes, sendo que nas plantas cultivadas em solução nutritiva completa, este teor foi sempre maior nas raízes, indicando que estas plantas se desenvolveram durante todo o ciclo em condições altamente suficientes em S, segundo Tabela 7 e Figuras 9 e 10.

4.2.2. Redistribuição do S dentro da planta

As plantas cultivadas, tanto em solução nutritiva completa como em solução com deficiência em S, apresentaram redistribuição do enxofre, evidenciado pela detecção do ^{35}S em partes mais jovens, representando uma fração do que fora acumulado nas plantas até o 1º ou 2º estágio de desenvolvimento. Este ^{35}S detectado nas partes mais jovens, conforme se apresenta na Tabela 6 e Figuras 4 a 7, só pode ser proveniente dos órgãos mais adultos que haviam se desenvolvido durante a fase de absorção do ^{35}S da solução nutritiva.

Esta redistribuição, considerando-se em percentagem do S previamente absorvido foi maior no caso de plantas deficientes, entretanto, quando se analisa a quantidade total de S redistribuído, observa-se que o tratamento completo exibe plantas com teor de S bastante elevado em relação ao tratamento S-deficiente (Tabela 7 e Figuras 9 e 10), o que indica ser maior a quantidade de S redistribuído no interior das primeiras plantas, onde o teor foliar passa de 0,6 à 0,1%, entre o 1º e 2º estágio e de 0,2 à 0,1% entre o 2º e 3º estágio (Figu

Tabela 6 - Médias da atividade devido ao ^{35}S -total absorvido pelo feijoeiro cultivado em soluções nutritivas completa e com deficiência de S, em função dos estádios de desenvolvimento e do crescimento apresentado entre cada período.

Tratamentos	Partes da Planta (*S-total cps)						Total
	raiz	caule+ramos	folhas	flores	pericarpo	grãos	
1º estágio							
I.1	3412	4162	12520	--	--	--	20095
IV.1	10772	11747	44893	--	--	--	67412
2º estágio							
I.2.1.	3251	3557	5624	--	--	--	12433
I.2.2.	--	1933	3606	167	--	--	5706
II.1.	22471	32005	58562	564	--	--	113677
IV.2.1.	8467	6200	25021	--	--	--	39688
IV.2.2.	--	4544	16089	446	--	--	21079
V.1.	38653	44269	193685	5496	--	--	282103
Fim do Ciclo							
I.3.1.	2769	2955	2641	--	--	--	8365
I.3.2.	--	1866	2588	--	1587	5104	11145
II.2.1.	18744	23148	18276	--	--	--	60168
II.2.2.	--	242	405	--	7789	39740	48176
III.1.	52746	38791	21823	--	29687	30399	213445
IV.3.1.	4012	2421	12028	--	--	--	18461
IV.3.2.	--	2126	4950	--	1277	19864	28217
V.2.1.	26257	28675	61186	--	18081	--	116118
V.2.2.	--	331	1130	--	18081	90759	110301
VI.1.	57716	96325	199185	--	45431	176272	574929

Figura 4 - Distribuição do ^{35}S -total absorvido da solução nutritiva completa até o 1º estágio de desenvolvimento do feijoeiro e a redistribuição posterior até o fim do ciclo. (a) = atividade no órgão em % do total encontrado. (b) = % do total absorvido que foi translocado.

Figura 5 - Distribuição do ^{35}S -total absorvido da solução nutritiva completa até o 2º estágio de desenvolvimento do feijoeiro e a redistribuição posterior até o fim do ciclo. (a) = atividade no órgão, em % do total encontrado. (b) = % do total absorvido que foi translocado.

Figura 6 - Distribuição do ³⁵S-total que foi absorvido da solução nutritiva com deficiência em S até o 1º estágio de desenvolvimento do feijoeiro e a redistribuição posterior até o fim do ciclo. (a) = atividade de no órgão, em % do total encontrado. (b) = % do total que foi translocado.

Figura 7 - Distribuição do ^{35}S -total que foi absorvido da solução nutritiva com deficiência em S até o 2º estágio de desenvolvimento do feijoeiro e a redistribuição posterior até o fim do ciclo. (a) = atividade no órgão, em % do total encontrado. (b) = % do total translocado.

Figura 8 - Absorção e distribuição do ³⁵S-total no feijoeiro, em função do período de absorção (estádio) e da concentração de S não radioativo na solução nutritiva.

Tabela 7 - Médias do teor de S-total no feijoeiro cultivado em soluções nutritivas completa e com deficiência de S, em função dos estádios de desenvolvimento e do crescimento apresentado entre cada período.

Tratamentos	Partes da Planta (S-total %)					
	raiz	caule+ramos	folhas	flores	pericarpo	grãos
1º estágio						
I.1	0,806	0,596	0,568	--	--	--
IV.1	0,142	0,111	0,145	--	--	--
2º estágio						
I.2.1.	0,762	0,158	0,086	--	--	--
I.2.2.	--	0,160	0,343	0,423	--	--
II.1.	0,635	0,233	0,182	0,260	--	--
IV.2.1.	0,080	0,073	0,070	--	--	--
IV.2.2.	--	0,064	0,117	0,044	--	--
V.1.	0,076	0,024	0,036	0,060	--	--
Fim do Ciclo						
I.3.1.	0,559	0,176	0,086	--	--	--
I.3.2.	--	0,084	0,132	--	0,098	0,081
II.2.1.	0,660	0,092	0,098	--	--	--
II.2.2.	--	0,105	0,105	--	0,058	0,138
III.1.	0,582	0,088	0,098	--	0,094	0,142
IV.3.1.	0,050	0,062	0,069	--	--	--
IV.3.2.	--	0,062	0,104	--	0,034	0,074
V.2.1.	0,050	0,022	0,101	--	--	--
V.2.2.	--	0,055	0,107	--	0,032	0,084
VI.1.	0,048	0,017	0,082	--	0,058	0,053

Figura 10 - Teor de S-total nos diferentes órgãos do feijoeiro cultivado em solução nutritiva com deficiência de S, em função dos estádios de desenvolvimento e do crescimento ocorrido após o 1º e 2º estágio, até o fim do ciclo.

ra 9} e no tratamento S-deficiente estes valores são aproximadamente 0,14 a 0,07% e 0,04 a 0,1% respectivamente (Figura 10).

Considerando-se os diferentes estádios de desenvolvimento, observa-se que os tratamentos completo e deficiente em S exibiram plantas cuja redistribuição ocorreu até o 2º estágio, de folhas adultas para folhas jovens principalmente, e do 2º estágio até o fim do ciclo a redistribuição ocorreu quase que totalmente de folhas adultas para os grãos e pericarpo, sendo desprezível a fração que se translocou para folhas novas e para caule e ramos (Figuras 4 e 6). Os demais órgãos como raiz e caule + ramos, em termos de atividade devido ao ^{35}S , sofreram pequenas alterações, exceto para o tratamento deficiente em S, no qual houve uma considerável diminuição na atividade, sugerindo uma possível contribuição destes órgãos na fração de S-total redistribuído, principalmente para o tratamento IV, durante os 3 estádios (Figura 6). Semelhante fato é bastante coerente, uma vez que estas plantas deficientes, para suprir a semente da quantidade necessária de S, deve exaurir os demais órgãos até que estes atinjam um teor mínimo permissível. Nas plantas do tratamento completo, semelhante fato não chega a ocorrer, uma vez que suas folhas puderam acumular enxofre em quantidades suficientes, apresentando portanto uma maior fração de S disponível para ser redistribuído aos demais órgãos.

Nas plantas do tratamento completo, o ^{35}S foliar acumulado até o 1º estágio (E_1) é quase que totalmente redistribuído, restando no fim do ciclo apenas 13,5% da atividade

total encontrada (Figura 4), contra 26,0% que restou no caso de folhas de plantas deficientes em S (Figura 6). Esta fração da atividade retida representa provavelmente a ^{35}S participante na estrutura foliar, que sendo maior no caso de plantas deficientes, justifica-se a necessidade da contribuição dos demais órgãos na redistribuição do S, principalmente para os grãos em formação.

As plantas testemunhas que se desenvolveram durante todo o ciclo em solução radioativa apresentaram na distribuição da atividade total, em todos os estádios, uma maior fração de ^{35}S foliar no tratamento deficiente (Figura 8) o que sugere ser esta uma forma de compensação existente nas plantas deficientes, concentrando nas folhas a maior proporção possível do S na forma disponível para a posterior redistribuição.

Durante o ciclo normal do feijoeiro, observou-se em todos os tratamentos, que a maior fração do S redistribuído ocorreu entre os 2º e 3º estádios, que se apresentou ao redor de 40 a 60% do total absorvido. Entre o 1º e 2º estádio este valor ficou em torno de 30% do total (Tabela 6 e Figuras 4 a 7).

Os dados obtidos referentes à redistribuição do S em feijoeiro estão parcialmente de acordo com a literatura, onde NETTO *et alii* (1971) observaram em feijoeiro aos 40 - 50 dias após a semeadura, uma queda brusca no teor percentual de S foliar e GALLO e MYASAKA (1961) que evidenciaram a tendência do S em migrar para partes jovens ainda em formação. Por outro

lado estes mesmos autores e WOOD (1942) observaram uma diminui
ção mais evidente neste teor foliar, quando a cultura foi con
duzida em níveis deficientes do S, sendo que no presente en
saio, o teor de S-foliar sofreu pequena diminuição, uma vez
que, devido às condições de deficiência, o mesmo já era
muito baixo. Ainda, os dados obtidos contrariam aqueles obti
dos por WOOD (1942) onde o autor afirma que exceto em condi
ções de deficiência o S-sulfato é relativamente imóvel nas fo
lhas de diferentes culturas e o enxofre necessário é transpor
tado das raízes para as áreas onde for requerido.

4.2.3. Formas de translocação

Uma vez constatado a redistribuição do S, tanto
para plantas do tratamento completo como para S-deficiente, os
dados da Tabela 10 e das Figuras 4 a 7, sugerem a hipótese de
que o S é absorvido pelas raízes e conduzido até as folhas, on
de sofre uma "transformação" para uma forma diferente daquela
absorvida pelas raízes. Somente depois disto é que o S poderá
então ser redistribuído para outros órgãos. Assim, estas fo
lhas, funcionariam como unidade de preparo do S a ser redistri
buido no momento exato da formação do fruto (vagem). Conforme
se observa nas Figuras 5 e 7, entre o 2º e 3º estágio, no qual
ocorre a formação das vagens, as folhas novas formadas neste
período contam com uma parcela insignificante do ³⁵S redistri
buido, mas cujo teor de S-foliar é praticamente igual às fo

lhas mais velhas (tratamento II.2.1. e II.2.2., Figura 9) e do mesmo modo para o tratamento V.2.1. e V.2.2., Figura 10). Isto indica, que estas folhas novas, receberam o S quase que totalmente da solução nutritiva, porém, quanto aos grãos, nota-se que os mesmos acumularam em termos de atividade, acima de 80% do total do S que foi redistribuído e que as folhas mais velhas que haviam acumulado ^{35}S até o 2º estágio, sofreram uma redução na atividade no 3º estágio, de 51,5% para 16,9% para o tratamento completo (Figura 5) e de 68,7% para 27,0% para o tratamento deficiente em S (Figura 7). Ainda, a Tabela 7 e as Figuras 9 e 10, mostram que apesar da redução ocorrida na atividade foliar, o seu teor de S-total (%) sofreu somente uma pequena alteração, quando se compara folhas velhas e novas dentro do mesmo estágio ou entre o 2º e 3º estágio. É justamente esta redução da atividade (que representa a retirada de S-foliar), sem no entanto ser acompanhada proporcionalmente da diminuição do teor de S, indicando ter havido nestas folhas uma reposição do S redistribuído, vindo da raiz (solução nutritiva), que sugere a dependência deste elemento em passar primeiro pelas folhas, ser transformado e depois sofrer redistribuição, principalmente para os grãos em formação.

Caso contrário, estas plantas, principalmente aquelas conduzidas em solução nutritiva completa, onde o S se encontrava disponível (evidenciado pelo alto teor de S nas raízes, segundo Figura 9), poderia efetivamente transportar diretamente das raízes o S necessário para os grãos. Além disto,

nota-se que as raízes mantiveram durante todo o ciclo uma alta concentração de S, mas que, praticamente contribuíram muito pouco na fração de ^{35}S redistribuído (Figuras 4 e 5).

Embora não tenha sido encontrado nenhuma literatura a respeito, seja por falta de acesso às mesmas, ou por não existir simplesmente nenhum trabalho que possa sugerir qualquer hipótese a respeito, é provável que exista alguma diferença entre o complexo enzimático foliar ligado ao metabolismo do S e o daquele existente no sítio de formação do grão, o que possibilitaria a este último, somente metabolizar e incorporar uma forma de S pré-elaborado nas folhas destas plantas.

Quanto à natureza deste composto, se orgânica ou inorgânica parece uma questão ainda sem resposta definitiva, sendo os dados da literatura escassos e bastante vagos.

Segundo THOMAS *et alii* (1944a), o S-orgânico foliar foi transformado em S-inorgânico para ser translocado e voltando novamente à forma orgânica nas raízes e grãos. NIGHTINGALE *et alii* (1953), observaram em cultura de tomateiro que os compostos orgânicos de S, uma vez sintetizados podem subsequentemente sofrer proteólise, ser translocados e reutilizados nos tecidos meristemáticos. Todavia, ERGLE (1954) não observou nenhuma evidência desta translocação e reutilização do enxofre em seus estudos com algodoeiro. Quanto à forma orgânica de S, segundo TOLBERT e WIEBE (1955) nada pode ser evidenciado quando se analisou a seiva dos xilemas de *Hordeum vulgare* (cevada),

Spinacea oleracea (espinafre) e *Cucumis sativus* (pepino).

Segundo os dados obtidos no presente ensaio, através das Tabelas 8 e 9 e Figuras 11 a 14, onde são apresentados os teores de $S-SO_4^{=}$ e S-orgânico em função dos estádios de desenvolvimento e do crescimento apresentado entre cada período, observa-se para as plantas cultivadas em solução nutritiva completa, que os teores de $S-SO_4^{=}$ foliar (Figura 11), que se apresentou como o principal órgão envolvido no processo de redistribuição, apresenta redução na folha adulta que cedeu o S e um aumento na folha nova que recebeu S, evidenciando ser o $S-SO_4^{=}$ uma provável forma de redistribuição deste elemento. Por outro lado, os teores de S-orgânico, Figura 13, apresentam comportamento semelhante, sugerindo que uma parte do S-orgânico foliar (fração disponível) se oxida a sulfato e se redistribui para os órgãos em formação.

Quanto às plantas do tratamento S-deficiente, as variações nos teores de $S-SO_4^{=}$ e S-orgânico, Figuras 12 e 14, respectivamente, se mostram insuficientes para quaisquer conclusões, apresentando uma leve tendência contrária ao observado no tratamento completo, ou seja, teores mais elevados de $S-SO_4^{=}$ em folhas adultas do que em folhas novas. Provavelmente, devido ao metabolismo do enxofre ser mais intenso nestas plantas, provocado pela deficiência do mesmo, além da possibilidade de que o próprio teor muito baixo de S tenha fugido à sensibilidade dos métodos analíticos empregados, ficando demonstrado, não ser aconselhável trabalhar com plantas deficientes em

Tabela 8 - Médias do teor de $S-SO_4^{=}$ no feijoeiro cultivado em soluções nutritivas completa e com deficiência de S, em função dos estádios de desenvolvimento e do crescimento apresentado entre cada período.

Tratamentos	Partes da Planta ($S-SO_4^{=}$ %)					
	raiz	caule+ramos	folhas	flores	pericarpo	grãos
19 estádio						
I.1	0,173	0,163	0,038	--	--	--
IV.1	0,153	0,145	0,026	--	--	--
29 estádio						
I.2.1.	0,318	0,105	0,013	--	--	--
I.2.2.	--	0,059	0,092	0,046	--	--
II.1.	0,317	0,100	0,066	0,034	--	--
IV.2.1.	0,009	0,031	0,005	--	--	--
IV.2.2.	--	0,012	0,002	0,026	--	--
V.1.	0,016	0,002	0,005	0,007	--	--
Fim do Ciclo						
I.3.1.	0,351	0,118	0,027	--	--	--
I.3.2.	--	0,039	0,025	--	0,040	0,010
II.2.1.	0,297	0,065	0,024	--	--	--
II.2.2.	--	0,046	0,032	--	0,039	0,010
III.1.	0,260	0,067	0,031	--	0,002	0,002
IV.3.1.	0,007	0,030	0,027	--	--	--
IV.3.2.	--	ND	0,022	--	0,001	ND
V.2.1.	0,004	ND	0,014	--	--	--
V.2.2.	--	ND	0,013	--	ND	0,021
VI.1.	0,012	ND	0,015	--	ND	ND

Figura 11 - Teor de $S-SO_4$ nos diferentes órgãos do feijoeiro cultivado em solução nutritiva completa, em função dos estádios de desenvolvimento e do crescimento ocorrido após o 1º e 2º estágio, até o fim do ciclo.

Figura 12 - Teor de $S-SO_4$ nos diferentes órgãos do feijoeiro cultivado em solução nutritiva com deficiência de S, em função dos estádios de desenvolvimento e do crescimento ocorrido após o 1º e 2º estágio, até o fim do ciclo.

Tabela 9 - Médias do teor de S-orgânico no feijoeiro cultivado em soluções nutritivas completa e com deficiência de S, em função dos estádios de desenvolvimento e do crescimento apresentado entre cada período.

Tratamentos	Partes da Planta (S-orgânico %)					
	raiz	caule+ramos	folhas	flores	pericarpo	grãos
1º estágio						
I.1	0,607	0,431	0,530	--	--	--
IV.1	0,041	0,006	0,119	--	--	--
2º estágio						
I.2.1.	0,443	0,053	0,074	--	--	--
I.2.2.	--	0,101	0,175	0,377	--	--
II.1.	0,317	0,133	0,118	0,226	--	--
IV.2.1.	0,070	0,041	0,065	--	--	--
IV.2.2.	--	0,051	0,115	0,019	--	--
V.1.	0,060	0,022	0,031	0,054	--	--
Fim do Ciclo						
I.3.1.	0,209	0,058	0,059	--	--	--
I.3.2.	--	0,045	0,107	--	0,058	0,071
II.2.1.	0,363	0,029	0,074	--	--	--
II.2.2.	--	0,059	0,073	--	0,023	0,127
III.1.	0,322	0,023	0,067	--	0,092	0,140
IV.3.1.	0,043	0,034	0,042	--	--	--
IV.3.2.	--	0,062	0,082	--	0,033	0,073
V.2.1.	0,045	0,022	0,095	--	--	--
V.2.2.	--	0,055	0,094	--	0,032	0,063
VI.1.	0,036	0,017	0,067	--	0,057	0,053

Figura 13 - Teor de S-orgânico nos diferentes órgãos do feijoeiro cultivado em solução nutritiva completa, em função dos estádios de desenvolvimento e do crescimento ocorrido após o 1º e 2º estágio, até o fim do ciclo.

Figura 14 - Teor de S-orgânico nos diferentes órgãos do feijoeiro cultivado em solução nutritiva com deficiência de S, em função dos estádios de desenvolvimento e do crescimento ocorrido após o 1º e 2º estágio, até o fim do ciclo.

S para semelhantes estudos em feijoeiro.

Conclui-se pela discussão apresentada que este assunto se mostra bastante conflitante, uma vez que se o enxofre se redistribui na forma de $S-SO_4^{=}$, porque o mesmo não é fornecido aos grãos em formação diretamente das raízes, notadamente disponível no tratamento S-completo? Qual seria a razão deste elemento ter que passar primeiro pelas folhas, sendo que elas redistribuem a mesma forma de enxofre ($S-SO_4^{=}$) que também recebem diretamente das raízes?

Como sugestão, pode-se aventar a possibilidade de que a forma de S redistribuído das folhas para as vagens venha a ser um sulfato-orgânico, mais precisamente um éster de sulfato, sendo conhecido a atividade da enzima arilsulfatase (E.C. 3.1.6.1.1) em plantas, desde 1957 por Baum e Dodgson, além de outros trabalhos posteriores, conforme citado por SAMIULLAH e AFRIDI (1977), que detectaram a atividade desta enzima, que hidrolisa arilsulfatos liberando o $S-SO_4^{=}$ em plantas de milho *Zea mays* (L.).

Estas enzimas, segundo o autor, são bastante ativas em plantas, sugerindo a possibilidade de sua participação no papel de desulfatação destes ésteres de sulfatos. Ainda, a mistura redutora do método analítico empregado segundo JOHNSON e NISHITA (1952), para análise do sulfato em plantas, reduz tanto as formas livres de S, como ésteres de sulfato e polissacarídeos sulfatados.

Deste modo, fica bem claro a necessidade de muito

tos trabalhos a serem ainda realizados para se obter maiores esclarecimentos sobre toda a problemática da redistribuição do enxofre em plantas.

5. CONCLUSÕES

Em função da discussão apresentada em torno dos dados de produção de matéria seca, grãos e das análises químicas dos diferentes órgãos destas plantas nos teores de S-total, S-sulfato, S-orgânico e da atividade detectada devido à presença de ^{35}S -total, tornou-se possível, nas condições do presente ensaio, concluir que:

a) O enxofre sofre redistribuição, tanto em plantas cultivadas em solução nutritiva completa como em solução nutritiva deficiente.

b) A redistribuição do S previamente absorvido foi maior no caso de plantas deficientes, entretanto, a quantidade total que sofreu redistribuição foi maior em se tratando de plantas do tratamento completo.

c) A máxima redistribuição do enxofre, ocorreu na época da formação de grãos, que concentrou a maior fração do S-redistribuído e que fora proveniente das folhas adultas, que por sua vez, se apresentaram como os principais órgãos em

volvidos no processo de redistribuição do enxofre.

d) Durante o ciclo completo do feijoeiro, a fra
ção máxima de S redistribuído ocorreu entre o 2º e 3º estágio
para ambos os tratamentos, que apresentaram valores entre 40 a
60% do total absorvido. Entre o 1º e 2º estágio este valor fi
cou em torno de 30% e ocorreu principalmente de folhas adultas
para as folhas novas, formadas neste período.

e) O enxofre se redistribui nestas plantas, na
sua forma inorgânica, muito provavelmente como sulfato, embora,
este fato, tenha sido possível observar apenas nas plantas do
tratamento completo.

6. LITERATURA CITADA

- ALLAWAY, W.H. e THOMPSON, J.F. 1966. Sulfur in the nutrition of plants and animals. *Soil Sci.*, 101(4):240-247.
- ALMEIDA, D.L.; ROCHA, A.C.M.; EIRA, P.A.; PACOVA, B.E.V. e SUHET, A.R. 1972. Adubação mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) baseada na análise de solos dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. In: VII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, Itabuna, BA, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- BIDDULPH, O.; CoRY, R. e BIDDULPH, S. 1956. The absorption and translocation of sulfur in red kidney bean. *Plant Physiol.*, 31:28-33.
- BLAIR, G.J.; FERNANDO, G.W.E.; CROFTS, F.C. e CARTER, O. G. 1970. The influence of temperature on the growth and sulfur uptake of oats (*Avena sativa*, L.). *Comm. in Soil Sci. and Plant Analysis*, 1(2):115-122.
- BLAIR, G.J. 1971. The sulphur cycle. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.*, 113-121.

- BOUMA, D. 1967. Nutrient uptake and distribution in subterranean clover during recovery from nutritional stresses. *Aust. J. Biol. Sci.*, 20:613-621.
- EATON, S.V. 1951. Volatile sulphur content of black mustard plants. *Bot. Gaz.*, 104:82-89.
- EPPENDORFER, W.H. 1971. Effects of S, N and P on amino acid composition of field beans (*Vicia faba*) and responses of the biological value of the seed protein to S-amino acid content. *J. Sci. Fd. Agric.*, 22:501-505.
- ERGLE, D.R. 1954. Utilization of storage sulfur by cotton and the effect on growth and chloroplast pigments. *Bot. Gaz.*, 115:225-234.
- GALLO, J.R. e MIYASAKA, S. 1961. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação. *Bragantia*, 20(40):867-884.
- GILBERT, F.A. 1951. The place of sulfur in plant nutrition. *The Bot Rev.*, 17(9):671-691. New York.
- HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H. e GARCIA BLANCO, H. 1967. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. *Bragantia*, 26(30):381-391.
- HARRISON, B.F.; THOMAS, M.D. e HILL, G.R. 1944. Radioautographs showing the distribution of sulphur in wheat. *Plant Physiol.*, 19:245-257.
- HARWOOD, J.L. e NICHOLLS, R.G. 1979. The plant sulpholipid - a major component of the sulfur cycle. *Biochem. Soc. Transactions*, 7:440-447.

- INGELSTEN, B. 1966. Absorption and transport of sulfate by wheat at varying mannitol concentration in the medium. *Physiol. Plant*, 19:563-579.
- JOHNSON, C.M. e NISHITA, H. 1952. Microestimation of sulfur in plant materials, soils and irrigation waters. *Anal. Chem.*, 24:736-742.
- JORDAN, H.V. e ENSMINGER, L.E. 1958. The role of sulfur in soil fertility. *Adv. Agron.*, 10:407-434.
- KYLIN, A. 1953. The uptake and metabolism of sulphate by deseeded wheat plants. *Physiol. Plant*, 6:775-795.
- KYLIN, A. 1960. The incorporation of radio-sulphur from external sulphate into different sulphur fractions of isolated leaves. *Physiol. Plant*, 13:366-379.
- KYLIN, A. 1966. The effect of light, carbon dioxide, and nitrogen nutrition on the incorporation of S from external sulphate into different S-containing fractions in *Scenedesmus* with special reference to lipid S. *Physiol. Plant*, 19:883-887.
- LAUCHLI, A. 1972. Translocation of inorganic solutes. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 23:197-218.
- LINZON, S.N. 1972. Effects of sulphur oxides on vegetation. *The Forestry Chronicle*, 48(4):1-5.
- LIPMANN, F. 1958. Biological sulfate activation and transfer. *Science*, 128:575-580.
- LOPEZ, A.S. e QUESNEL, V.C. 1976. Methyl-S-methionine sulphonium salt: a precursor of dimethyl sulphide in cacao.

J. Sci. Fd. Agric., 27:85-88.

MALAVOLTA, E. 1952. Estudos químicos agrícolas sobre o enxofre. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, 9:39-130.

MALAVOLTA, 1971. Nutrição e adubação. *Anais do I Simposio Brasileiro de Feijão*, Campinas, 22-29 de agosto, p-211-242.

MALAVOLTA, E. 1975. Práticas de Nutrição Mineral de Plantas do Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 65 p. (Mimeo.).

MILLER, D.S. e NAISMITH, D.J. 1958. A correlation between sulphur content and net dietary-protein value. *Nature*, 182:1786.

NETTO, A.C.; ACCORSI, W.R. e MALAVOLTA, E. 1971. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L., var. Roxinho). *Anais da ESALQ*, 28:257-274.

NIGHTINGALE, G.T.; SCHERMERHORN, L.G. e ROBBINS, W.R. 1932. Effects of sulphur deficiency on metabolism in tomato. *Plant Physiol.*, 7(4):565-595.

PATTERSON, M.S. e GREENE, R.C. 1965. Measurement of low energy beta-emitters in aqueous solution by liquid scintillation counting of emulsions. *Anal. Chem.*, 37:854-857.

PETTERSON, S. 1960. Ion absorption in young sunflower plants. I - Uptake and transport mechanisms for sulfate. *Physiol. Plant*, 13:133-147.

PETTERSON, S. 1966a. Active and passive components of sulfate uptake in sunflower plant. *Physiol. Plant*, 19:459-492.

- PETTERSON, S. 1966b. Artificially induced water and sulfate transport through sunflower roots. *Physiol. Plant*, 19:581-601.
- PORTER, W.M.; MANER, J.H.; AXTELL, J.D. e KEIM, W.F. 1974. Evaluation of the nutritive quality of grain legumes by an analysis for total sulfur. *Crop Sci.*, 14:652-654.
- SAMIULLAH, A.A.F. e AFRIDI, M.M.R.K. 1977. Arylsulphatase activity of corn (*Zea mays*, L.) seedling roots. *Planta*, 133:157-160.
- STUBBS, R.D. 1973. Liquid scintillation counting. In: FAIRER, R.A. e PARKS, R.H. ed. Radioisotope Laboratory Techniques. 3^a ed, London, Butterworth, cap. 17, p.209-31.
- TABATABAI, M.A. e BREMMER, J.M. A simple turbidimetric method of determining total sulfur in plant materials. *Agron. J.*, 62:805-806.
- TERRY, N. 1976. Effects of sulfur on the photosynthesis of intact leaves and isolated chloroplasts of sugar beets. *Plant Physiol.*, 57(4):477-479.
- THOMAS, M.D.; HENDRICKS, R.H. e HILL, G.R. 1944a. Some chemical reactions of sulphur dioxide after absorption by alfalfa and sugar beets. *Plant Physiol.*, 19:212-226.
- THOMAS, M.D.; HENDRICKS, R.H.; BRYNER, L.C. e HILL, G. R. 1944b. A study of the sulphur metabolism of wheat, barley and corn using radioactive sulphur. *Plant Physiol.*, 19:227-244.
- THOMAS, M.D.; HENDRICKS, R.H. e HILL, G.R. 1950. Sulfur Me

- tabolism in alfafa. *Soil Sci.*, 70(1):19-26.
- THOMPSON, J.F. 1967. Sulfur metabolism in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, (18):59-84.
- TOLBERT, N.E. e WIEBE, H. 1955. Phosphorus and sulfur compounds in plant xilem sap. *Plant Physiol.*, 30:499-504.
- WIEBE, H.H. e WIHRHEIM, S.E. 1962. The influence of internal moisture stress on translocation. In: *Radioisotopes in Soil. Plant Nutrition Studies*. Ed. International Atomic Energy Agency. Viena. p.279.
- WILSON, L.G. 1962. Metabolism of sulfate: sulfate reduction. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 13:201-224.
- WOOD, J.G. 1942. Metabolism of sulphur in plants. *Cronica Botanica*, 7(1):1-4.
- ZIEGLER, I. 1975. The effects of SO₂ pollution on plant metabolism. *Res. Rev.*, 56:79-105.

A P Ê N D I C E

Tabela 10 - Produção de matéria seca de feijoeiro cultivado em solução nutritiva com concentrações crescentes de S, colhido na época inicial da formação de vagens (47 dias).

Enxofre adicionado como Na_2SO_4 (milimoles de S/l)	Partes da Planta (g)				
	raiz	caule+ramos	folhas	folhas+vagens	Total
0,0	4,08	6,21	7,93	0,84	19,06
0,0	3,36	5,89	7,77	0,66	17,68
0,0	4,28	6,65	8,48	0,94	20,36
0,0	3,57	5,73	7,83	0,51	17,64
Média	3,91	6,12	8,00	0,74	18,68
0,1	4,04	14,33	9,66	1,55	29,58
0,1	3,26	6,42	5,15	1,11	15,94
0,1	3,31	8,33	8,92	1,24	21,80
0,1	4,13	12,83	13,90	0,83	31,69
Média	3,68	10,48	9,42	1,18	24,75
0,5	2,75	5,86	9,25	1,03	18,89
0,5	3,14	8,31	11,66	1,07	24,18
0,5	3,27	8,50	13,28	1,12	26,07
0,5	3,06	8,96	10,04	1,29	23,35
Média	3,05	7,91	11,06	1,13	23,12
1,0	3,17	6,17	9,73	1,18	20,25
1,0	2,43	7,17	10,66	1,03	20,74
1,0	3,05	7,73	9,13	0,75	20,66
1,0	2,98	7,21	9,05	0,55	20,19
Média	2,92	7,07	9,49	0,88	20,46
2,0	3,48	10,63	11,84	1,74	27,42
2,0	3,51	8,62	11,83	1,55	25,52
2,0	3,19	11,04	11,61	1,84	27,68
2,0	3,03	8,86	10,53	1,37	23,79
Média	3,30	9,79	11,45	1,62	26,10

Tabela 11 - Teor de S-total na matéria seca de feijoeiro cultivado em solução nutritiva com concentrações crescentes de S, colhido na época inicial de formação de vagens (43 dias).

Enxofre adicionado como Na_2SO_4 (Milímoles de S)	Partes da Planta (S-total %)			
	raiz	caule+ramos	folhas	flores+vagens
0,0	0,072	0,136	0,064	0,064
0,0	0,072	0,024	0,088	0,072
0,0	0,064	0,044	0,128	0,072
0,0	0,080	0,040	0,096	0,072
Média	0,072	0,061	0,094	0,070
0,1	0,080	0,072	0,104	0,112
0,1	0,072	0,088	0,152	0,120
0,1	0,048	0,024	0,104	0,112
0,1	0,072	0,048	0,096	0,088
Média	0,068	0,058	0,114	0,108
0,5	0,531	0,134	0,106	0,131
0,5	0,464	0,128	0,104	0,120
0,5	0,512	0,160	0,112	0,152
0,5	0,608	0,216	0,160	0,176
Média	0,529	0,159	0,120	0,145
1,0	0,688	0,184	0,152	0,192
1,0	0,675	0,240	0,208	0,256
1,0	0,584	0,240	0,128	0,200
1,0	0,541	0,201	0,160	0,182
Média	0,622	0,216	0,162	0,207
2,0	0,635	0,152	0,160	0,144
2,0	0,576	0,144	0,120	0,128
2,0	0,528	0,256	0,128	0,200
2,0	0,680	0,440	0,120	0,160
Média	0,605	0,248	0,132	0,158

Tabela 12 - Produção de grãos e matéria seca total apresentado pela cultura do feijão
 eiro conduzido em solução nutritiva completa e em solução com deficiência
 de S.

Solução nutritiva completa				Solução nutritiva deficiente em S			
Tratamento	Repetição	M.S. total g/planta	Produção grãos g/planta	Tratamento	Repetição	M.S. total g/planta	Produção grãos g/planta
I	1	59,04	33,14	IV	1	34,71	18,49
I	2	53,85	22,84	IV	2	32,44	11,70
I	3	54,91	26,84	IV	3	35,55	19,45
I	4	51,62	28,40	IV	4	39,27	17,90
Média		54,85	27,80	Média		25,49	16,88
II	1	55,10	24,72	V	1	48,87	18,15
II	2	61,21	31,40	V	2	37,11	15,75
II	3	48,72	21,75	V	3	34,94	15,22
II	4	59,15	24,00	V	4	35,00	16,33
Média		56,04	25,46	Média		38,98	16,36
III	1	54,91	26,95	VI	1	32,12	16,61
III	2	57,96	32,14	VI	2	30,02	11,81
III	3	63,75	27,39	VI	3	35,46	14,63
III	4	58,27	26,64	VI	4	39,08	12,90
Média		59,57	28,28	Média		34,17	13,99

Tabela 13 - Produção de matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva com pleta, colhido na fase de formação do ramo principal diferencial (1º estágio, 24 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da Planta (g)			
		raiz	caule+ramos	folhas	total
17	I.1	0,34	0,54	1,63	2,51
22	I.1	0,34	0,55	1,57	2,46
27	I.1	0,35	0,56	1,61	2,52
31	I.1	0,24	0,44	1,18	1,86
Média	I.1	0,32	0,52	1,50	2,34

Tabela 14 - Produção de matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva completa, colhido na época de máximo florescimento (29 estágio, 52 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (g)				
		raiz	caule+ramos	folhas	flores	Total
18	I.2.1	2,37	2,64	4,70	--	9,71
25	I.2.1	1,92	2,61	3,09	--	7,53
26	I.2.1	2,10	2,70	3,65	--	8,45
28	I.2.1	2,52	2,15	5,62	--	10,29
Média		2,23	2,52	4,24	--	8,99
18	I.2.2	--	4,00	6,25	0,34	10,59
25	I.2.2	--	3,90	5,55	0,27	9,72
26	I.2.2	--	4,40	6,77	0,28	11,45
28	I.2.2	--	5,50	6,80	0,30	12,60
Média		--	4,45	6,34	0,29	11,09
34	II.1	2,34	6,54	11,90	0,23	21,01
38	II.1	2,19	6,21	9,98	0,25	18,63
41	II.1	1,94	4,50	8,76	0,15	15,20
46	II.1	2,64	7,40	14,70	0,33	25,12
Média		2,27	6,16	11,33	0,25	19,99

Tabela 15 - Produção de matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva completa, colhido na época de fim de ciclo (84 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (g)					Total
		raiz	caule+ramos	folhas	pericarpo	grãos	
19	I.3.1	2,97	2,70	4,12	--	--	9,79
20	I.3.1	2,75	2,30	6,35	--	--	11,40
21	I.3.1	3,00	3,30	4,02	--	--	10,32
29	I.3.1	2,69	3,07	5,02	--	--	10,78
Média		2,85	2,84	4,68	--	--	10,57
19	I.3.2	--	9,30	8,76	9,36	21,63	49,25
20	I.3.2	--	7,39	5,55	5,47	24,64	42,45
21	I.3.2	--	9,48	8,06	8,06	18,99	44,59
29	I.3.2	--	8,58	5,89	5,89	18,60	40,84
Média		--	8,78	7,19	7,19	20,86	44,28
35	II.2.1	2,90	9,84	11,22	--	--	23,96
39	II.2.1	3,30	11,30	14,43	--	--	29,03
42	II.2.1	3,20	11,80	13,83	--	--	28,91
48	II.2.1	3,20	14,04	14,90	--	--	32,14
Média		3,25	11,76	13,59	--	--	28,51
35	II.2.2	--	0,12	0,40	9,28	21,34	31,14
39	II.2.2	--	0,16	0,37	9,35	22,30	32,18
42	II.2.2	--	0,37	0,89	5,38	15,17	19,61
48	II.2.2	--	0,40	0,56	8,62	17,43	27,01
Média		--	0,26	0,55	7,66	19,06	27,53
3	III.1	3,57	11,36	10,24	8,05	21,69	54,91
5	III.1	4,27	14,25	13,40	6,77	19,27	57,96
9	III.1	4,99	19,15	16,69	7,20	19,13	63,75
10	III.1	3,66	10,67	10,84	10,20	22,90	58,27
Média		4,12	13,85	12,79	8,05	20,75	59,57

Tabela 16 - Produção de matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva com deficiência em S, colhido na época de formação do ramo principal diferencial (1º estágio, 24 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (g)			Total
		raiz	caule+ramos	folhas	
50	IV.1	0,17	0,24	1,12	1,53
51	IV.1	0,18	0,22	1,22	1,62
61	IV.1	0,10	0,17	0,92	1,19
63	IV.1	0,09	0,15	0,78	1,02
Média	"	0,13	0,19	1,01	1,34

Tabela 17 - Produção de matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva com deficiência em S, colhido na época de máximo florescimento (2º estágio, 52 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (g)					Total
		raiz	caule+ramos	folhas	flores		
52	IV.2.1	1,30	0,93	2,60	--	4,88	
58	IV.2.1	1,70	1,35	2,80	--	5,85	
62	IV.2.1	1,23	0,80	2,20	--	4,23	
64	IV.2.1	2,04	1,40	3,64	--	7,08	
Média		1,56	1,13	2,81	--	5,51	
52	IV.2.2	--	2,00	4,50	0,17	6,67	
58	IV.2.2	--	2,40	4,70	0,24	7,34	
62	IV.2.2	--	1,50	3,40	0,11	5,01	
64	IV.2.2	--	2,17	4,47	0,22	6,86	
Média		--	2,02	4,27	0,18	6,47	
66	V.1	2,25	4,94	8,01	0,26	15,46	
68	V.1	1,60	2,55	5,35	0,10	9,60	
72	V.1	2,84	4,07	8,33	0,24	15,48	
79	V.1	3,25	5,37	8,85	0,28	17,75	
Média		2,43	4,23	7,63	0,22	14,57	

Tabela 18 - Produção de matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva com deficiência em S, colhido na época de fim de ciclo (84 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (g)					Total
		raiz	caule+ramos	folhas	pericarpo	grãos	
49	IV.3.1	3,23	1,85	2,81	--	--	7,89
53	IV.3.1	2,53	1,49	1,78	--	--	5,80
57	IV.3.1	2,00	1,02	1,93	--	--	4,95
60	IV.3.1	2,30	1,19	2,75	--	--	6,24
Média		2,51	1,39	2,32	--	--	6,22
49	IV.3.2	--	7,45	5,26	3,12	10,99	26,82
53	IV.3.2	--	5,81	6,56	3,46	10,81	26,64
57	IV.3.2	--	4,09	5,69	4,42	16,40	30,60
60	IV.3.2	--	4,17	6,36	5,04	17,46	33,03
Média		--	5,38	5,97	4,01	13,91	29,27
67	V.2.1	4,30	11,93	5,80	--	--	26,12
70	V.2.1	2,40	5,42	7,52	--	--	15,34
75	V.2.1	3,42	8,75	5,49	--	--	17,66
78	V.2.1	3,38	8,63	7,57	--	--	19,58
Média		3,37	8,68	7,62	--	--	19,67
67	V.2.2	--	0,25	0,44	7,23	14,83	22,75
70	V.2.2	--	0,11	0,35	6,79	14,52	21,77
75	V.2.2	--	0,32	0,41	5,29	11,26	17,28
78	V.2.2	--	0,22	0,45	6,36	8,39	15,42
Média		--	0,22	0,45	6,36	8,39	15,42
82	VI.1	3,27	9,82	9,90	4,15	4,96	32,12
85	VI.1	2,27	4,68	7,36	4,54	11,17	30,02
87	VI.1	3,22	10,30	8,94	4,81	8,19	35,46
90	VI.1	3,60	9,49	9,61	6,49	10,49	39,08
Média		3,09	8,57	8,80	5,00	8,71	34,17

Tabela 19 - Atividade devido ao ^{35}S -total absorvido da solução nutritiva completa até o 19 estágio de desenvolvimento do feijoeiro (24 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (^{35}S -total - cps)		
		raiz	caule+ramos	folhas
17	I.1	3984	5470	18712
22	I.1	3886	4319	8643
27	I.1	3511	3889	10112
31	I.1	2269	2972	12614
Média		3412	4162	12520
				28166
				16848
				17512
				17856
				20095

Tabela 20 - Atividade devido ao ^{35}S -total absorvido até o 1º estágio e a fração trnaslocada para a parte jovem formada até o 1º e 2º estágio e a atividade devido ao ^{35}S -total absorvido da solução nutritiva completa até o 2º estágio de desenvolvimento do feijoeiro (52 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (^{35}S -total - cps)				Total
		raiz	caule+ramos	folhas	flores	
18	I.2.1	3709	4261	5273	--	13198
25	I.2.1	1741	3729	5742	--	11212
26	I.2.1	3385	3710	4756	--	11851
28	I.2.1	4173	2573	6727	--	13473
Média		3251	3557	5624	--	12433
18	I.2.2	--	1848	3031	133	5012
25	I.2.2	--	2043	2774	62	3832
26	I.2.2	--	1619	3974	134	5727
28	I.2.2	--	2222	4644	339	7205
Média		--	1933	3806	167	5706
34	II.1	33485	56067	90571	579	18702
38	II.1	19121	27175	45129	462	92187
41	II.1	10718	17678	26296	307	54999
46	II.1	26564	27099	72251	906	126820
Média		22471	32005	58562	564	113677

Tabela 21 - Atividade devido ao ^{35}S -total absorvido até o 1º e 2º estágio e a fração translocada para a parte mais jovem que se formou posteriormente até o 3º estágio e ao ^{35}S -total absorvido da solução nutritiva completa até o 3º estágio de desenvolvimento do feijoeiro (84 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (^{35}S -total - cps)					Total
		raiz	caule+ramos	folhas	pericarpo	grãos	
19	I.3.1	2602	2594	2031	--	--	7227
20	I.3.1	2387	2868	3410	--	--	8665
21	I.3.1	3675	3290	1962	--	--	8927
29	I.3.1	2412	3066	3163	--	--	8641
Média		2769	2955	2641	--	--	8365
19	I.3.2	--	2632	4152	2096	5021	13901
20	I.3.2	--	2409	1521	1335	5577	10842
21	I.3.2	--	1327	2410	1314	5374	10425
29	I.3.2	--	1176	2276	1602	4445	9493
Média		--	1886	2588	1587	5104	11165
35	II.2.2	20897	24718	14676	--	--	60291
39	II.2.2	24179	24510	18802	--	--	67491
42	II.2.2	08298	18105	23967	--	--	50370
48	II.2.2	21603	25258	15660	--	--	62521
Média		18744	23148	18276	--	--	60168
35	II.2.2	--	141	114	08723	50554	59532
39	II.2.2	--	108	385	10724	44666	55883
42	II.2.2	--	380	189	05837	24059	30465
48	II.2.2	--	338	931	05870	39880	47019
Média		--	242	405	7789	39740	48225
3	III.1	40516	32542	19773	34961	85003	212777
5	III.1	63243	40997	22284	29659	50198	206381
9	III.1	62195	52452	25786	21853	67892	230178
10	III.1	45029	29193	19447	32273	78501	204443
Média		52746	38791	21823	29687	70399	213445

Tabela 22 - Atividade devido ao ^{35}S -total absorvido da solução nutritiva com deficiência em S, até o 19 estágio de desenvolvimento do feijoeiro (24 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (^{35}S -total - cps)		
		raiz	caule+ramos	folhas
50	IV.1	13313	12860	62538
51	IV.1	15538	11760	47901
61	IV.1	06532	12365	41313
63	IV.1	07705	10006	27822
Média		10772	11747	44893
				Total
				88711
				75199
				60210
				45533
				67413

Tabela 23 - Atividade devido ao ^{35}S -total absorvido até o 1º estágio e a fração translocada para a parte jovem formada entre o 1º e 2º estágio e ao ^{35}S -total absorvido da solução nutritiva com deficiência em S, até o 2º estágio de desenvolvimento do feijoeiro (52 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (^{35}S -total - cps)			
		raiz	caule+ramos	folhas	total
52	IV.2.1	7970	5834	27742	41546
58	IV.2.1	8993	5863	22173	37029
62	IV.2.1	6135	5709	15708	27552
64	IV.2.1	10771	7395	34406	52626
Média		8467	6200	25021	39688
52	IV.2.2	--	4050	17280	21723
58	IV.2.2	--	5551	19237	25304
62	IV.2.2	--	3108	9231	12828
64	IV.2.2	--	5466	18609	24828
Média		--	4544	16089	21079
66	V.1	36277	47379	218464	307960
68	V.1	32587	41741	185559	262490
72	V.1	42029	38299	188266	274736
79	V.1	43722	49656	182452	283231
Média		38653	44269	193685	282104

Tabela 24 - Atividade devido ao ^{35}S -total absorvido até o 1º e 2º estágio e a fração translocada para a parte mais jovem que se formou posteriormente até o 3º estágio e ao ^{35}S -total absorvido da solução nutritiva com deficiência em S até o 3º estágio de desenvolvimento do feijoeiro (84 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (^{35}S -total-cps)					Total
		raiz	caule+ramas	folhas	pericarpo	grãos	
49	IV.3.1	6243	2534	13314	--	--	22091
53	IV.3.1	0324	2819	09688	--	--	12831
57	IV.3.1	4166	2948	12983	--	--	20117
60	IV.3.1	5297	1383	12127	--	--	18807
Média		4012	2421	12028	--	--	18461
49	IV.3.2	--	2734	5165	1189	17584	24672
53	IV.3.2	--	0895	1686	0315	14226	17122
57	IV.3.2	--	2552	5724	1542	25125	34943
60	IV.3.2	--	2323	7225	2061	22523	34132
Média		--	2126	4950	1277	19864	28217
67	V.2.1	33662	58689	72672	--	--	144983
70	V.2.1	21437	16910	58551	--	--	96898
75	V.2.1	25373	29277	40357	--	--	95007
78	V.2.1	24596	29825	73164	--	--	127585
Média		26257	28675	61186	--	--	116118
67	V.2.2	--	561	0516	15953	021652	37782
70	V.2.2	--	207	0926	16819	130288	148240
75	V.2.2	--	294	1257	14315	127598	143464
78	V.2.2	--	262	1821	26140	083497	111720
Média		--	331	1130	18081	90759	110301
82	VI.1	64484	155136	219443	43920	147094	629977
85	VI.1	45171	070410	209407	34794	292207	651989
87	VI.1	60082	089043	204556	47479	138640	539800
90	VI.1	61128	070710	163333	55632	127149	477952
Média		57716	96325	199185	45431	176272	574929

Tabela 25 - Teor de S-total na matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva completa, colhido na época de formação do ramo principal diferençial (1º estágio, 24 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (S-total %)		
		raiz	caule+ramos	folhas
17	I.1	0,886	0,756	0,868
22	I.1	0,864	0,594	0,416
27	I.1	0,758	0,525	0,475
31	I.1	0,715	0,511	0,513
Média		0,806	0,596	0,568

Tabela 26 - Teor de S-total na matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva completa, colhidos na época de máximo florescimento (2º estágio, 52 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (S-total %)			
		raiz	caule+ramos	folhas	flores
18	I.2.1	0,800	0,192	0,088	--
25	I.2.1	0,830	0,096	0,104	--
26	I.2.1	0,810	0,208	0,088	--
28	I.2.1	0,608	0,136	0,072	--
Média		0,762	0,158	0,088	--
18	I.2.2	--	0,112	0,296	0,571
25	I.2.2	--	0,136	0,312	0,180
26	I.2.2	--	0,256	0,248	0,275
28	I.2.2	--	0,136	0,216	0,666
Média		--	0,160	0,343	0,423
34	II.1	0,603	0,232	0,200	0,137
38	II.1	0,585	0,216	0,080	0,155
41	II.1	0,720	0,248	0,160	0,430
46	II.1	0,630	0,237	0,288	0,320
Média		0,635	0,233	0,182	0,260

Tabela 27 - Teor de S-total na matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva completa, colhido na época de fim do ciclo (84 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (S-total %)				
		raiz	caule+ramos	folhas	pericarpo	grãos
19	I.3.1	0,600	0,144	0,088	--	--
20	I.3.1	0,456	0,176	0,096	--	--
21	I.3.1	0,542	0,200	0,080	--	--
29	I.3.1	0,640	0,184	0,080	--	--
Média		0,559	0,176	0,086	--	--
19	I.3.2	--	0,088	0,248	0,104	0,080
20	I.3.2	--	0,056	0,088	0,088	0,104
21	I.3.2	--	0,104	0,096	0,088	0,070
29	I.3.2	--	0,088	0,096	0,112	0,070
Média		--	0,084	0,132	0,098	0,081
35	II.2.1	0,639	0,104	0,056	--	--
39	II.2.1	0,585	0,088	0,088	--	--
42	II.2.1	0,641	0,088	0,144	--	--
48	II.2.1	0,776	0,088	0,104	--	--
Média		0,660	0,092	0,098	--	--
35	II.2.2	--	0,143	0,107	0,040	0,136
39	II.2.2	--	0,095	0,132	0,096	0,128
42	II.2.2	--	0,103	0,095	0,050	0,151
48	II.2.2	--	0,080	0,068	0,016	0,136
Média		--	0,105	0,105	0,058	0,138
3	III.1	0,536	0,096	0,104	0,095	0,143
5	III.1	0,624	0,080	0,080	0,080	0,151
9	III.1	0,584	0,088	0,104	0,103	0,172
10	III.1	0,564	0,088	0,104	0,097	0,103
Média		0,582	0,088	0,098	0,094	0,142

Tabela 28 - Teor de S-total na matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nu
tritiva com deficiência em S, colhido na época de formação do ramo
principal diferencial (1º estágio, 24 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (S-total %)		
		raiz	caule+ramos	folhas
50	IV.1	0,141	0,096	0,139
51	IV.1	0,155	0,096	0,125
61	IV.1	0,117	0,131	0,171
63	IV.1	0,154	0,120	0,147
Média		0,142	0,111	0,145

Tabela 29 - Teor de S-total na matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva com deficiência em S, colhido na época de máximo florescimento (29 estágio, 52 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (S-total %)			
		raiz	caule+ramos	folhas	flores
52	IV.2.1	0,080	0,064	0,080	--
58	IV.2.1	0,080	0,072	0,049	--
62	IV.2.1	0,120	0,083	0,072	--
64	IV.2.1	0,040	0,072	0,080	--
Média		0,080	0,073	0,070	--
52	IV.2.2	--	0,088	0,104	0,027
58	IV.2.2	--	0,040	0,104	0,035
62	IV.2.2	--	0,096	0,136	0,045
64	IV.2.2	--	0,032	0,124	0,071
Média		--	0,064	0,117	0,044
66	V.1	0,104	0,024	0,032	0,075
68	V.1	0,104	0,024	0,040	0,026
72	V.1	0,072	0,016	0,040	0,075
79	V.1	0,024	0,032	0,032	0,066
Média		0,076	0,024	0,036	0,060

Tabela 30 - Teor de S-total na matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva com deficiência em S, colhido na época de fim de ciclo (84 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (S-total %)				
		raiz	caule+ramos	folhas	pericarpo	grãos
49	IV.3.1	0,024	0,072	0,048	--	--
53	IV.3.1	0,064	0,067	0,075	--	--
57	IV.3.1	0,048	0,054	0,064	--	--
60	IV.3.1	0,064	0,056	0,088	--	--
Média		0,050	0,062	0,069	--	--
49	IV.3.2	--	0,096	0,104	0,048	0,080
53	IV.3.2	--	0,056	0,120	0,040	0,048
57	IV.3.2	--	0,072	0,080	0,032	0,096
60	IV.3.2	--	0,024	0,112	0,016	0,072
Média		--	0,062	0,104	0,034	0,074
67	V.2.1	0,056	0,024	0,200	--	--
70	V.2.1	0,072	0,040	0,095	--	--
75	V.2.1	0,024	0,016	0,064	--	--
78	V.2.1	0,048	0,008	0,080	--	--
Média		0,050	0,022	0,109	--	--
67	V.2.2	--	0,045	0,097	0,048	0,080
70	V.2.2	--	0,031	0,104	0,032	0,088
75	V.2.2	--	0,091	0,115	0,032	0,112
78	V.2.2	--	0,054	0,112	0,016	0,056
Média		--	0,055	0,107	0,032	0,084
82	VI.1	0,040	0,024	0,088	0,048	0,064
85	VI.1	0,072	0,019	0,112	0,096	0,056
87	VI.1	0,040	0,016	0,064	0,056	0,040
90	VI.1	0,040	0,008	0,064	0,032	0,051
Média		0,048	0,017	0,084	0,058	0,053

Tabela 31 - Teor de $S-SO_4$ na matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva completa, colhido na época de formação do ramo principal diferençial (1º estágio, 24 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta ($S-SO_4$ %)		
		raiz	caule+ramos	folhas
17	I.1	0,0823	0,1273	0,0224
22	I.1	0,2203	0,1798	0,0395
27	I.1	0,2631	0,1668	0,0395
31	I.1	0,2310	0,1766	0,0502
Média		0,1739	0,1626	0,0379

Tabela 32 - Teor de $S-SO_4$ na matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva completa, colhido na época de máximo florescimento (2º estágio, 52 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta ($S-SO_4$ %)			
		raiz	caule+ramos	folhas	flores
18	I.2.1	0,3176	0,1626	0,0181	--
25	I.2.1	0,2444	0,0534	0,0202	--
26	I.2.1	0,3240	0,0673	0,0159	--
28	I.2.1	0,3883	0,1374	ND	--
Média		0,3185	0,1051	0,0135	--
18	I.2.2	--	0,0770	0,0630	0,0502
25	I.2.2	--	0,0393	0,1337	0,0202
26	I.2.2	--	0,0577	0,0588	0,0588
28	I.2.2	--	0,0628	0,1142	0,0545
Média		--	0,0592	0,0924	0,0459
34	II.1	0,3590	0,1123	0,0770	0,0384
38	II.1	0,3304	0,0887	0,0866	0,0352
41	II.1	0,2108	0,1123	0,0309	0,0373
46	II.1	0,3690	0,0866	0,0695	0,0266
Média		0,3173	0,0999	0,0660	0,0343

ND - Não Detectável

Tabela 33 - Teor de $S-SO_4^{=}$ na matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva completa, colhido na época de fim de ciclo (84 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta ($S-SO_4^{=}$ %)				
		raiz	caule/ramos	folhas	pericarpo	grãos
19	I.3.1	0,2590	0,0906	0,0266	--	--
20	I.3.1	0,3335	0,1476	0,0197	--	--
21	I.3.1	0,3078	0,0909	0,0224	--	--
29	I.3.1	0,5030	0,1434	0,0405	--	--
Média		0,3508	0,1181	0,0273	--	--
19	I.3.2	--	0,0652	0,0181	0,0556	0,0138
20	I.3.2	--	0,0181	0,0266	0,0384	0,0074
21	I.3.2	--	0,0384	0,0266	0,0341	0,0127
29	I.3.2	--	0,0352	0,0298	0,0303	0,0074
Média		--	0,0392	0,0252	0,0396	0,0103
35	II.2.1	0,1705	0,0738	0,0163	--	--
39	II.2.1	0,2958	0,0952	0,0149	--	--
42	II.2.1	0,3121	0,0352	0,0298	--	--
48	II.2.1	0,4088	0,0555	0,0363	--	--
Média		0,2968	0,0649	0,0243	--	--
35	II.2.2	--	0,0577	0,0202	0,0416	0,0005
39	II.2.2	--	0,0480	0,0609	0,0502	0,0352
42	II.2.2	--	0,0352	0,0330	0,0320	0,0009
48	II.2.2	--	0,0438	0,0159	0,0309	0,0052
Média		--	0,0461	0,0325	0,0386	0,0104
3	III.1	0,2751	0,0673	0,0309	0,0009	0,0019
5	III.1	0,2522	0,0534	0,0266	0,0018	ND
9	III.1	0,2179	0,0973	0,0420	0,0052	0,0025
10	III.1	0,2950	0,0512	0,0245	ND	0,0030
Média		0,2600	0,0673	0,0310	0,0019	0,0018

ND = Não Detectável.

Tabela 34 - Teor de $S-SO_4$ na matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva com deficiência em S, colhido na época de formação do ramo principal diferencial (1º estágio, 24 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta ($S-SO_4$ %)		
		raiz	caule+ramos	folhas
50	IV.1	0,0309	0,1508	0,0459
51	IV.1	0,1289	0,1626	0,0191
61	IV.1	0,1267	0,1701	0,0106
63	IV.1	0,1252	0,0973	0,0288
Média		0,1529	0,1452	0,0261

Tabela 35 - Teor de $S-SO_4^{--}$ na matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva com deficiência em S, colhido na época de máximo florescimento (2º estágio, 52 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta ($S-SO_4^{--}$ %)			
		raiz	caule+ramos	folhas	flores
52	IV.2.1	0,0057	0,0309	0,0159	--
58	IV.2.1	0,0073	0,0506	0,0009	--
62	IV.2.1	0,0137	0,0384	0,0052	--
64	IV.2.1	0,0116	0,0057	ND	--
Média		0,0095	0,0314	0,0055	--
52	IV.2.2	--	ND	0,0042	0,0224
58	IV.2.2	--	ND	0,0009	0,0224
62	IV.2.2	--	0,0470	0,0006	0,0406
64	IV.2.2	--	0,0031	0,0009	0,0170
Média		--	0,0125	0,0016	0,0256
66	V.1	0,0202	0,0035	0,0035	ND
68	V.1	0,0288	0,0099	0,0199	0,0183
72	V.1	0,0074	0,0031	0,0031	0,0035
79	V.1	0,0074	0,0031	0,0031	0,0063
Média		0,0159	0,0049	0,0049	0,0070

ND - Não Detectável.

Tabela 36 - Teor de $S=SO_4^{=}$ na matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva com deficiência em S, colhido na época de fim de ciclo (84 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta ($S=SO_4^{=}$)				
		raiz	caule+ramos	folhas	pericarpo	grãos
49	IV.3.1	0,0052	0,0309	0,0094	--	--
53	IV.3.1	0,0009	ND	0,0256	--	--
57	IV.3.1	0,0181	0,0245	0,0395	--	--
60	IV.3.1	0,0031	0,0636	0,0341	--	--
Média		0,0068	0,0297	0,0271	--	--
49	IV.3.2	--	ND	0,0138	ND	0,0009
53	IV.3.2	--	ND	0,0170	0,0042	ND
57	IV.3.2	--	0,0009	0,0352	ND	0,0009
60	IV.3.2	--	ND	0,0224	ND	ND
Média		--	0,0002	0,0221	0,0010	0,0004
67	V.2.1	0,0084	ND	0,0137	--	--
70	V.2.1	0,0095	ND	0,0256	--	--
75	V.2.1	0,0020	ND	0,0105	--	--
78	V.2.1	ND	ND	0,0084	--	--
Média		0,0049	ND	0,0145	--	--
67	V.2.2	--	ND	0,0181	ND	ND
70	V.2.2	--	ND	0,0084	ND	ND
75	V.2.2	--	ND	0,0202	ND	0,0652
78	V.2.2	--	ND	0,0074	ND	0,0181
Média		--	ND	0,0135	ND	0,0211
82	VI.1	0,0053	ND	0,0084	0,0020	ND
85	VI.1	0,0105	ND	0,0005	ND	ND
87	VI.1	0,0245	ND	0,0208	ND	ND
90	VI.1	0,0094	ND	0,0224	ND	ND
Média		0,0124	ND	0,0150	0,0005	ND

ND = Não Detectável.

Tabela 37 - Teor de S-orgânico na matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva completa, colhido na época de formação do ramo principal diferencial (19 estágio, 24 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (S-org. %)		
		raiz	caule+ramos	folhas
17	I.1	0,804	0,629	0,846
22	I.1	0,644	0,405	0,377
27	I.1	0,495	0,358	0,436
31	I.1	0,484	0,334	0,436
Média		0,607	0,431	0,530

Tabela 38 - Teor de S-orgânico na matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva completa, colhido na época de máximo flo rescimento (2º estágio, 52 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (S-org. %)			
		raiz	caule+ramos	folhas	flores
18	I.2.1	0,482	0,029	0,070	--
25	I.2.1	0,586	0,043	0,084	--
26	I.2.1	0,486	0,141	0,072	--
28	I.2.1	0,220	ND	0,072	--
Média		0,443	0,053	0,074	--
18	I.2.2	--	0,035	0,233	0,531
25	I.2.2	--	0,097	0,178	0,160
26	I.2.2	--	0,198	0,189	0,216
28	I.2.2	--	0,073	0,102	0,612
Média		--	0,101	0,175	0,377
34	II.1	0,244	0,120	0,123	0,099
38	II.1	0,255	0,127	ND	0,120
41	II.1	0,509	0,136	0,129	0,393
46	II.1	0,261	0,150	0,219	0,293
Média		0,317	0,133	0,118	0,226

Tabela 39 - Teor de S-orgânico na matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva completa, colhido na época de fim de ciclo (84 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (S-org. %)				
		raiz	caule+ramos	folhas	pericarpo	grãos
19	I.3.1	0,341	0,053	0,061	--	--
20	I.3.1	0,123	0,028	0,076	--	--
21	I.3.1	0,234	0,109	0,058	--	--
29	I.3.1	0,137	0,041	0,040	--	--
Média		0,209	0,058	0,059	--	--
19	I.3.2	--	0,023	0,230	0,048	0,066
20	I.3.2	--	0,038	0,062	0,050	0,097
21	I.3.2	--	0,066	0,069	0,054	0,057
29	I.3.2	--	0,053	0,066	0,082	0,063
Média		--	0,045	0,107	0,058	0,071
35	II.2.1	0,469	0,030	0,040	--	--
39	II.2.1	0,289	ND	0,073	--	--
42	II.2.1	0,329	0,053	0,114	--	--
48	II.2.1	0,367	0,033	0,068	--	--
Média		0,363	0,029	0,074	--	--
35	II.2.2	--	0,085	0,087	ND	0,136
39	II.2.2	--	0,047	0,071	0,046	0,093
42	II.2.2	--	0,068	0,062	0,048	0,150
49	II.2.2	--	0,036	0,072	ND	0,131
Média		--	0,059	0,073	0,023	0,127
3	III.1	0,261	0,029	0,073	0,094	0,141
5	III.1	0,372	0,027	0,053	0,078	0,151
9	III.1	0,366	ND	0,062	0,098	0,170
10	III.1	0,289	0,037	0,080	0,097	0,100
Média		0,322	0,023	0,067	0,092	0,140

ND = Não Detectável.

Tabela 40 - Teor de S-orgânico na matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva com deficiência em S, colhido na época de formação do ramo principal diferencial (1º estágio, 24 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (S-org. %)		
		raiz	cáule+ramos	folhas
50	IV.1	0,110	ND	0,093
51	IV.1	0,026	ND	0,106
61	IV.1	ND	ND	0,160
63	IV.1	0,029	0,023	0,118
Média		0,041	0,006	0,119

Tabela 41 - Teor de S-orgânico na matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva com deficiência em S, colhido na época de máximo florescimento (2ª estação, 52 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (S-org. %)		
		raiz	caule+ramos	folhas
52	IV.2.1	0,074	0,033	0,064
58	IV.2.1	0,073	0,021	0,048
62	IV.2.1	0,106	0,045	0,067
64	IV.2.1	0,028	0,066	0,080
Média		0,070	0,041	0,065
52	IV.2.2	--	0,088	0,100
58	IV.2.2	--	0,040	0,103
62	IV.2.2	--	0,049	0,136
64	IV.2.2	--	0,029	0,080
Média		--	0,051	0,065
66	V.1	0,084	0,021	0,075
68	V.1	0,075	0,019	0,008
72	V.1	0,065	0,016	0,072
79	V.1	0,017	0,032	0,060
Média		0,060	0,022	0,054

Tabela 42 - Teor de S-orgânico na matéria seca do feijoeiro cultivado em solução nutritiva com deficiência em S, colhido na época de fim de ciclo (84 dias).

Plantas nº	Tratamento	Partes da planta (S-org. %)				
		raiz	caule+ramos	folhas	pericarpo	grãos
49	IV.3.1	0,019	0,041	0,039	--	--
53	IV.3.1	0,063	0,067	0,049	--	--
57	IV.3.1	0,030	0,030	0,025	--	--
60	IV.3.1	0,061	ND	0,054	--	--
Média		0,043	0,034	0,042	--	--
49	IV.3.2	--	0,096	0,090	--	0,079
53	IV.3.2	--	0,056	0,103	--	0,048
57	IV.3.2	--	0,072	0,045	--	0,095
60	IV.3.2	--	0,024	0,090	--	0,072
Média		--	0,062	0,082	--	0,073
67	V.2.1	0,048	0,024	0,186	--	--
70	V.2.1	0,063	0,040	0,069	--	--
75	V.2.1	0,022	0,016	0,054	--	--
78	V.2.1	0,048	0,008	0,072	--	--
Média		0,045	0,022	0,095	--	--
67	V.2.2	--	0,045	0,079	0,048	0,080
70	V.2.2	--	0,031	0,096	0,032	0,088
75	V.2.2	--	0,091	0,095	0,032	0,045
79	V.2.2	--	0,054	0,105	0,016	0,038
Média		--	0,055	0,094	0,032	0,063
82	VI.1	0,035	0,024	0,080	0,046	0,064
85	VI.1	0,062	0,019	0,112	0,096	0,056
87	VI.1	0,016	0,016	0,035	0,056	0,040
90	VI.1	0,031	0,008	0,042	0,032	0,051
Média		0,036	0,017	0,067	0,057	0,053