

CAUSAS DA REDUÇÃO DO CRESCIMENTO DE FEIJOEIRO  
(*Phaseolus vulgaris*, L.) SOBRE SOLO ESTERILIZADO\*

O. PRIMAVERSI<sup>1</sup> - S.M. TSAI<sup>2</sup> - V. FAQUIN<sup>3</sup>

R E S U M O

A pré-esterilização de solo utilizada para o cultivo de plantas micorrizadas tem apresentado resultados contraditórios. Este trabalho estudou os métodos mais usados de esterilização em amostras de terra da camada arável de um solo com textura franco-argilosa (TRL) e outro arenoso (AQ). Os tratamentos incluíram brometo de metila (BM), radiação gama (RG), vapor fluente (VF) e autoclavagem (AC). As sementes de feijão foram semeadas 8 e 32 dias após a esterilização para observar a variabilidade dos tratamentos e o efeito do período de carência.

No primeiro cultivo a autoclavagem reduziu o crescimento vegetal em ambos os solos, respectivamente, 46% e 54% no franco-argiloso e arenoso. A radiação gama favoreceu o desenvolvimento vegetal, além de ser eficiente.

As alterações químicas no solo e as desordens nutricionais ocorreram especialmente no primeiro cultivo, na seguinte ordem decrescente: AC, VF, BM e RG. Os elementos nocivos nestes tratamentos em ambos os solos foram especialmente o manganês (Mn) e secundariamente o ferro (Fe) e o alumínio (Al). Um teor de 450 ppm de Mn na parte aérea, 11 ppm no

\*Trabalho desenvolvido na disciplina: *Ecologia Experimental de Microrganismos*, do Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas - CENA/USP, em 1985.

<sup>1</sup>Centro de Tecnologia COPERSUCAR - Piracicaba, SP.

<sup>2</sup>Seção de Microbiologia do Solo - CENA/USP.

<sup>3</sup>MEC/ESAL.

• Recebido em 26/07/89.

• Aprovado em 20/12/89.

solo, reduziu a produção de matéria seca da parte aérea para 98%, e 600 ppm para 68%. O nível crítico é respectivamente, para a parte aérea e solo, 260 ppm e 6 ppm Mn na TRL e 680 ppm e 23 ppm Mn na AQ. O efeito depressivo da esterilização térmica (AC e VF) não foi observado 32 dias após o tratamento, não ocorrendo diferenças significativas na colonização de raízes com micorrizas, e na atividade da nitrogenase.

**PALAVRAS CHAVE:** Esterilização de Solo, Autoclavagem, Radiação Gama, Va por Fluente, Brometo de Metila, Feijoeiro, Redução de Crescimento, Micorriza VA, Atividade de Nitrogenase.

#### REDUCED BEAN (*Phaseolus vulgaris*, L.) GROWTH AS AFFECTED BY SOIL STERILIZATION

#### S U M M A R Y

Pre-sterilization of soils has given contradictory results. This work studied the most common methods for soil sterilization in a sandy (AQ) and a clay loam soil (TRL). The treatments included methylbromide (BM), gamma radiation (RG), steam (VF) and autoclave (AC). Bean seeds were planted 8 and 32 days after sterilization to detect the variability of the treatments and the effect of pre-storage.

In the first crop, autoclaving depressed plant growth in both soils, with reduction of 46% and 54% in the clay loam and sandy soil, respectively. Gamma radiation, in contrast, favoured the plant development, besides it's efficiency.

Chemical alterations in the soil and nutritional disorders occurred mainly in the first crop, in the following decreasing order - AC, VF, BM and RG. The main elements responsible for this disorder were manganese (Mn), and in less extent, iron (Fe) and aluminum (Al). Manganese levels of 450 ppm in plant dry matter, and 11 ppm in soil, reduced the shoot dry matter to 98%, and with 600 ppm shoot was reduced to 68%. The critical level was 260 ppm and 6 ppm Mn in the TRL, and 680 ppm and 23 ppm Mn in the AQ, in shoot and root, respectively. The

depressive effects of heating (AC and VF) sterilization were not observed when the soils were stored for a period of 32 days after treatment, with no significative differences in root colonization with mycorrhiza, or nitrogenase activity.

**KEY WORDS:** Soil Sterilization, Autoclaving, Gamma Radiation, Steam Heating, Methylbromide, Bean, Growth Reduction, VA Mycorrhiza, Nitrogenase Activity.

## 1. INTRODUÇÃO

Freqüentes problemas têm sido verificado com o crescimento de plantas em solos autoclavados, utilizados em experimentos que estudam a interação microrganismos-planta, conduzidos na ESALQ e no CENA/USP, Piracicaba, e supostamente relacionados com alterações químicas das amostras de terra.

Como as causas não têm sido completamente definidas (FUJIMOTO & SHERMAN, 1948; WARCUP, 1957; ENO & POPENOE, 1964; GASSER & PEACHEY, 1964; ROVIRA & BOWEN, 1966, 1969; BOYD, 1971; SKIPPER & WESTERMANN, 1972; LOPES & WOLLUM, 1976; JACKOBSEN & ANDERSEN, 1982), foram conduzidos dois experimentos seqüenciais com amostras de terra da camada arável de dois solos que apresentaram problemas, submetidas aos tratamentos com brometo de metila, radiação gama, vapor fluente e autoclave. Foram avaliados a eficiência no controle da população de actinomicetos, o efeito sobre características químicas do substrato, o crescimento e nutrição de feijoeiro, a colonização de raízes com micorrizas e a atividade de *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em condições de laboratório e casa de vegetação da Seção de Microbiologia do Solo do CENA/USP, Piracicaba, SP.

Foram utilizadas amostras de terra da camada arável dos solos: Areia Quartzosa (AQ), Série Ribeirão Claro, classe textura arenosa, e Terra Roxa Latossólica (TRL), Série Luiz de Queiroz, classe textural franco-argilosa, coletadas a uma profundidade de 0 a 20 cm, secas ao ar,

e passadas por peneira com malha de 2 mm (TFSA = terra fina seca ao ar).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições, em um esquema fatorial 2 x 5, sendo 2 solos e 5 tratamentos: testemunha (Test.), brometo de metila (BM), radiação gama (RG), vapor fluente (VF) e autoclave (AC). No tratamento BM foram aplicados 0,5 ml de brometo de metila por kg de TFSA durante 48 h, com posterior exposição das amostras ao ar por 48 h, com freqüente revolvimento para o perfeito escape do gás. No tratamento RG as amostras acondicionadas em sacos plásticos foram expostas a uma radiação de 1,1 Mrad (dose disponível na ocasião). No tratamento VF as amostras de terra, em frascos de vidro com tampa plástica resistente semi-aberta na rosca, foram mantidas 3 x 2 h a 100°C, com a válvula da autoclave, contendo recipiente com água, aberta. Após cada período de 2 h, as amostras foram esfriadas naturalmente. No tratamento AC, as amostras foram mantidas a 120°C, sob pressão de 1 atm durante 2 h.

Foi realizada uma diluição em série (até 10<sup>7</sup>) de uma suspensão de amostra das terras dos tratamentos, para contagem de colônias de actinomicetos (organismos dos mais resistentes), após inoculação do meio de cultura específico e incubação a 28°C durante 10 dias. Usou-se o método adotado pela Seção de Microbiologia do CENA.

Foram realizadas, para todas as repetições dos tratamentos, determinações de pH em água, matéria orgânica (C %), N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Zn<sup>+</sup> disponíveis. Usou-se método adotado pelas Seções de Fertilidade do Solo e de Radioquímica e Química Analítica do CENA, Piracicaba, SP. As amostras não foram analisadas no final do experimento.

Foram realizados dois experimentos sucessivos com feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Carioca.

Os experimentos foram conduzidos em copos plásticos, contendo 200 g de terra de cada tratamento. A umidade da terra foi mantida em 70% da capacidade de retenção de água, controlada através de pesagens.

A adubação de base para a AQ foi de 20 ppm de P, 75 ppm de Ca, 15 ppm de Mg, 50 ppm de K e 20,5 ppm de S. A TRL recebeu ape

nas 40 ppm de P.

As sementes de feijão foram desinfetadas por 3 minutos em solução de água sanitária a 10%, e posteriormente lavadas 6 vezes com água esterilizada. Em seguida, foram peletizadas com carbonato de cálcio mais sacarose 10%, e inoculadas com estirpes de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* C-05 e C-88. Em seguida foi realizado o plantio, aproximadamente 8 dias após os tratamentos de esterilização das amostras de terra.

O 1º plantio foi realizado em 26/04/85, com 4 sementes por copo, seguido de uma inoculação de todos os tratamentos com uma suspensão com 500-550 esporos de micorriza (*Glomus macrocarpum*) por copo. A emergência (30/04/85) foi realizado o desbaste para 1 planta por copo. A colheita ocorreu dia 17/05/85, devido à morte de plantas nos tratamentos AC e VF.

O 2º plantio ocorreu sobre as mesmas amostras de terra revolvidas e peneiradas do 1º plantio, no dia 20/05/85, com 6 sementes somente desinfetadas. Não foi realizada adubação nem inoculação. O desbaste para 4 plantas ocorreu à emergência (28/05/85) e a colheita no dia 05/07/85.

Na 1ª colheita, a parte aérea e radicular separadamente foram limpas e secas em estufa a 70°C com circulação forçada de ar, e pesadas. Na 2ª colheita, a massa da parte aérea foi seca em estufa a 70°C e pesada, e as raízes foram coletadas cuidadosamente, e parte acondicionada em frascos de 250 ml, próprios para determinação da atividade da nitrógenase, através da redução do acetileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>). Em seguida as raízes foram lavadas e os nódulos de feijoeiro coletados e cortados, para após serem secos em estufa a 70°C e pesados. Outra amostra de raízes frescas foi colocada em uma solução de FAA (13 ml formaldeído + 5 ml ácido acético glacial, completando a 1 litro com álcool etílico 50%) para posterior determinação da porcentagem de colonização por micorriza VA (vesícula-arbuscular).

A matéria seca da parte aérea do 1º e 2º plantio foi analisada para os teores de N, P, Ca, Mg, Mn, Fe, B e Al, usando-se método adotado na Seção de Radioquímica e Química Analítica do CENA.



Com os dados analíticos do solo e da matéria seca vegetal foram estabelecidas uma série de relações entre os elementos, calculados os teores relativos destes  $((\text{elemento } \% \times 100) / (\text{soma dos macro e microelementos } \%))$  na parte aérea do feijoeiro para os dois plantios, e submetidos à análise estatística com o teste de variância, correlação múltipla e regressão múltipla passo-a-passo, do pacote estatístico SAS (CIAGRI/ESALQ, USP, Piracicaba, SP, Caixa Postal 9).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se (Tabela 1) que os tratamentos térmicos (AC e VF) apresentaram um controle de 100% em ambos os solos e da RG na TRL, ocorrendo um controle inferior da RG e BM na AQ que na TRL.

O menor controle do BM em ambos os solos sugere o uso de uma subdose do produto na aplicação, ou a ocorrência de perdas durante a manipulação da seringa dosadora ou das amostras de terra durante manipulação dos sacos plásticos. Porém, o maior controle desta e da RG na TRL em relação à AQ, sugere que pode haver diferenças de resposta quanto ao tipo de solo. A TRL devido ao seu maior conteúdo em argila e matéria orgânica apresenta maior densidade de carga elétrica, com um conseqüente maior conteúdo em água, pode permitir maior tempo de residência e ação do BM na amostra de terra, já que é uma substância com elevada hidrossolubilidade e alto potencial de ionização. Não é uma explicação totalmente convincente para a RG, embora esta também apresentasse menor controle na AQ, que na TRL. O que também pode sugerir uma dose insuficiente de radiação, pois segundo STRIBLEY & READ (1975) 3 Mrad promovem a esterilização completa de uma amostra de terra. Mas oferece suporte à idéia da existência de organismos com formas mais eficientes de resistência ou com membranas externas mais resistentes à ruptura, na AQ que na TRL. Conseqüência de um ambiente mais inóspito, como sugere o menor conteúdo de matéria orgânica e o maior teor de Mn, Cu e Zn (Tabela 4), levando inclusive a uma menor produção de matéria seca de feijoeiro (Tabela 2) com menor teor de N e maior de P, Ca, Mg, Mn e B (Tabela 5). Os coeficientes de correlação estabelecidos também sugerem situação mais favorável na TRL (Tabela 10).

Quanto à ação residual dos tratamentos sobre a atividade de microrganismos, pode ser constatado que no 2º cultivo de feijoeiro, com 46 dias de idade pós plantio, realizado 32 dias após os tratamentos de esterilização das amostras de terra, não ocorreu diferença significativa na taxa de colonização das raízes por fungos micorrízicos VA, no número de nódulos e na atividade da nitrogenase (Tabela 3). Ocorreu porém, menor peso de nódulos e maior atividade específica da nitrogenase com AC na TRL. O menor peso provavelmente devido ao maior teor de N disponível às plantas após nitrificação do  $\text{NH}_4^+$ , como sugerem os teores na parte aérea (Tabela 6). E a maior atividade específica, provavelmente devido às melhores condições de nutrição da planta, com menor teor relativo de Mn no tecido (Tabela 6), em virtude de seu menor teor natural no solo, em relação à AQ (Tabela 4). Ou devido a um maior potencial de nitrificação na AQ, como sugerem os valores naturais mais elevadas de  $\text{NO}_3^-$  (Tabela 4).

Após a realização dos experimentos foram levantados mais dois produtos para fumigação que parecem exercer um efeito residual menos nocivo às plantas que o BM, quais sejam o clorofórmio (JENKINSON, 1976; VANCE *et alii*, 1987) e o dazomet (BASF Brasileira, 1988).

As características químicas das amostras de terra da camada arável de ambos os solos acusaram elevações significativas no teor de Mn disponível com todos os tratamentos, especialmente os térmicos (Tabela 4).

Ocorreram efeitos específicos, como aumento do  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{NH}_4^+$  disponíveis com os tratamentos térmicos, à exceção da TRL na qual ocorreu redução do teor de Fe com VF. Redução no teor de Al-trocável com os tratamentos térmicos em ambos os solos. Aumento do pH na TRL com AC, VF e RG. Aumento do teor de Zn disponível na AQ com VF e BM. Aumento do  $\text{NO}_3^-$  na AQ com VF, BM e RG e na TRL com VF e AC. Além do aumento de carbono (C) na TRL com BM.

Os tratamentos térmicos, através da redução da concentração de oxigênio, pela oxidação forçada da matéria orgânica, parecem exercer um efeito altamente redutor sobre o substrato mineral. Com aumento, res

pectivamente, em até 14 e 4 vezes de  $\text{NH}_4^+$  e Mn na TRL, e em 5 e 3 vezes na AQ. Verifica-se o aumento, significativamente maior na TRL com maior teor de carbono, na disponibilidade de Mn e Fe, pelo menos temporariamente, e redução no teor de Al-trocável, apesar do aumento do pH devido à presença do  $\text{NH}_4^+$ .

A tendência de aumento no teor de carbono parece ser devido ao método, que determina através de titulação o excesso de bicromato não reduzido, e que pode ter seus valores alterados com a presença de outras substâncias ou elementos reduzidos, como do Mn e Fe (ALLISON, 1965).

O tratamento com brometo de metila ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ) parece agir tanto através de algum efeito redutor, pois dissocia facilmente em água, ou através da competição iônica ou efeito tóxico direto ou indireto do íon Br. O íon brometo apresenta uma eletronegatividade de 2,8 contra 1,5 do Mn, possuindo grande reatividade, e podendo formar ácido forte.

A radiação gama, por sua vez provoca a ruptura de tecidos vegetais (TRANSY & FLEURETTE, 1976), ocorrendo liberação do  $\text{NH}_4^+$  ao meio, e que foi muito intensa no solo com menor teor em matéria orgânica e capacidade de retenção de água, a AQ. A destruição de compostos orgânicos pode levar à liberação de metais que estavam complexados, como o Mn.

Com relação à produção de matéria seca de feijoeiro do 1º cultivo, iniciado 8 dias após os tratamentos, verifica-se que foi afetada pelos tratamentos térmicos, especialmente a AC, ocorrendo prejuízo também no sistema radicular com BM na AQ (Tabela 2). No 2º cultivo, iniciado 32 dias após os tratamentos, pode ser anotado o efeito benéfico da AC sobre a parte aérea na TRL, provavelmente devido ao teor mais elevado de nitrato oriundo da nitrificação do amônio, como sugerem JACOBSEN & ANDERSEN (1982). Os outros tratamentos não diferiram da testemunha, desaparecendo o efeito negativo verificado no 1º cultivo. A RG foi o tratamento que não afetou a matéria seca chegando a ter uma tendência de estímulo na TRL, com maior teor em matéria orgânica.

O efeito negativo, no 1º cultivo com 22 dias, não deve ser creditado à menor colonização por fungos micorrízicos VA (HENGE, 1982), em virtude das plantas com esta idade estarem iniciando a mostrar sinais



de colonização, como o verificado no 2º cultivo com 46 dias de idade (Tabela 3).

A AQ em condições naturais já apresentou uma produção de matéria seca da parte aérea 35% menor que a TRL, talvez devido ao seu menor conteúdo em matéria orgânica e com isso de N disponível total, e maior teor de Mn, Cu e Zn disponíveis (Tabela 4).

Constata-se que ocorreram alterações no teor mineral da matéria seca da parte aérea de feijoeiro no 1º cultivo (Tabela 5). A análise dos teores relativos, calculados a partir dos teores absolutos com a finalidade de eliminar possíveis efeitos de diluição ou concentração, apresenta aumentos significativos nos teores de Mn em ambos os solos com os tratamentos térmicos e na AQ com BM. Aumentos de Fe com AC na TRL e AQ, com VF na AQ e com BM na TRL. Aumentos de Al com AC na TRL e AQ e BM na TRL. Aumentos de P na TRL com AC e BM. Aumentos de N na AQ com AC e RG, e redução na TRL com AC. Redução de Ca na AQ com AC e VF. E aumento de Mg e B na TRL com AC.

A AC promoveu o maior número de alterações nos teores minerais em ambos os solos, seguido pelo VF na AQ. O BM provocou alterações na TRL sem afetar a produção de matéria seca, sendo que na AQ alterou somente o valor de Mn, com reflexos negativos significativos na matéria seca radicular, o mesmo não ocorrendo com a alteração do teor de Mn pelo VF na TRL.

No 2º cultivo convém destacar que a testemunha, com relação à testemunha do 1º cultivo, considerando o *ams* (Tabela 5), apresenta teores mais baixos de N na TRL e de P, Ca, Mg e Mn na AQ. Os teores mais elevados de P, Ca e Mg na AQ no 1º cultivo podem ser devidos à adubação destes, e do Mn provavelmente devido à aplicação de K e S na forma de sulfato, com efeito indireto do K através do Fe (relação Fe/Mn) ou do efeito acidificante do sulfato. Embora a AQ apresente teores naturais mais elevados de Mn (Tabela 4).

Procurando detectar as causas principais da redução do crescimento de feijoeiro, verificou-se que o aumento no teor de  $\text{NH}_4^+$  nos trata

mentos térmicos parece não ter sido o principal responsável, seja através de um possível efeito tóxico direto ou por uma possível redução na absorção de Ca (Tabela 2). Nos tratamentos em que este último fato ocorreu (AQ), o teor de Ca na matéria seca ainda continua mais elevado e o teor de N mais abaixo do desejável para uma planta com crescimento normal, em relação ao tratamento com maior (RG na TRL) e menor crescimento (AC na AQ). Embora possa ter sua parcela de contribuição direta, WALLACE & ROMNEY (1980) informaram que o  $NH_4^+$  favorece a absorção de Mn.

Nos tratamentos em que ocorreu redução da matéria seca, ocorreu uma elevação significativa dos teores de Mn e Fe no solo e na matéria seca da parte aérea. Porém, o Mn também elevou com VF na TRL sem prejuízo ao acúmulo de matéria seca, sugerindo a existência de um nível crítico no solo e/ou matéria seca. Considerando que existe um balanço nutricional ótimo para a expressão desejada do potencial de produção do genoma utilizado, independente de solo, que deveria ter suas características ajustadas através de manejo para propiciar tal balanço.

Estabelecendo os coeficientes de correlação ( $r$ ) entre a produção de matéria seca da parte aérea e diversos fatores de produção, verificou-se o destaque para os elementos Mn, Fe e  $NH_4$  disponíveis no solo. Também apresentou correlação com os teores de nutrientes na parte aérea. Na TRL as melhores correlações foram obtidas com os nutrientes isolados. Na AQ as correlações foram melhores com algumas relações, principalmente Ca/Mn (Tabela 7).

A análise de regressão múltipla, mostrou que para os tratamentos térmicos (AC e VF) a redução na matéria seca da parte aérea é explicada significativamente pelo teor, no solo, de Fe ( $r^2 = -0,76^{++}$ ) na TRL e de Mn ( $r^2 = -0,77^{++}$ ) na AQ, e na parte aérea pelo teor de P ( $r^2 = -0,80^{++}$ ) e Mn ( $r^2 = -0,65^{++}$ ) na TRL e AQ, respectivamente.

Realizando uma análise conjunta de ambos os solos, destacou-se o Mn como elemento que apresentou o maior coeficiente de determinação ( $r^2$ ) tanto no solo ( $r^2 = -0,64^{++}$ ) como na matéria seca da parte aérea ( $r^2 = -0,79^{++}$ ). Na realidade os elementos Fe e P estão altamente correlacionados com o Mn, direta ou indiretamente (Tabelas 8 e 9).

Traçando os gráficos (Figs. 1 e 2) dos teores de nutrientes e Al na parte aérea e a produção no 1º cultivo, e apresentando o coeficiente de correlação e os níveis de referência considerados normais ou adequados à exploração do potencial de produção do feijoeiro, independente de solo, verifica-se que o Mn é o elemento que geralmente está acima dos níveis adequados (Fig. 2). A TRL apresenta níveis mais favoráveis para atender a expressão adequada do genoma. A AQ já apresentava níveis tóxicos sem tratamento, de modo a sofrer efeitos menos drásticos de elevação dos níveis de Mn quando submetida a tratamentos térmicos. O nível crítico na parte aérea parece estar em torno de 450 ppm de Mn, correspondendo a um teor de 11 ppm no solo, e permitindo a produção de 98% da matéria seca da parte aérea. Com 600 ppm na parte aérea a produção cai para 68%. Considerando o potencial de atendimento do solo às exigências do genoma utilizado, os níveis de Mn para 98% da produção é aproximadamente 260 ppm na parte aérea e 6 ppm no solo, na TRL. Para a AQ o nível crítico na parte aérea está em torno de 680 ppm, correspondendo a 23 ppm no solo, já ocorrendo porém, uma penalização de 38% sobre a capacidade de expressão do potencial de produção de matéria seca da parte aérea do genoma de feijoeiro utilizado. O P apresenta um comportamento semelhante ao do Mn, mas dentro dos níveis adequados.

Procurando verificar porque em alguns tratamentos a produção relativa de matéria seca da parte aérea não reagiu somente ao aumento do teor de Mn, constatou-se, que os teores de Fe e/ou Al (na TRL) podem ampliar o efeito depressivo do Mn. O efeito nocivo do Mn parece ser minorado por condições melhores de oxidação como sugere a presença de  $\text{NO}_3^-$  no tratamento VF na AQ, que apresentou os níveis mais elevados de Mn, mas provocou uma redução menor de matéria seca que a AC na AQ, agravada aqui pela presença do Al. Explicação também plausível para o 2º cultivo. Neste verifica-se que os teores de Mn na parte aérea (Tabela 6) ultrapassaram algo o nível crítico sugerido nos tratamentos térmicos na AQ, mas verifica-se uma redução nos teores de Al, aliviando provavelmente a inibição à produção de matéria seca, que estatisticamente não acusou diferenças significativas entre tratamentos (Tabela 2), não ocorrendo também correlações significativas com os nutrientes no te

cido (Tabela 7). Parece que o nível crítico na realidade tem importância relativa, em função da presença ou ausência de outros elementos. Devem ser considerados grupos de nutrientes e suas relações, e não elementos isolados.

Pode ser concluído, que de uma maneira geral, o efeito redutor na produção de matéria seca da parte aérea e mesmo radicular após os tratamentos de esterilização do solo, especialmente os térmicos, é o aumento temporário do teor de Mn no solo (Tabela 4) e conseqüentemente na planta (Tabelas 5 e 6), acompanhado pelo do de Fe e/ou Al. Este aumento ocorre principalmente devido ao efeito redutor sobre o substrato, acompanhado de aumentos no teor de  $\text{NH}_4^+$  no solo. Segundo JAKOBSEN & ANDERSEN (1982), o teor máximo de  $\text{NH}_4^+$  foi verificado no 7º dia após o tratamento, e voltou ao normal no 28º dia após o tratamento com autoclave. Os resultados destes experimentos confirmam este efeito passageiro, indiretamente pela produção de matéria seca.

A radiação gama aparece como tratamento eficiente e seguro, sem provocar um aumento demasiado do teor de Mn, Fe ou Al, permitindo cultivo imediato de plantas após seu uso.

#### AGRADECIMENTOS

Aos laboratórios de Fertilidade do Solo e Química Analítica do CENA/USP, bem como ao laboratório de Microbiologia do Departamento de Solos da ESALQ/USP, respectivamente.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLISON, L.E. Organic carbon. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt. 2, p.1372-6. (Agronomy, 9)
- BASF Brasileira. Basamid granulado. In:         . *Manual de produtos BASF*. São Paulo, BASF Brasileira / Divisão Agroquímica, 1988. p.15-8.

- BOYD, H.W. Manganese toxicity to peanut in autoclaved soil. *Plant and Soil*, Dordrecht, 5:133-44, 1971.
- ENO, C.F. & POPENOE, H. Gamma radiation compared with steam and methyl bromide as a soil sterilizing agent. *Soil Science Society of America. Proceedings*, Madison, 28:533-5, 1964.
- FUJIMOTO, C.K. & SHERMAN, G.D. Manganese availability as influenced by steam sterilization. *Journal of the American Society of Agronomy*, Washington, 40:527-34, 1948.
- GASSER, J.K.R. & PEACHEY, J.E. A note on the effect of some soil sterilizants on the mineralization and nitrification of soil nitrogen. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, 15:142-6, 1964.
- JAKOBSEN, I. & ANDERSEN, A.J. Vesicula-arbuscular mycorrhiza and growth in barley; effects of irradiation and heating of soil. *Soil Biology and Biochemistry*, Elmsford, 14:171-8, 1982.
- JENKINSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. IV- The decomposition of fumigated organisms in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, Elmsford, 18:203-8, 1976.
- LOPES, A.S. & WOLLUM, A.G. Comparative effects of methylbromide, propylene oxide, and autoclave sterilization on specific soil chemical characteristics. *Turrialba*, 26:351-5, 1976.
- MENGE, J.A. Effect of soil fumigants and fungicides on vesicular-arbuscular fungi. *Phytopathology*, Saint Paul, 72:1125-32, 1982.
- ROVIRA, A.D. & BOWEN, G.D. The effects of microorganism upon plant growth. II- Detoxication of heat-sterilized soils by fungi and bacteria. *Plant and Soil*, Dordrecht, 25:129-42, 1966.
- ROVIRA, A.D. & BOWEN, G.D. The use of radiation-sterilized soil to study the ammonium nutrition of wheat. *Australian Journal of Soil Research*, Victoria, 7:57-65, 1969.



- SKIPPER, H.D. & WESTERMANN, D.T. Comparative effects of propylene oxide, sodium azide, and autoclaving on selected soil properties. *Soil Biology and Biochemistry*, Elmsford, 5:409-14, 1972.
- STRIBLEY, D.P. & READ, D.J. Some nutritional aspects of the biology of ericaceous mycorrhiza. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B., ed. *Endomycorrhiza*. London, Academic Press, 1975. p.195-207.
- TRANSY, M.J. & FLEURETTE, J. La stérilisation par les rayonnements ionisants. *Revue d'Epidémiologies*, Paris, 24:165-84, 1976.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. Microbial biomass measurements in forest soils, determination of Kc values and tests of hypothesis to explain the failure of the chloroformium fumigation-incubation method in acid soils. *Soil Biology and Biochemistry*, Elmsford, 19:689-96, 1987.
- WALLACE, A. & ROMNEY, E.M. Interactions of nitrogen sources and excess nickel on bush beans. *Journal of Plant Nutrition*, New York, 2:75-8, 1980.
- WARCUP, J.H. Chemical and biological aspects of soil sterilization. *Soils and Fertilizers*, Slough, 20:1-5, 1957.

A N E X O S

CENA - BIBLIOTECA

Tabela 1 - Grau de controle dos processos de esterilização sobre o número de actinomicetos por grama de terra.

Tratamento	TRL		AQ	
	Número organismos	% controle	Número organismos	% controle
Test.	$2,9 \times 10^7$	-	$4,7 \times 10^6$	-
BH	$2,1 \times 10^6$	92,76	$6,2 \times 10^5$	86,80
RG	0	100,00	$1,5 \times 10^3$	99,97
VF	0	100,00	0	100,00
AC	0	100,00	0	100,00

OBS.: TRL = Terra Roxa Latossólica; AQ = Areia Quartzosa; BH = Brometo de Metila; RG = Radiação Gama; VF = Vapor Fluente; AC = Autoclavagem.

Tabela 2 - Produção de matéria seca (g) de raízes e parte aérea de uma planta de feijoeiro (1ª colheita, 22 dias) e parte aérea 2ª colheita, 46 dias.

Solo	Tratamento	Ra	PA	PA2
TRL	Test.	0,22 a	0,40 a	1,46 b
	BH	0,21 a	0,38 a	1,55 b
	RG	0,25 a	0,45 a	1,42 b
	VF	0,24 a	0,38 a	1,57 b
	AC	0,07 b	0,19 b	2,02 a
	CV (%)	16,6	13,9	8,7
	dms	0,07 <sup>++</sup>	0,11 <sup>++</sup>	0,30 <sup>++</sup>
AQ	Test.	0,21 a	0,26 a	1,11 a
	BH	0,10 b	0,21 ab	1,09 a
	RG	0,17 a	0,26 a	1,38 a
	VF	0,10 b	0,16 bc	1,25 a
	AC	0,06 b	0,14 c	1,21 a
	CV (%)	20,9	14,3	15,7
	dms	0,06 <sup>++</sup>	0,06 <sup>++</sup>	0,41 <sup>++</sup>

OBS.: ++ = Diferença significativa ao nível de 1%; Ra = Raízes; PA = Parte Aérea; PA2 = Parte Aérea 2ª colheita.

Tabela 3 - Colonização de raízes com micorriza vesicular-arbuscular (MICO, %), número de nódulos (NNOD, por 4 plantas), massa seca de nódulos (PSNOD, g), atividade da nitrogenase (ATN,  $\mu\text{mol C}_2\text{H}_4/\text{planta.hora}$ ) e atividade específica da nitrogenase (AEN,  $\text{nmol C}_2\text{H}_4/\text{mg nódulos.hora}$ ), na 2.<sup>a</sup> colheita, 46 dias.

Solo	Tratamento	MICO	NNOD	PSNOD	ATN	AEN
TRL	Test.	39,0 a	252,8 a	0,305 a	0,452 a	6,208 b
	BM	34,5 a	229,3 a	0,235 a	0,467 a	8,163 b
	RG	29,8 a	204,3 a	0,255 a	0,432 a	7,215 b
	VF	31,0 a	247,8 a	0,213 ab	0,653 a	14,545 ab
	AC	37,3 a	171,8 a	0,088 b	0,691 a	35,553 a
	CV (%)	8,7	14,5	28,0	37,7	69,8
dms	10,8 <sup>+</sup>	135,2 <sup>+</sup>	0,130 <sup>++</sup>	0,443 <sup>+</sup>	21,850 <sup>++</sup>	
AQ	Test.	30,3 a	213,5 a	0,160 ab	0,411 a	10,445 a
	BM	32,8a	133,5 a	0,143 ab	0,427 a	12,758 a
	RG	37,0 a	221,0 a	0,223 a	0,687 a	11,998 a
	VF	29,0 a	117,0 a	0,133 ab	0,283 a	9,910 a
	AC	30,8 a	115,3 a	0,110 b	0,424 a	16,588 a
	CV (%)	18,7	38,8	27,2	50,0	53,2
dms	13,1 <sup>+</sup>	135,6 <sup>++</sup>	0,091 <sup>++</sup>	0,488 <sup>+</sup>	14,330 <sup>+</sup>	

**OBS.:** letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de 1%; TRL = Terra Roxa Latossólica; AQ = Areia Quartzosa; BM = Brometo de Metila; RG = Radiação Gama; VF = Vapor Fluente; AC = Autoclavagem.

Tabela 4 - Efeito dos processos de esterilização sobre características químicas das amostras de terra da Terra Roxa Latossólica (TRL) e Areia Quartzosa (AQ).

Solo	Tratamento	pH água	C (%)	Al <sup>3+</sup> meq	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ppm	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ppm	Fe <sup>2+</sup> ppm	Mn <sup>2+</sup> ppm	Cu <sup>2+</sup> ppm	Zn <sup>+</sup> ppm
TRL	Test.	5,0c	2,0b	0,27a	5c	3c	38b	3d	0,3a	0,6a
	BM	5,0c	2,4a	0,23a	5c	3c	35bc	5c	0,3a	0,6a
	RG	5,1b	2,3ab	0,23a	5c	2c	35bc	5c	0,3a	0,6a
	VF	5,2b	2,3ab	0,16b	53b	23a	31c	11b	0,3a	0,6a
	AC	5,2a	2,1ab	0,15b	68a	19b	94a	14a	0,3a	0,6a
	CV (%)	0,6	8	14	11	14	5	7	13	14
AQ	dms	0,1++	0,4+	0,06++	6++	3++	5++	1++	0,1+	0,2+
	Test.	5,1a	0,7a	0,30a	4c	4b	18c	19d	0,8a	0,8b
	BM	5,1a	0,6a	0,29a	5c	5a	18c	29c	1,0a	1,2a
	RG	5,2a	0,5a	0,30a	5c	5a	18c	31c	1,0a	1,1ab
	VF	5,3a	0,8a	0,21b	16b	5a	26b	48b	0,9a	1,2a
	AC	5,1a	0,7a	0,18b	22b	4b	78a	59a	1,0a	1,1ab
CV (%)	dms	3,0+	34	13	21	13	4	3	20	15
	dms	0,3+	0,5+	0,07++	5	1	2++	2++	0,4+	0,3+

Obs.: Letras diferentes diferem significativamente ao nível de 1% (++) ou 5% (+). BM = Brometo de Metila; RG = Radiação Gama; VF = Vapor Fluente; AC = Autoclavagem.



Tabela 5 - Teor absoluto de nutrientes na parte aérea de feijoeiro (1ª colheita).

Solo	Tratamento	N (%)	P (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	B (ppm)	Al (ppm)
TRL	Test.	5,2a	0,19d	1,06b	0,51bc	406b	153c	53b	619b
	BH	4,1a	0,36b	0,83c	0,45c	771ab	183c	57b	1290ab
	RG	5,0a	0,23c	0,88bc	0,48bc	473b	224c	60b	758b
	VF	5,8a	0,22cd	0,95bc	0,53b	386b	440b	68b	621b
	AC	5,0a	0,57a	1,30a	0,78a	1176a	939a	111a	2000a
AQ	CV (%)	21	6	9	6	40	15	16	51
	dms	2,3	0,04	0,20	0,07	565	126	24	1180
	Test.	2,3a	0,40bc	2,25a	0,50bc	308c	693b	68a	459c
	BH	2,8a	0,44bc	2,16ab	0,59a	405bc	1010a	76a	502bc
	RG	3,5a	0,35c	1,85bc	0,48c	332c	621b	74a	660ab
AC	VF	2,6a	0,55a	2,03ab	0,57ab	488b	1198a	85a	696a
	AC	3,3a	0,51ab	1,58c	0,50bc	675a	1065a	80a	778a
	CV (%)	20	15	9	6	14	13	11	14
	dms	1,3	0,15	0,39	0,07	134	261	18	193

Obs.: TRL = Terra Roxa Latossólica; AQ = Areia Quartzosa; BM = Brometo de Metila; RG = Radiação Gama; VF = Vapor Fluente; AC = Autoclavagem; Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de 1%.

Tabela 6 - Teor absoluto de nutrientes na parte aérea de feijoeiro (2ª colheita).

Solo	Tratamento	N(%)	P(%)	Ca(%)	Mg(%)	Fe(ppm)	Mn(ppm)	B(ppm)	Al(ppm)
TRL	Test.	1,7	0,18	1,20	0,45	340	158	78	474
	BM	1,3	0,16	0,91	0,38	326	128	62	467
	RG	1,4	0,18	1,06	0,50	345	153	82	390
	VF	1,6	0,16	0,78	0,38	304	131	65	313
	AC	2,1	0,15	0,72	0,39	362	118	73	325
AQ	Test.	1,7	0,21	1,13	0,24	319	202	88	325
	BM	1,9	0,23	0,93	0,24	422	329	68	364
	RG	1,7	0,21	1,14	0,25	382	366	67	295
	VF	1,6	0,23	1,10	0,31	505	567	74	301
	AC	2,5	0,21	1,00	0,30	766	721	61	249

Obs.: TRL = Terra Roxa Latossólica; AQ = Areia Quartzosa; BM = Brometo de Metila;  
 RG = Radiação Gama; VF = Vapor Fluente; AC = Autoclavagem.

Tabela 7 - Coeficientes de correlação (r) significativos (1%), entre produção de matéria seca da parte aérea (PA) e radicular (Ra) de feijoeiro, e nutrientes no solo e parte aérea (1ª colheita).

Local	Elemento	TRL		AQ		TRL
		PA	Ra	PA	Ra	PA2
Solo	Fe	-0,85	-0,90	-0,67	-0,60	-
	Mn	-0,75	-0,68	-0,81	-0,76	-
	NH <sub>4</sub>	-0,70	-0,60	-0,77	-0,66	-
	Al	-0,55 <sup>+</sup>	-0,47 <sup>+</sup>	0,82	0,65	-
PA	P	-0,81	-0,86	-0,74	-0,55 <sup>+</sup>	-0,54 <sup>+</sup>
	Ca	-0,65	-0,68	-	-	-0,68
	Mg	-0,82	-0,83	-	-	-0,52 <sup>+</sup>
	Mn	-0,80	-0,78	-0,78	-0,72	-0,57
	Fe	-0,59	-0,63	-0,84	-0,73	-
	Al	-0,55 <sup>+</sup>	-0,57	-0,63	-0,50 <sup>+</sup>	-0,52 <sup>+</sup>
	B	-0,74	-0,76	-0,65	-0,50 <sup>+</sup>	-
	N/P	0,61	0,65	-	-	0,74
	N/Ca	0,58	0,54 <sup>+</sup>	-	-	0,83
	N/Mg	0,68	0,63	-	-	0,74
	N/Fe	0,54 <sup>+</sup>	0,56	0,71	0,45 <sup>+</sup>	0,54 <sup>+</sup>
	N/Mn	0,66	0,57	0,56	-	0,77
	N/B	0,73	0,69	-	-	0,61
	N/Al	0,51 <sup>+</sup>	0,51 <sup>+</sup>	-	-	0,72
	P/Ca	-0,59	-0,62	-0,85	-0,76	0,53
	P/Mg	-0,48 <sup>+</sup>	-0,53 <sup>+</sup>	-0,75	-0,53 <sup>+</sup>	-
	P/Fe	-	-	0,51 <sup>+</sup>	0,60	-0,59
	P/Mn	-	-	0,48 <sup>+</sup>	0,68	-
	P/B	-	-	-0,60	-	-
	Ca/Mg	0,59	0,55 <sup>+</sup>	0,76	0,80	-0,58
	Ca/Fe	-	0,45 <sup>+</sup>	0,85	0,81	-0,76
	Ca/Mn	0,55 <sup>+</sup>	0,47 <sup>+</sup>	0,90	0,90	-0,45 <sup>+</sup>
	Ca/B	0,49 <sup>+</sup>	0,47 <sup>+</sup>	0,67	0,62	-0,64
	Ca/Al	-	-	0,60	0,54 <sup>+</sup>	-
	Mg/Fe	-	-	0,82	0,73	-0,63
	Mg/Mn	0,56	0,49 <sup>+</sup>	0,84	0,80	-
	Fe/B	-	-	-0,75	-0,69	-
	Fe/Al	-	-	-0,60	-0,60	0,64
Mn/B	-0,72	-0,62	-0,67	-0,69	-0,57	

OBS.: (+) Correlação significativa ao nível de 5%; TRL = Terra Roxa La-tossólica; AQ = Areia Quartzosa. O elemento N e as relações au-sentes não correlacionaram significativamente; PA2 = Parte aé-rea da 2ª colheita, apresentou correlações somente na TRL. A PA apresentou correlação com Ra de respectivamente 0,89 e 0,88 na TRL e AQ.

Tabela 8 - Coeficiente de correlação (r) significativos (1%), entre os elementos do solo que melhor correlacionaram com a produção de matéria seca, e os nutrientes do solo e parte aérea (1ª colheita).

Local	Ele- mento	TRL				AQ			
		Fe	Mn	NH <sub>4</sub>	Al	Fe	Mn	NH <sub>4</sub>	Al
Solo	Fe	1,00	0,75	0,68	-0,49 <sup>+</sup>	1,00	0,84	0,87	-0,73
	Mn	0,75	1,00	0,98	-0,86	0,84	1,00	0,94	-0,84
	NH <sub>4</sub>	0,68	0,98	1,00	-0,81	0,87	0,94	1,00	-0,80
	Al	-0,49 <sup>+</sup>	-0,86	-0,81	1,00	-0,73	-0,84	-0,80	1,00
PA	P	0,90	0,69	0,58	-0,52	-	0,60	0,62	-0,64
	Ca	0,83	0,63	0,65	-	-0,71	-0,69	-0,62	0,46 <sup>+</sup>
	Mg	0,94	0,95	0,82	-0,58	-	-	-	-
	Mn	0,89	0,94	0,92	-0,78	-	0,64	0,59	-0,63
	Fe	0,74	0,49 <sup>+</sup>	0,44 <sup>+</sup>	-	0,86	0,88	0,81	-0,83
	Al	0,69	0,46 <sup>+</sup>	-	-	0,61	0,78	0,64	-0,71
	B	0,88	0,83	0,89	-0,64	-	0,54 <sup>+</sup>	-	-0,55 <sup>+</sup>
	N/P	-0,65	-	-	-	-	-	-	-
	N/Ca	-0,62	-0,47 <sup>+</sup>	-	-	0,61	0,59	0,49 <sup>+</sup>	-
	N/Mg	-0,70	-	-	0,45 <sup>+</sup>	-	-	-	-
	N/Fe	-0,63	-	-	-	-0,47 <sup>+</sup>	-0,51 <sup>+</sup>	-0,53 <sup>+</sup>	0,58
	N/Mn	-0,65	-0,91	-0,87	0,88	-	-	-	-
	N/B	-0,76	-0,66	-0,57	0,68	-	-	-	-
	N/Al	-0,60	-	-	-	-	-	-	-
	P/Ca	0,58	-	-	-	-	-0,47 <sup>+</sup>	-	0,54 <sup>+</sup>
	P/Mg	0,48 <sup>+</sup>	-	-	-	0,84	0,94	0,93	-0,83
	P/Fe	-	-	-	-	0,71	0,79	0,84	-0,78
	P/Mn	-	-0,69	-0,75	0,51 <sup>+</sup>	-0,73	-0,70	-0,57	0,55 <sup>+</sup>
	P/B	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ca/Mg	-0,53 <sup>+</sup>	-0,77	-0,67	0,85	-0,67	0,45	0,57	-0,50 <sup>+</sup>
	Ca/Fe	-0,48 <sup>+</sup>	-	-	-	-0,81	-0,84	-0,71	0,65
	Ca/Mn	-0,53 <sup>+</sup>	-0,88	-0,85	0,83	-0,67	-0,95	-0,84	0,81
	Ca/B	-0,49 <sup>+</sup>	-0,71	-0,64	0,80	-0,67	-0,88	-0,80	0,77
	Ca/Al	-	-	-	-	-0,67	-0,85	-0,72	0,69
	Mg/Fe	-	-	-	-	-0,63	-0,80	-0,67	0,66
	Mg/Mn	-0,56	-0,91	-0,89	0,81	-0,88	-0,94	-0,87	0,85
	Mg/B	-	-0,59	-0,53 <sup>+</sup>	0,67	-0,60	-0,77	-0,75	0,74
	Mg/Al	-	-	-	-	-0,46 <sup>+</sup>	-0,54 <sup>+</sup>	-0,48 <sup>+</sup>	0,49 <sup>+</sup>
	Fe/Mn	-	-0,61	-0,65	-	-0,55 <sup>+</sup>	-0,66	-0,57	0,57
	Fe/B	-	-	-	-	0,69	0,50 <sup>+</sup>	-	-
	Fe/Al	-	-	-	-	0,91	0,83	0,79	-0,76
	Mn/B	0,73	0,95	0,95	-0,75	0,60	0,47 <sup>+</sup>	0,52 <sup>+</sup>	-0,46 <sup>+</sup>
Mn/Al	-	0,75	0,77	-0,66	-	0,52 <sup>+</sup>	0,52 <sup>+</sup>	-0,50 <sup>+</sup>	
B/Al	-	-	-	-	-0,54	-0,65	-0,54 <sup>+</sup>	0,55 <sup>+</sup>	

Obs.: (+) = Correlação significativa ao nível de 5%; TRL = Terra Roxa Latossólica; AQ = Areia Quartzosa; PA = Parte Aérea. O elemento N e as relações ausentes não correlacionaram significativamente.

Tabela 9 - Coeficientes de correlação (r) significativos (12), entre os nutrientes da parte aérea, 1.ª colheita, 22 dias.

Ele- mento	TRL										AQ											
	P	Ca	Mg	Fe	Mn	B	Al	P	Ca	Mg	Fe	Mn	B	Al	P	Ca	Mg	Fe	Mn	B	Al	
P	1,00	0,60	0,79	0,84	0,81	0,83	0,80	1,00	-	0,66	0,61	0,91	0,77	-	1,00	-	0,66	0,61	0,91	0,77	-	-
Ca	0,60	1,00	0,92	0,63	0,80	0,83	0,61	-	1,00	0,54+	0,54+	0,74	0,54+	0,66	0,54+	1,00	1,00	-0,52+	0,74	0,54+	0,64	0,66
Mg	0,79	0,92	1,00	0,68	0,95	0,93	0,65	0,66	0,54+	-	1,00	0,67	0,59	0,78	1,00	-0,52+	-	1,00	0,67	0,59	0,78	0,68
Fe	0,84	0,63	0,68	1,00	0,68	0,83	1,00	0,61	-	0,74	0,67	1,00	0,70	0,64	0,74	-	0,74	0,67	1,00	0,70	0,64	0,64
Mn	0,81	0,80	0,95	0,68	1,00	0,95	0,65	0,91	0,91	0,54+	0,59	0,70	1,00	0,64	0,54+	-	0,54+	0,59	0,70	1,00	0,64	0,64
B	0,83	0,83	0,93	0,83	0,95	1,00	0,82	0,77	0,77	-	0,78	0,70	0,64	1,00	0,78	-0,61	0,78	0,78	0,70	0,64	1,00	1,00
Al	0,80	0,61	0,65	1,00	0,65	0,82	1,00	-	-0,61	-	-0,59	-0,50	0,64	-	-0,61	-	-0,59	0,78	-0,50	0,64	-	0,66
N/P	-0,87	-	-0,44+	-0,69	-0,48+	-0,49+	-0,63	-0,65	-0,74	-0,74	-0,50+	-0,51+	-	0,66	-0,74	-0,74	-0,50+	-0,51+	-0,50	-	-	0,66
N/Ca	-0,57	-	-0,49+	-	-	-	-	-	-0,74	-0,74	-0,50+	-0,51+	-	0,66	-0,74	-0,74	-0,50+	-0,51+	-0,50	-	-	0,66
N/Mn	-0,71	-	-0,70	-0,53	-0,85	-0,75	-0,51+	-0,72	-0,55+	-0,55+	-0,72	-0,69	-0,44	0,68	-0,55+	-0,55+	-0,72	0,85	-0,69	-0,44	-	0,68
P/Ca	0,86	-	-	0,66	0,47+	0,47+	0,61	0,76	0,79	0,79	0,76	0,70	0,64	-0,74	0,79	0,79	-	-0,76	0,70	0,64	-	-0,74
P/Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	0,72	0,72	0,76	0,70	0,64	-0,74	0,72	0,72	-	-0,76	0,70	0,64	-	-0,74
Ca/Mg	-0,65	-	-0,51+	-	-0,65	-0,55+	-	-0,45+	0,75	0,75	0,75	0,70	0,64	-0,74	0,75	0,75	-	-0,74	0,70	0,64	-	-0,74
Ca/Fe	-0,75	-	-0,81	-	-0,80	-0,50+	-0,80	-0,57	0,73	0,73	0,73	0,70	0,64	-0,74	0,73	0,73	-	-0,74	0,70	0,64	-	-0,74
Ca/Mn	-0,59	-	-0,61	-	-0,80	-0,70	-0,59	-	0,64	0,64	0,64	0,70	0,64	-0,74	0,64	0,64	-	-0,74	0,70	0,64	-	-0,74
Ca/B	-0,67	-	-0,48+	-0,60	-0,66	-0,68	-0,59	-	0,66	0,66	0,66	0,70	0,64	-0,74	0,66	0,66	-	-0,74	0,70	0,64	-	-0,74
Ca/Al	-0,67	-	-	-0,77	-	-0,49+	-0,77	-0,57	0,73	0,73	0,73	0,70	0,64	-0,74	0,73	0,73	-	-0,74	0,70	0,64	-	-0,74
Mg/Fe	-0,66	-	-0,81	-	-0,84	-0,73	-0,81	-0,81	0,66	0,66	0,66	0,70	0,64	-0,74	0,66	0,66	-	-0,74	0,70	0,64	-	-0,74
Mg/Mn	-0,59	-	-0,65	-	-0,84	-0,73	-0,79	-0,81	0,76	0,76	0,76	0,70	0,64	-0,74	0,76	0,76	-	-0,74	0,70	0,64	-	-0,74
Mg/Al	-0,59	-	-0,48+	-0,78	-	-	-0,79	-0,81	0,59	0,59	0,59	0,70	0,64	-0,74	0,59	0,59	-	-0,74	0,70	0,64	-	-0,74
Fe/Mn	-	-	-	-	-0,54+	-	-	-	0,66	0,66	0,66	0,70	0,64	-0,74	0,66	0,66	-	-0,74	0,70	0,64	-	-0,74
Fe/B	0,51+	-	-	0,71	-	-	0,71	-	0,76	0,76	0,76	0,70	0,64	-0,74	0,76	0,76	-	-0,74	0,70	0,64	-	-0,74
Mn/B	0,63	0,60	0,81	-	0,92	0,75	-	0,72	0,59	0,59	0,59	0,70	0,64	-0,74	0,59	0,59	-	-0,74	0,70	0,64	-	-0,74
Mn/Al	-	-	-	-	0,55+	-	-	0,49+	0,67	0,67	0,67	0,70	0,64	-0,74	0,67	0,67	-	-0,74	0,70	0,64	-	-0,74
B/Al	-0,51+	-	-	-0,71	-	-	-0,72	-	0,68	0,68	0,68	0,70	0,64	-0,74	0,68	0,68	-	-0,74	0,70	0,64	-	-0,74

Obs.: (+) = significância ao nível de 5%. TRL = Terra Roxa Latossólica; AQ = Areia Quartzosa. Foram apresentadas as relações mais significativas.



Tabela 10 - Coeficientes de correlação (r) significativos (1%), entre atividades biológicas e nutrientes na parte aérea do 2º cultivo, 46 dias.

Ítem	TRL					AQ				
	MICO	PSNOD	NNOD	ATN	AEN	MICO	PSNOD	NNOD	ATN	AEN
PAZ	-	-0,71	-	0,52 <sup>+</sup>	0,85	-	-	-	-	-
PSNOD	-	-	-	-0,51 <sup>+</sup>	-0,80	-	-	-	-	-
ATN	-	-0,51 <sup>+</sup>	-	-	0,71	-	-	-	0,50 <sup>+</sup>	-
AEN	-	-0,80	-	0,71	-	-	0,50 <sup>+</sup>	-	-	0,63
N	0,51 <sup>+</sup>	-	-0,47 <sup>+</sup>	-	0,60	-	-	-	0,63	-
Ca	-	0,53 <sup>+</sup>	-	-	-0,50 <sup>+</sup>	-	-0,46 <sup>+</sup>	-	-	-
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	-	-	-	-	-	-	-0,53 <sup>+</sup>	-	-	-
Al	-	0,49 <sup>+</sup>	-	-	-	-	-0,45 <sup>+</sup>	-0,51 <sup>+</sup>	-	-
N/P	0,58	-	-	-	-0,50 <sup>+</sup>	-	-	-0,49 <sup>+</sup>	-	-
N/Ca	-	-0,61	-	0,47 <sup>+</sup>	0,64	-	-	-	-	-
N/Mg	0,54	-	-	-	0,73	-	-	-	-	-
N/Fe	-	-	-	-	0,60	-	-	-	-	-
N/Mn	0,45 <sup>+</sup>	-0,49 <sup>+</sup>	-	-	0,63	-	-	0,56 <sup>+</sup>	-	-
N/B	0,45	-	-	-	0,45 <sup>+</sup>	-	-	0,47 <sup>+</sup>	-	-
N/Al	-	-0,57	-	0,50 <sup>+</sup>	0,71	-	-	-	-	-
P/Ca	-	-0,65	-	0,48 <sup>+</sup>	0,49 <sup>+</sup>	-	-	-	-	-
P/Fe	-0,45 <sup>+</sup>	-	-	-	-0,48 <sup>+</sup>	-	-	-	-	-
P/Mn	-	-	-	-	-	-	0,48 <sup>+</sup>	0,49 <sup>+</sup>	-	-
P/B	-	-	0,46 <sup>+</sup>	-	-	-	-	0,46 <sup>+</sup>	-	-
Ca/Mg	-	0,72	-	-	-0,57	-	0,61	0,55 <sup>+</sup>	-	-
Ca/Fe	-	0,68	-	-	-0,66	-	0,50 <sup>+</sup>	0,57	-	-
Ca/Mn	-	0,54 <sup>+</sup>	-	-	-0,45 <sup>+</sup>	-	-	0,51 <sup>+</sup>	-	-
Ca/B	-	0,57	0,52 <sup>+</sup>	-0,56 <sup>+</sup>	-0,64	-	-	-	0,52 <sup>+</sup>	-
Mg/Fe	-	-	-	-	-0,50 <sup>+</sup>	-	-	-	-	-
Mg/Mn	-	-	-	-	-	-	-	0,47 <sup>+</sup>	-	-
Mg/B	-	-	0,50 <sup>+</sup>	-0,47 <sup>+</sup>	-	-	-	0,46 <sup>+</sup>	-	-
Fe/Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,50 <sup>+</sup>
Fe/B	-	-	-	-	0,64	-	-	-	-	-
Fe/Al	-	-0,67	-	0,57	0,73	-	-	-0,44 <sup>+</sup>	-	-
Mn/B	-	-	0,50 <sup>+</sup>	-0,48 <sup>+</sup>	-0,54 <sup>+</sup>	-	-	-	-	-
B/Al	-	-0,46 <sup>+</sup>	-0,46 <sup>+</sup>	0,57	0,54 <sup>+</sup>	0,46 <sup>+</sup>	-	-0,47 <sup>+</sup>	-	-

Obs.: MICO = Colonização por micorriza vesicular-arbuscular; PSNOD = Peso seco de nódulos; NNOD = Número de nódulos; ATN = Atividade da nitrogenase; AEN = Atividade específica da nitrogenase; (+) = Significância ao nível de 5%; Relações ausentes por falta de significância; TRL = Terra Roxa Latossólica; AQ = Areia Quartzosa.

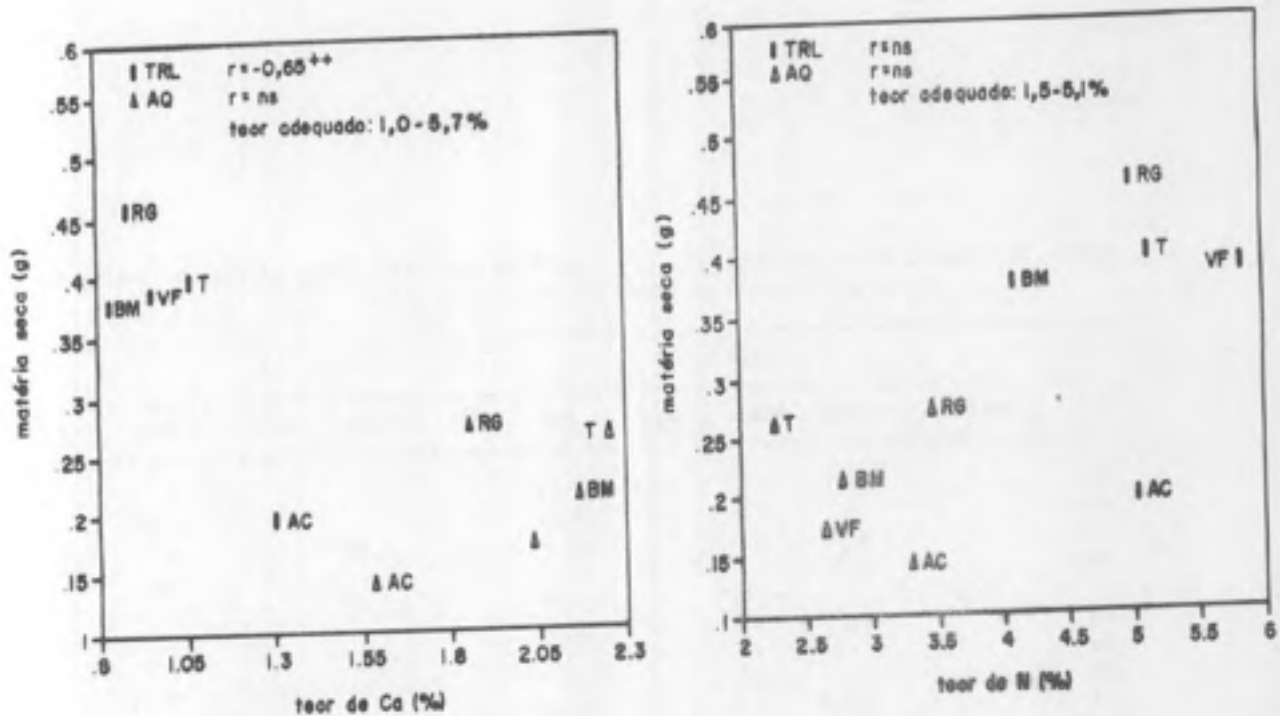


Figura 1a

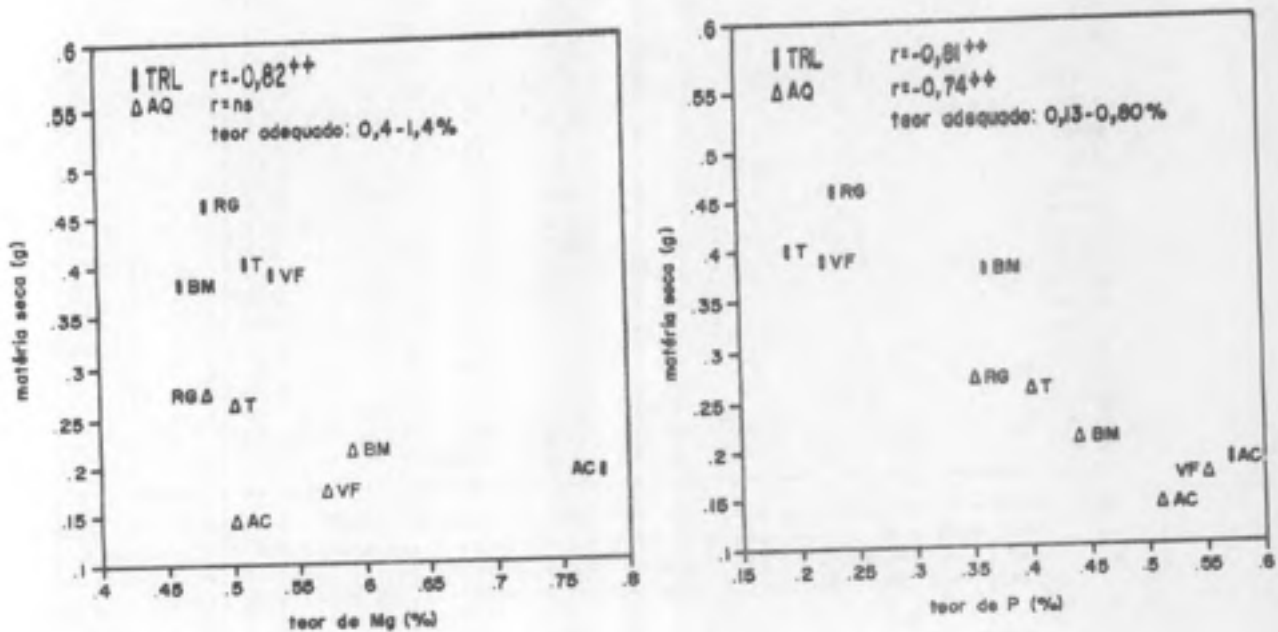


Figura 1b

Figura 1 - Produção de matéria seca de feijoeiro em função do teor de Ca, N, Mg e P na parte aérea, 1º cultivo.  $r$  = coeficiente de correlação e nível de significância.

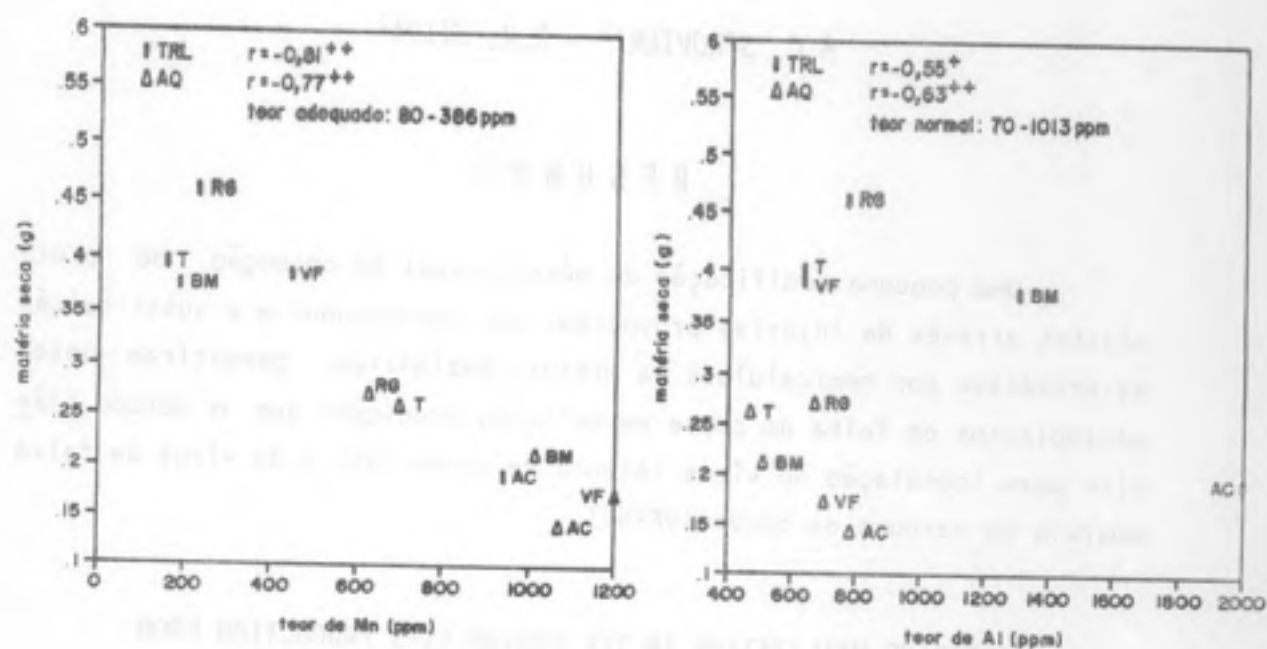


Figura 2a

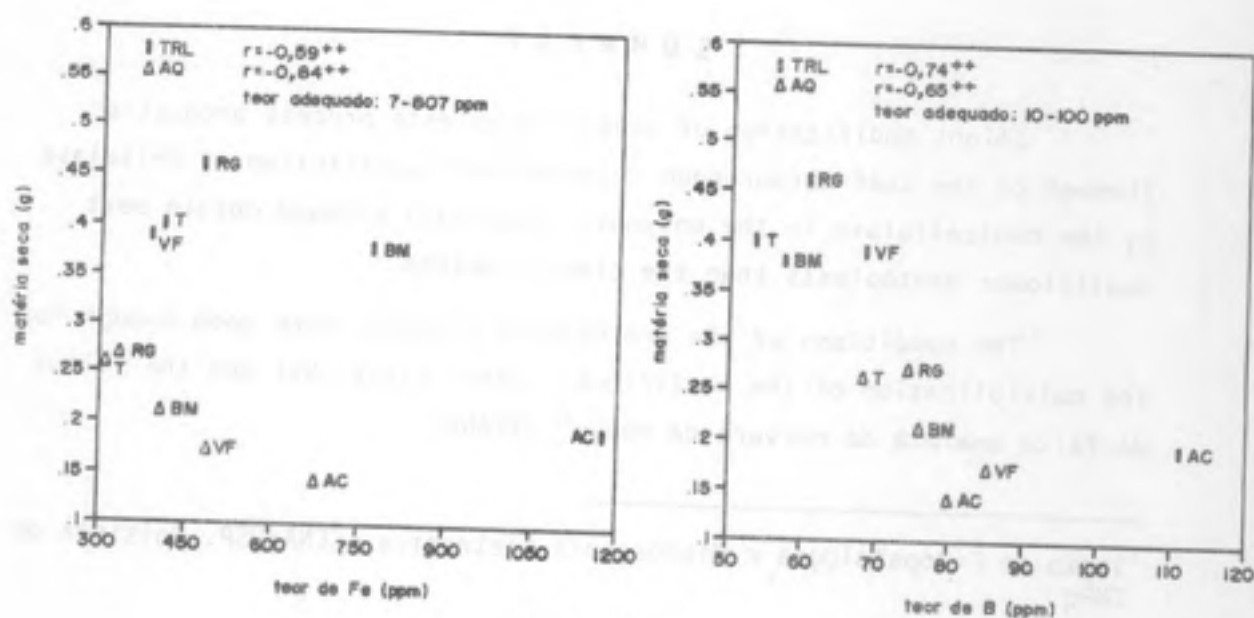


Figura 2b

Figura 2 - Produção de matéria seca de feijoeiro em função do teor de Mn, Al, Fe e B na parte aérea, 1º cultivo.  $r$  = coeficiente de correlação e nível de significância.