

EFEITO DO MOLIBDÊNIO NA DISPONIBILIDADE DE
FÓSFORO E ENXOFRE, E NA FIXAÇÃO SIMBIÓTICA DE
NITROGÊNIO EM SOJA (*Glycine max* (L.)Merrill)

RIVALDO VITAL DOS SANTOS

-Engenheiro Agrônomo -

DR. ANTONIO ENEDI BOARETTO

-Orientador-

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA. Área de concentração: "Energia Nuclear na Agricultura".

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro - 1988

S237e

Santos, Rivaldo Vital dos

Efeito do molibdênio na disponibilidade de fósforo e enxofre, e na fixação simbiótica de nitrogênio em soja (Glycine max (L.) Merrill). Piracicaba, 1988.

155p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Enxofre em soja - Disponibilidade 2. Fósforo em soja - Disponibilidade 3. Nitrogênio - Fixação 4. Soja - Efeito do molibdênio 5. Soja - Nitrogênio - Fixação 6. Soja - Nutrição I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.34

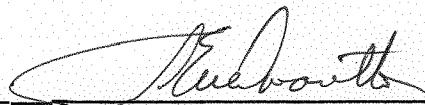
EFEITO DO MOLIBDENIO NA DISPONIBILIDADE DE FOSFORO E
ENXOFRE, E NA FIXAÇÃO SIMBIOTICA DE NITROGENIO EM SOJA
[*Glycine max* (L.) Merril]

RIVALDO VITAL DOS SANTOS

Aprovada em 06.01.1989

Comissão Julgadora:

Prof.Dr. Antonio Enedi Boaretto	CENA/USP
Profa.Dra. Nilva Therezinha Teixeira	FAZMCG/SP
Prof.Dr. Antonio Roque Dechen	ESALQ/USP



Prof.Dr. Antonio Enedi Boaretto
Orientador

Aos meus Pais

ANTONIO & VIRGÍNIA

por me encaminharem à LUZ

"OFEREÇO"

À AMADA

"ADRIANA"

por perpetuá-LA

"DEDICO"

AGRADECIMENTOS

- . Ao Dr. ANTONIO ENEDI BOARETTO, pela orientação e amizade.
- . Ao Dr. TAKASHI MURAOKA, pela acolhida e orientação inicial.
- . Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) pe
la oportunidade de realizar o Curso de Pós-Graduação.
- . A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.
- . Aos meus irmãos e cunhados pelo incentivo e apoio.
- . A Olaf A. Bakke, Ivonete e crianças, pela convivência e so
lidariedade.
- . A Fernando V. Novaes e família, pela amizade conquistada.
- . A Maria A. Calegari Soares, pela estima e empenho à realizaç
ção deste trabalho.
- . Aos técnicos: João Salvador, Marileuza Elias, Sandra Teresa,
Sandra Genaro, Cleuza Cabral e José Roberto Martins, pelo au
xílio nas análises químicas.
- . A Salatiêr Buzetti, Romildo Silva, Raffaella Rossetto, Rober
to Tanaka, Hermes e Iracema, pelo convívio.

*As pessoas que direta ou
indiretamente contribuí
ram à realização deste
TRABALHO.*

SUMÁRIO

PÁGINA

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xiii
SUMMARY.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Efeito do pH na Disponibilidade do Molibdênio e sua Absorção pelas Plantas.....	4
2.2. Influência do Molibdênio na Disponibilidade de Nutrientes.....	14
2.2.1. Interação Molibdênio-Nitrogênio.....	14
2.2.2. Interação entre Molibdênio e Fósforo-Enxofre.....	24
2.3. Avaliação do Molibdênio.....	29
2.4. Avaliação da Fixação Simbiótica de Nitrogênio.....	35
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
3.1. Localização do Ensaio.....	41
3.2. Amostragem dos Solos.....	41
3.3. Ensaio Preliminar.....	43
3.4. Determinações Químicas dos Solos.....	43
3.5. Incubação.....	44

3.6. Delineamento Experimental.....	44
3.6.1. Fontes e Doses.....	47
3.7. Adubação e Plantio.....	48
3.8. Condução e Colheita.....	49
3.9. Análises Químicas.....	50
3.9.1. Do Solo.....	50
3.9.2. De Planta.....	50
3.10. Análises Isotópicas.....	51
3.11. Determinação do N Proveniente da Fixação..	52
3.12. Quantificação da Absorção de P e S.....	54
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
4.1. Efeito dos Níveis de Molibdênio.....	56
4.1.1. Produção de Material Vegetal Seco (M.V.S.).....	56
4.1.2. Na Disponibilidade de P.....	64
4.1.3. Na Disponibilidade de S.....	80
4.2. Efeito do pH.....	100
4.2.1. Influência na Disponibilidade de Molibdênio.....	100
4.2.2. Influência na Fixação de N ₂	102
4.2.3. Influência na Disponibilidade de P e S.....	105
4.3. Avaliação do Molibdênio.....	109
4.4. Molibdênio na Fixação Simbiótica de N ₂	114
5. CONCLUSÕES.....	122
6. BIBLIOGRAFIA.....	124

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Teores de matéria seca (g/vaso), na soja em função da nutrição molíbdica e do pH , nos três diferentes solos.....	62
2	Teores de fósforo na parte aérea da soja (mg P/vaso) em função dos níveis de molibdênio e pH nos três solos.....	65
3	Quantidade de fósforo na soja oriundo do fertilizante (mg P/vaso) em função dos níveis de molibdênio e pH nos três solos.	66
4	Eficiência de utilização do fertilizante fosfatado (%) em função dos níveis de molibdênio e pH nos três solos.....	67
5	Percentuais de fósforo na parte aérea da soja em função dos níveis de molibdênio e pH nos três solos.....	68
6	Teores de fósforo na soja proveniente do solo (mg P/vaso) em função dos diversos níveis de molibdênio e pH nos três solos.	78
7	Quantidade de enxofre na planta (mg S/vaso) em função dos níveis de Mo e pH nos três solos.....	81

FIGURA		PÁGINA
8	Quantidade de enxofre na planta derivada do fertilizante (mg S/vaso) em função dos níveis de molibdênio e pH nos três solos.	82
9	Eficiência de utilização do fertilizante sulfurado (%) em função dos níveis de molibdênio e pH nos três solos.....	83
10	Percentagem de enxofre na soja em função dos níveis de molibdênio e pH, nos três solos.....	84
11	Teores de enxofre na planta derivado do solo (mg S/vaso) em função dos níveis de molibdênio e pH nos três solos.....	98
12	Teores de molibdênio na parte aérea da soja (ppm) em função dos níveis de molibdênio e pH no solo LEm.....	103
13	Quantidade de nitrogênio fixado (mg N/vaso) para soja em função dos níveis de molibdênio e pH. Solo LEm	115
14	Correlação entre os teores de nitrogênio fixado (mg N/vaso) e os conteúdos de molibdênio presentes na parte aérea da soja cultivada no solo LEm, no pH ₁	120

15	Correlação entre os teores de nitrogênio fixado (mg N/vaso) e os conteúdos de molibdênio presentes na parte aérea da soja cultivada no solo LEm, no pH ₂	121
----	---	-----

LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
1	Resultados das análises químicas dos solos antes do ensaio preliminar.....	45
2	Resultados das análises químicas dos solos após o ensaio preliminar.....	46
3	Quantidade de matéria seca (g/vaso) na soja em função dos vários níveis de molibdênio e pH, nas três unidades de solo. Média de quatro repetições.....	57
4	Teores de fósforo (mg P/vaso) presente na parte aérea da soja em relação aos diversos níveis de molibdênio e pH, nos diferentes solos. Média de quatro repetições....	73
5	Teores de fósforo na planta provenientes do fertilizante (PPPF-mg P/vaso) em relação aos diversos níveis de molibdênio e pH, nos diferentes solos. Média de quatro repetições.....	74

TABELA

PÁGINA

6	Teores percentuais de fósforo presente na parte aérea da soja em relação aos diversos níveis de molibdênio e pH, nos diferentes solos. Média de quatro repetições	75
7	Eficiência de utilização do fósforo (EUP%) pela soja em relação aos diversos níveis de molibdênio e pH nos diferentes solos. Média de quatro repetições.....	76
8	Teores de fósforo na planta proveniente do solo (PPPS-mg P/vaso) em função dos vários níveis de molibdênio e pH, nos diferentes solos. Média de quatro repetições.	92
9	Teores de enxofre (mg S/vaso) presente na parte aérea da soja em função dos diversos níveis de molibdênio e pH, nos diferentes solos. Média de quatro repetições...	93
10	Teores de enxofre na planta proveniente do fertilizante (SPPF-mg S/vaso) em função dos diversos níveis de molibdênio e pH, nos diferentes solos. Média de quatro repetições.....	94
11	Teores percentuais de enxofre presente na parte aérea da soja em função dos diversos níveis de molibdênio e pH, nos diferentes solos. Média quatro repetições....	95

TABELA		PÁGINA
12	Eficiência de utilização do enxofre (EUS-%) pela soja em função dos diversos níveis de molibdênio e pH, nos diversos solos. Média de quatro repetições.....	96
13	Teores de enxofre na planta proveniente do solo (SPPS-mg S/vaso) em função dos vários níveis de molibdênio e pH, nos diferentes solos. Média de quatro repetições.....	97
14	Teores de molibdênio (ppm) na parte aérea da soja em função dos diversos níveis de molibdênio, nos dois pHs. Solo LEm. Média de quatro repetições.....	101
15	Quantidade de nitrogênio fixado (mg N/vaso) em função dos diversos níveis de molibdênio nos dois pHs. Solo LEm. Média de quatro repetições.....	104
16	Número e peso de nódulos (mg/vaso) extraídos das raízes de soja cultivada em solo LEm nos distintos níveis de molibdênio e pH. Média de quatro repetições.....	117

EFEITO DO MOLIBDÊNIO NA DISPONIBILIDADE DE
FÓSFORO E ENXOFRE, E NA FIXAÇÃO SIMBIÓTICA DE
NITROGÊNIO EM SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)

Autor: RIVALDO VITAL DOS SANTOS
Orientador: DR. ANTONIO ENEDI BOARETTO

RESUMO

Pesquisou-se no presente trabalho o efeito do molibdênio na disponibilidade de fósforo e enxofre e na fixação simbiótica de nitrogênio em pH_1 (5,5) e pH_2 (6,5) na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. 'Doko'). Em pregou-se três solos: Latossolo Vermelho Escuro, fase argilosa (LEa), Latossolo Roxo (LR) e Latossolo Vermelho Escuro textura média (LEm). O ensaio, conduzido em casa de vegetação, recebeu Mo nas dosagens de 0; 0,25; 0,50 e 0,75 ppm, como molibdato de sódio. Os isótopos marcados ^{15}N , ^{32}P e ^{35}S , foram fornecidos respectivamente nas dosagens 13,65; 30,00 e 14,95 mg/vaso.

De modo geral não houve resposta significativa para o Mo, tanto na produção de matéria seca quanto nos teores de P, S e N_2 fixado. No LEa o molibdênio provocou aumento médio de 1% (pH_1) e 32% (pH_2) na absorção de P, (mg P/vaso) e 11% (pH_1) e 29% (pH_2) na absorção de S

(mg S/vaso). Quanto ao LEm o teor de P diminuiu de 7,4% (pH₁) e de 10,8% (pH₂) o de S de 8,2% (pH₁) e 14,3% (pH₂). Nas três unidades de solos constatou-se, uma melhor resposta ao nível de 0,5 ppm de Mo. Quanto ao pH, observou-se efeito positivo praticamente sobre os diversos parâmetros analisados.

Os conteúdos de Mo e a fixação de N₂ na matéria seca foram avaliados apenas no LEm. Os teores de Mo me didos colorimetricamente, diferiram significativamente com os níveis de Mo incorporados ao solo. Ocorreram variações de traços até 0,59 ppm e 1,45 ppm de Mo, respectivamente nos pH₁ e pH₂. Quanto aos teores de N₂ fixado verificou-se me lhor resposta ao nível de 0,5 ppm de Mo.

EFFECT OF MOLYBDENUM ON THE AVAILABILITY OF
PHOSPHORUS AND SULFUR ON NITROGEN SYMBIOTIC
FIXATION BY SOYBEANS (*Glycine max* (L.) Merrill).

Author: RIVALDO VITAL DOS SANTOS

Adviser: DR. ANTONIO ENEDI BOARETTO

SUMMARY

In this study the effect of molybdenum on P and S was studied with respect to the nitrogen fixation of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill cv. "Doko") at two soil pH: 5,5 and 6,5. Three latosols were used in a greenhouse experiment, with Mo rates of 0; 0.25; 0.50 and 0.75 ppm in the form of sodium molybdate the labelled isotopes ^{15}N , ^{32}P and ^{35}S , were applied at the rates of 13.65; 30.00 and 14.95 mg/pot, respectively.

In a general way no significant response was obtained for Mo in dry matter production, as well as P and S contents, and fixed N_2 . For the soil of higher clay content, molybdenum induced an average increase of 1% (pH=5.5) and 32% (pH=6.5) in the P absorption (mg P/pot), and 11%

(pH= 5.5) and 29% (pH= 6.5) in the S absorption (mg S/pot). For the soil of medium texture the P content decreased 7.4% (pH= 5.5) and 10.8% (pH=6.5) and for the S content decreased 8.2% (pH=5.5) and 14.3% (pH=6.5). For all three soils used the best Mo level was 0.5 ppm. With respect to soil pH a positive effect was observed practically for all analysed parameters.

The Mo contents and N₂ fixation in shoots , were measured only for the soil of medium texture. The Mo contents, measured colorimetrically, followed significantly the Mo levels incorporated into soil. Levels were order of traces to 0.59 and 1.45 ppm Mo, respectively for pH₂ 5.5 and 6.5. With respect to fixed N₂ the best response was found with 0.5 ppm Mo.

In aerial parts the Mo and N₂ fixed contents measured only in the treatments with soil of medium texture. Increment of Mo content followed the soil levels of Mo.

1. INTRODUÇÃO

A obtenção de crescentes produtividades das culturas está, antes de tudo, estritamente relacionada com a condução de uma adequada fertilidade dos solos a qual depende da perfeita compreensão de um grande número de fatores que influenciam, em maior ou menor intensidade, no estado nutricional dos solos e portanto, na disponibilidade dos elementos essenciais às plantas. Entre outros aspectos, a interação apresentada pelos nutrientes pode afetar positivamente ou não maiores produções.

A importância do Mo, iniciou-se com a demonstração de seu efeito benéfico na fixação de nitrogênio (N_2) (BORTELS, 1937) e consolidou-se quando se comprovou, em tomates, que esse micronutriente satisfaz plenamente os critérios de essencialidade (ARNON & STOUT, 1939). É requerido em quantidades inferiores a qualquer um outro micronutriente, o que não reduz sua grande contribuição no metabolismo vegetal, onde desempenha destacada função na nodulação, fixação de nitrogênio e redução de nitratos.

Sabe-se que os solos do sudeste brasileiro , são em sua maioria, de características ácidas, e as culturas desenvolvidas nesses podem responder a adubação com Mo e calagem . Muitos desses solos têm valor de pH abaixo de 5,0 e determinadas plantas não podem apresentar um crescimento adequado sem aplicação de corretivos.

A disponibilidade do Mo no solo e sua absorção pelas plantas pode ser influenciada por uma série de fatores. Segundo *CHENG & QUELLETE (1973)*, a deficiência ou excesso desse micronutriente depende do tipo de solo, material de origem, natureza e forma do Mo no solo, condições climáticas, espécies de culturas, métodos de cultivo, irrigação, uso de fertilizantes químicos ou orgânicos, maior ou menor nutrição mineral, interação entre microorganismos do solo e raízes das plantas entre outros.

A interação do Mo com nitrogênio, fósforo e enxofre em soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem sido verificada por um grande número de pesquisadores, principalmente para solos com características físicas e químicas desiguais às brasileiras. Naquelas constata-se maior absorção de N ocasionado pela presença de doses crescentes de Mo. O que está associado a fixação simbiótica do N₂ atmosférico por bactérias (*Rhizobium japonicum*) existentes nos nódulos da referida cultura. No caso de enxofre, o acúmulo de Mo pe

las plantas decresce devido aos altos níveis de íons SO_4^{2-} nas raízes (*PAL et alii, 1976*). Acredita-se que esse efeito ocorre durante o processo de absorção. Finalmente, o ânion PO_4^{3-} tem apresentado efeito sinérgico com o Mo, elevando o conteúdo desse nas raízes, caules, folhas e grãos ocasionando acréscimo na produção, especialmente de leguminosas.

Desse modo urge estudos que visem a dinâmica desse micronutriente em relação ao nitrogênio, fósforo e enxofre. Assim, tendo em vista a importância sócio-econômica da cultura de soja, propõe-se nesse trabalho alcançar alguns objetivos sob as condições de solo e clima do Brasil tais como:

1. Avaliar o efeito da aplicação de molibdênio na absorção de fósforo e enxofre e na fixação simbiótica de nitrogênio.
2. Determinar se o efeito é na disponibilidade desses macronutrientes (através do uso de ^{35}S e ^{32}P).
3. Atentar para os efeitos da calagem na intensidade dessas interações.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Conforme caracterizou-se nos objetivos, o presente trabalho visa pesquisar a influência do calcário na disponibilidade do Mo, assim como estudos de fixação de N_2 e interação do mencionado nutriente com macronutrientes primários (N e P) e secundário (S) em soja (*Glycine max* (L) Merrill). As informações obtidas na literatura a respeito dessas interações como se verá, são aparentemente conflitantes.

2.1. Efeito do pH na Disponibilidade do Molibdênio e sua Absorção pelas Plantas

A natureza do efeito do calcário no aumento do Mo em solução varia intensamente, dependendo das formas de combinação desse nutriente. Em alguns solos não há resposta se não for aplicado, em outros pode ter pouco ou nenhum efeito.

É bem conhecido que a calagem aumenta a disponibilidade do Mo, e numerosos trabalhos comprovam esse efeito (FRICKE, 1944; OERTEL et alii, 1946; PIPER & BECKWORTH, 1948; STEPHENS, 1951; REISENAUER et alii, 1965; GUPTA & MACKAY, 1968).

LEWIS (1943) obteve aumento na produção e absorção de Mo em pastagens como consequência da adição de materiais básicos.

ANDERSON & OERTEL (1946), verificaram um efeito positivo do calcário na fixação biológica do nitrogênio e no aumento da disponibilidade do Mo. Trabalhando com trevo obtiveram uma produção de 14,5 g/vaso, simplesmente pelo acrêscimo do pH. Correlação positiva segundo ANDERSON (1956).

A calagem como prática de controle em solos ácidos com alto teor de Mo não disponível apresenta resultados positivos (STOUT & JOHNSON, 1956). Segundo esses autores essa prática fornece outros benefícios tais como acrêscimo na nodulação.

AHLRICHS et alii (1963) estudou treze diferentes solos com pH variando de 5,5 a 6,4. O Mo, foi aplicado nas doses de 1,2 e 2,4 Kg por ha como carbonato de cálcio até atingir pH 6,5. Apesar de não obterem aumento

na produção de alfafa ou no teor de proteínas, conseguiram efeito positivo da calagem na absorção de Mo.

DAVIES (1956) afirma que a deficiência do referido micronutriente pode ser corrigida sob condições alcalinas devido a maior liberação de íons molibdato ($\text{MoO}_4^{=}$). O que está de acordo com *MALAVOLTA (1981)*, segundo o qual a disponibilidade do molibdênio depende muito do pH do solo sendo maior em pH mais elevado, ao contrário do B, Zn, Cu, Fe e Mn.

Em diversas áreas é comum a prática de controle da deficiência do Mo simplesmente através da correção do solo ao pH 6,0-6,5. Isso é verdadeiro desde que a quantidade total do Mo no solo esteja em nível adequado, só assim ocorrerá liberação do mesmo para a solução do solo.

Com o intuito de comprovar a crescente dinâmica do Mo através da aplicação de calcário cita-se o controle da "Whiptail" mesmo antes da verdadeira natureza da "doença" ser demonstrada (*CLAYTON, 1924; MAGEE, 1933*).

BARSHAD (1951) notou que em pH acima de 8,0, o acréscimo no teor de molibdênio solúvel em água não foi refletido por um aumento da absorção pela planta, e sugeriu que a presença de bicarbonato, carbonato e íons hidroxílicos tendem a aumentar a adsorção do molibdato. *MELLO et alii (1983)*, por outro lado, encontraram uma redução na

quantidade de molibdênio adsorvido em um Latossolo Vermelho Escuro; mas nesse caso o pH máximo considerado foi de 6,7 . SIQUEIRA & VELLOSO (1978) estudando a capacidade de adsorção de íons molibdato em solos sob vegetação de cerrado, observaram que os respectivos ânions foram adsorvidos principalmente nas duas primeiras horas de agitação. A adsorção máxima variou de 0,6 a 3,1 mmoles de Mo/100g de solo, sendo medida em pH 4 (25°C); havendo um decréscimo acentuado até pH 6,0.

GIDDENS & PERKINS (1960) citam um acréscimo na disponibilidade do Mo três anos após a incorporação de 600 e 4800 Kg. de calcário por ha. Observaram que havia uma redução no quarto ano, possivelmente devido a remoção do Mo do solo.

PARKER & HARRIS (1962) observaram um aumento significativo na produção de sementes e teor de proteínas em soja (*Glycine max* (L) Merrill), após aplicação de calcário, mas apenas onde o molibdênio não foi aplicado.

Segundo alguns pesquisadores, além do pH, um outro aspecto que apresenta grande influência na resposta ou não, de uma determinada cultura ao molibdênio, refere-se ao teor desse micronutriente contido nas sementes.

LAVY & BARBER (1962) conseguiram resposta a

produção de soja em solos com pH inferior a 6,0 quando o teor de molibdênio nas sementes de soja, anteriormente cultivada nessa área, não excedeu de 1,2 ppm. Segundo os autores, o conteúdo de molibdênio na semente é o melhor indicador do status do referido micronutriente no solo, por conter duas ou mais vezes Mo quando comparado com caules ou folhas.

Avaliando o efeito da calagem e molibdênio no crescimento da alfafa (*Medicago sativa* L.), JAMES *et alii* (1968) aplicaram 0; 0,4 e 0,8 libras de molibdênio por acre 'versus' vários níveis de calcário. Salvo algumas exceções, tanto a elevação do pH quanto a fertilização com molibdênio resultaram num aumento de produção e teor do micronutriente na cultura. Os resultados indicaram um aparente nível crítico entre 0,3 e 0,5 ppm de molibdênio, os quais estão próximos daqueles encontrados por REISENAUER (1965) e STOUT *et alii* (1951). Para outros pesquisadores a resposta das culturas a esse micronutriente pode se dar em uma variação mais abrangente da concentração do mesmo nos tecidos vegetais (ANDERSON, 1956; EVANS *et alii*, 1950).

De acordo com TURNER & McCAAL (1957) as mais altas produções de couve-flor e trevo foram obtidas através da aplicação de calcário juntamente com molibdênio, superior àquelas devido adição isolada de calcário ou molibdênio.

LONG et alii (1965) aplicando 2,6 gramas por litros de Mo em soja variedade 'Lee' e 'Kent' cultivada em solo com pH 5,1, obtiveram acréscimo na produção de 1,6 para 2,3 toneladas por ha quando os níveis de calcário variaram de 0-4 toneladas por hectare. Ainda, citam uma produção média de soja de 1,2 toneladas quando o molibdênio foi aplicado, em relação a 1,0 tonelada da testemunha; isso numa média de 14 experimentos.

O mesmo comportamento tem sido observado em outras culturas.

WIDDOWSON (1966) constatou um aumento de três vezes na concentração de molibdênio em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), comparando tratamentos com e sem calcário. Atribuiu-se esse resultado a dois efeitos: um direto, provocado pela troca de hidroxilas pelos íons molibdatos dos coloides do solo, e a um efeito indireto do pH, na disponibilidade de nutrientes o que aumentou a nutrição da cultura e dobrou sua produção de matéria seca.

Comparando quatro níveis de Mo (0; 70; 350 e 700 gramas/ha com diversas doses de calcário (0, 1, 2 e 4) toneladas/acre, *ROLT (1968)* conseguiu aumento na produção de trevo em quatro cortes sucessivos. O autor indica a obtenção de uma produção máxima pelo uso de 2 toneladas de calcário juntamente com 30 g de molibdênio por hectare .

GURLEY & GIDDENS (1969) estudando os fatores que influenciam no conteúdo de molibdênio em sementes de soja (*Glycine max* (L) Merrill) obtiveram aumento significativo desse micronutriente nas sementes de soja, quando se empregou 13,44 t de calcário por hectare.

Efetuada a combinação de quatro níveis de Mo (0; 2,5; 5,0 e 10 ppm) em três diferentes pH (5,0; 5,5 e 6,5) *GUPTA (1969)* constatou aumento na produção de alfafa (*Medicago sativa* (L) var. 'Narraganset') e couve-flor (*Brassica oleracea* var. 'Botrytis' cv. 'Primo snow'). Ocorreu uma intensa interação entre molibdênio e calcário em ambas culturas, principalmente na alfafa, onde unicamente o acréscimo no pH resultou em um marcante aumento no teor de molibdênio, de 1,19 para 19,61 ppm.

Segundo *KAMPRATH (1974)* as respostas à aplicação de molibdênio são possíveis em solos ácidos, mas não naqueles com calagem adequada.

DeMOOY (1970a) recomenda calagem para corrigir a deficiência de molibdênio para soja. Segundo o mesmo essa prática é tão eficiente quanto a aplicação do próprio micronutriente, mas alerta que pode haver variações de acordo com as diversas classes de solo, por isso cita a necessidade de tratamentos da semente (140 gramas Mo/ha) como complemento.

Por outro lado, DeMOOY (1970b) verificou mesma magnitude de aumento quanto ao molibdênio extraído tanto em altos quanto em baixo pH. Isso assegura a observação de LAVY & BARBER (1964) de que o conteúdo de Mo no solo parece estar relacionado com o tipo de solo, do que com o pH ou níveis de fósforo ou potássio.

Na realidade o efeito da calagem pode diferir acentuadamente, dependendo das condições experimentais empregadas até dentro de mesmo solo. SANTOS *et alii* (1980) encontraram em soja perene um valor médio de 0,41 ppm de molibdênio na matéria seca, quando efetuando calagem, contra 0,36 ppm na sua ausência para um Latossolo Vermelho Amarelo. Num Latossolo Vermelho Escuro esses valores variaram, respectivamente, de 0,81 para 0,34 ppm.

FRANÇA *et alii* (1973), verificaram em soja perene var. 'Tiranoo', cultivada em um Latossolo Vermelho Escuro, um significativo aumento no teor total de N, como também um maior efeito na fixação simbiótica de nitrogênio apenas na ausência de calagem. Atribuindo esse fato a uma liberação adequada de molibdênio devido a calagem, visto que o solo apresentava pH inicial de 4,3. Resposta similar foi obtida por FREITAS *et alii* (1960) quando constatou efeito do Mo na ausência de calcário ou com a incorporação de 1/4 de sua necessidade.

Mitchell citado por *FLEMING* (1980) relata que a simples aplicação de calcário pode aumentar o teor de molibdênio nas pastagens de duas a três vezes e, em alguns solos pode elevar a níveis superiores a 5 ppm.

Portanto, em alguns solos, só há respostas a aplicação do molibdênio se o calcário for adicionado e em outros a elevação do pH pode ter pouco ou nenhum efeito na resposta ao molibdênio.

SIMS & ATKINSON (1975) constataram efeito depressivo da acidez do solo no teor de molibdênio trocável do solo. A concentração do íon $\text{MoO}_4^{=}$ diminuiu juntamente com o pH em um solo cultivado com tabaco (*Nicotiana tabacum* L. cv. 'Burley 21'). A quantidade de nitrogênio na parte aérea foi reduzida de 50% nas altas doses de nitrogênio, em relação aos tratamentos sem N. O autor atribui esse comportamento ao poder acidificante do adubo nitrogenado incorporado (NaNO_3) e/ou ao baixo teor de $\text{MoO}_4^{=}$ em pH baixo.

MITCHELL, R.L. Trace elements in soils. In: Chemistry of the Soil. 2nd. Ed. F.E. Bear. Reinhold. N.Y. 515p. 1964.

LANTMAN et alii (1985b) estudando o comportamento do Mo em diversos níveis de calcário em solos Bruno Distrófico e Latossolo Roxo, registraram respostas altamente significativas na produção de grãos de soja, principalmente na ausência de Mo. Acima do pH 5,7 as diferenças entre as produções com e sem Mo desapareceram. Noutros latossolos não foram obtidas respostas positivas aplicando-se as mesmas dosagens (4,5 e 9,0 g Mo/80 Kg semente), (*LANTMAN et alii, 1985a,c*).

CAMPO et alii (1985) não constataram efeito do Mo sobre a fixação e/ou absorção do nitrogênio pela soja. Verificaram que a percentagem de proteínas nos grãos são superiores mesmo para valores baixos de pH.

Apesar dos resultados conflitantes, de modo geral assume-se que sob condições alcalinas o mecanismo de troca aniônica, envolvendo a substituição do íon molibdato pela hidroxila acarreta um acréscimo na disponibilidade do molibdênio.

2.2. Influência do Molibdênio na Disponibilidade de Nutrientes

2.2.1. Interação Molibdênio-Nitrogênio

Na interpretação dos dados referentes ao efeito de diversos elementos na disponibilidade do molibdênio deve-se considerar sob que condições o experimento foi conduzido e, no caso do nitrogênio, que fontes foram empregadas.

A importância biológica do molibdênio foi inicialmente demonstrada por *BORTELS (1937)* quando descobriu ser esse micronutriente altamente benéfico na fixação do nitrogênio atmosférico (N_2) pela bactéria *Azotobacter chroococcum*. Sendo sua essencialidade comprovada em culturas de tomateiro (*ARNON & STOUT, 1939*).

A determinação direta da relação entre nitrato redutase e molibdênio é de considerável interesse. Esse elemento pode funcionar puramente como catalisador analítico conforme relatou *KHARASCH et alii (1936)*. Por outro lado o Mo pode servir para ativar a mencionada enzima, por formar parte integrante de sua molécula.

STEINBERG (1937) verificou que respostas do *Aspergillus niger* ao Mo é rara, e que está associada ao tipo de nutrição nitrogenada. Segundo esse pesquisador o Mo é

necessário em maior quantidade por um organismo quando o nitrato é a fonte de nitrogênio, em relação ao amoniacal ou orgânico. A partir desse fato fica confirmado a importância do molibdênio como elemento essencial na ativação da nitrato redutase, onde nitratos são reduzidos a amônio para sínteses de aminoácidos e proteínas, adequadas ao desenvolvimento vegetal. Considerações que estão de acordo com Cheng & Quellette, citados por *FLEMING (1980)* os quais, cultivando aveia (*Avena sativa* L.) em solos deficientes em molibdênio, verificaram eliminação da mesma unicamente quando aplicado sulfato de amônio; com nitrato de potássio ou uréia o problema foi agravado.

Resultados semelhantes quanto ao efeito das fontes de nitrogênio foram citados por *CHENG & QUELLETTE (1970)*, em cevada sendo que nesse caso a adição de molibdênio reduziu os teores de nitrogênio nas plantas; e o simples tratamento do solo com resíduos orgânicos, resultou em grande acúmulo de N total. Esses resultados assemelham-se

CHENG, B.T. & QUELLETTE, G.J. Molybdenum nutrition in oats as affected by organic amendments, nitrogen fertilizers and limestone. Naturaliste Can. 97:535-552, 1970.

aos de HEWITT & GUNDRY (1970) que observaram sintomas de "whiptail" em couve-flor unicamente quando se incorporou a fonte nítrica, e sua ausência após aplicação de nitrogênio amoniacal. MULDER (1954) também associa que em solos tratados com NO_3^- plantas exibem sintomas de deficiências de Mo.

Estudando a interação Mo- NO_3^- em tabaco (*Nicotiana tabacum* L. cv. 'KY-14'); SIMS et alii (1975) obtiveram resultados que divergem da tendência geral de que Mo e nitrogênio tem efeitos sinérgicos. Verificaram redução de 0,40 para 0,20 mg Mo/g de matéria seca quando a dose de nitrogênio passou de zero para 448 kg por hectare.

Outra importante contribuição do Mo, se refere a sua atuação na nitrogenase. MORTENSON (1965, 1966) descreveu as propriedades da nitrogenase, complexo enzimático composto por duas metalo-proteínas, uma contendo ferro e a outra ferro e molibdênio, sendo responsável pela redução do N_2 a NH_3 .

Anderson & Spencer citados por DAVIES (1956) ilustram o efeito positivo do nitrogênio na absorção do Mo pelo trevo (*Trifolium subterraneum* L.) e linho (*Linum usita*

ANDERSON, A.J. & SPENCER, D. Molybdenum in nitrogen metabolism of legumes and non-legumes. *Austr. J. Sci. Research, Ser. B.* 3:414-430, 1950.

tissimum L.) tal fato pode ser atribuído a um possível efeito sinérgico entre Mo e N. Em alfafa foi encontrada mesma tendência (GIDDENS & PERKINS, 1960), quando constataram menor acúmulo de nitratos nos tratamentos que não receberam molibdênio. Nesse caso, a maior fixação biológica de nitrogênio ocorreu em decorrência da presença do Mo natural do solo, que teve sua disponibilidade aumentada pela calagem.

Cultivando treze cultivares de alfafa em Latossolo, YOUNGE & TAKAHASHI (1953) obtiveram um aumento na produção e conteúdo de proteínas através da aplicação de Mo, embora os cultivares tenham apresentado diferenças. O que coincide com os resultados de FOY & BARBER (1959) que encontraram um significativo aumento na produção em nove dos dezot solos em estudo com a mesma cultura.

A importância do Mo na fixação simbiótica do nitrogênio é demonstrada por ANDERSON & SPENCER (1950) em trevo. Em sua deficiência ocorreu um aumento anormal do número de nódulos, indicando que sob condições de inativa fixação, a susceptibilidade da planta à infecção é acelerada. MULDER (1954) também encontrou maior número de nódulos em culturas submetidas a tratamentos sem molibdênio, sendo que esses nódulos eram amarelados, enquanto que aqueles das plantas cultivadas em solos com níveis adequados de Mo apresentavam coloração vermelha. O autor atribuiu tal resultado a uma maior presença de leg-hemoglobina nestes.

Por outro lado, *NICHOLAS & NASON (1953)* com provaram o desempenho do Mo na redução de nitrato pela *Neurospora crassa*, quando evidenciaram: (1) que o aumento da atividade em várias frações de proteínas foi acompanhada pelo aumento do conteúdo de Mo; (2) a diálise da enzima com cianeto na desativação da nitrato redutase e a uma correspondente redução do micronutriente; (3) que a enzima dialisada livre de cianeto, foi especificamente reativada por sais de Mo; e (4) que de todos os micronutrientes, apenas a deficiência de Mo resultou num decréscimo da atividade da nitrato redutase.

A importância do Mo na nitrato redutase também foi demonstrada em outras culturas. *AFRIDI & HEWITT (1964)* verificaram aumento na atividade da nitrato redutase em tecidos de couve-flor (*Brassica oleracea* var. 'Botrytis') cultivada em soluções de nitrato e sulfato de amônio, usando Mo-99. *VEGA et alii (1971)*, trabalhando com extratos de células de *Chorella fusca*, demonstraram que o nível de atividade da nitrato redutase (NR) foi aumentado à medida que a concentração de MoO_4^{2-} variou de zero a 100 μM . Observaram que o complexo NR necessita de Mo não para induzir sua formação, mas como um componente ativo.

DAS GUPTA & BASUCHAUDHURI (1977) demonstraram um aumento na atividade da nitrato redutase (NR) pelo Mo no arroz (*Oryza sativa* L.), indicando uma maior concentração

de nitrogênio em seus tecidos, por surgir um gradiente responsável pela maior absorção e assimilação do nitrogênio aplicado. A mesma tendência foi verificada por *SIMS et alii* (1979) em tabaco (*Nicotiana tabacum* L. cv. 'KY-14') devido a interação do Mo com o sulfato; e por *SIMS et alii* (1975), nesse caso apenas em doses mais elevadas de molibdênio (0,44 Kg/ha). Esses resultados comprovam o efeito sinérgico desse micronutriente em relação a atividade da nitrato redutase (NR), apesar de alguns pesquisadores obterem diferentes efeitos (*PAL et alii*, 1976).

Avaliando níveis de nitrogênio e molibdênio em trigo (*Triticum aestivum*, var. 'Bordan') cultivada em um Podzólico, *FRENEY & LIPSETT* (1965) verificaram redução na sua produção nas concentrações mais elevadas de nitrato de sódio unicamente na ausência de Mo. Esse comportamento segundo os autores, têm as possíveis explicações: (1) redução na absorção do Mo pelas plantas, devido as altas aplicações de nitrato, como sugerido por *STOUT et alii* (1951); (2) uma maior exigência da nitrato redutase (NR) e, portanto, do molibdênio dentro da planta.

Outros trabalhos indicam acréscimo de nitrogênio em diferentes partes da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) devido ao Mo; folhas (*BOSWELL & ANDERSON*, 1969), folhas e sementes (*PARKER & HARRIS*, 1962). Ocorrendo no primeiro caso, além da elevação do teor de nitrogênio (2,31

para 2,53%), aumento no conteúdo de Mo (0,13 para 4,70 ppm) e proteínas (38,6 para 39,7%) nas folhas de soja. Já no segundo caso o aumento da percentagem de nitrogênio se verificou unicamente quando não foi aplicado Mo no solo. Resultados que estão de acordo com os de HAGSTRON & BERGER (1963) e diferem daqueles obtidos por LEE *et alii* (1967).

HARRIS *et alii* (1965), estudando o efeito do Mo em soja cultivada em seis diferentes localidades, obtiveram resposta dos tratamentos com Mo tanto no número, quanto no tamanho das sementes. Verificou-se um aumento médio de produção igual a 32,5% e também correlações altamente significativas, tanto entre o conteúdo de nitrogênio das folhas ($r=0,66$) quanto entre o peso e produção de sementes ($r=0,97$). RUSCHELL *et alii* (1969), também encontraram um maior teor de nitrogênio total em soja, em consequência da aplicação desse micronutriente, como revestimento da semente. ZAMBOLIM *et alii* (1975) relataram aumento na produção de grãos de soja de 382 Kg/ha pelo uso de 13 g de trióxido de Mo por hectare.

Além da soja, outras culturas têm apresentado respostas ao Mo. BRAGA (1972), obteve resposta linear e quadrática do feijão 'Rico 23' em um solo Podzólico Vermelho Amarelo câmbico devido à aplicação de Mo, demonstrando máxima produção quando aplicou-se 13,5 g Mo/ha. Outros têm também conseguido elevar tanto o teor de N na parte aérea

do feijoeiro quanto sua produção total, diferindo unicamente quanto a dose aplicada: 12,3 g/ha de Mo (SANTOS *et alii*, 1979); 19,8 g Mo/ha (ARAÚJO, 1977).

Conduzindo experimento em campo afim de explorar as possibilidades de aumento na eficiência de dois cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), DAS GUPTA & BERA (1972), constataram um acréscimo na produção de 1,5 vezes em virtude da aplicação de 20 g/ha de Mo, independente dos níveis de nitrogênio, obtendo máxima produção nas maiores doses de N (300 Kg/ha) e Mo (20 g/ha). Estudo similar foi executado por DAS GUPTA & BASUCHAUDHURI (1974a) adotando a mesma cultura (cv. 'IRS'). Nesse caso, verificou-se um aumento significativo no conteúdo total e solúvel de N nas folhas, ramos e grãos do referido cultivar. Os aumentos sugerem que o Mo, além de acelerar a utilização do N pelo arroz, também facilita sua translocação. Tendência comprovada por DAS GUPTA & BASUCHAUDHURI (1974b), segundo os quais muitos dos aminoácidos essenciais estão presentes em maior concentração nas proteínas na presença de N e Mo.

Uma boa correlação ($r=0,875$) entre Mo trocável e o N da planta foi estabelecida por DAWSON & BHELLA (1972) em trevo. Os dados demonstraram que a percentagem de N variou de 2,35 para 3,24% em solos não tratados com Mo. Quando tratados, a variação foi de 2,57 para 3,27%. O N aumentou em 20% em um terço dos solos em estudo. Efeitos

também observados por *EVANS (1956)*, sem aplicação de calcário e por *KLIEWER & KENNEDY (1960)*, usando calcário em várias doses.

O Mo tem demonstrado resultados significantes em produções de hortícolas. *FONTES et alii (1982)* obtiveram aumento na produção de três cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) em Latossolo Vermelho Escuro, pela aplicação de 2 Kg/ha de Molibdato de sódio.

REISENAUER (1963) cita uma maior eficiência do Mo quando aplicado à semente, em relação àquele adicionado ao solo, observando em ervilha, aumento tanto no conteúdo de N em sua parte aérea quanto da produção. Em outros casos, apesar de aumentar a percentagem de N na parte aérea das plantas, exibe pouco efeito na produção (*WALKER et alii, 1955*).

Restringindo-se às leguminosas, a relação Molibdênio -Nitrogênio (Mo-N) não é tão conflitante. Os pesquisadores geralmente concordam que a aplicação de nitrogênio no solo corrige sua deficiência como também a do Mo (*ANDERSON & THOMAS, 1946; REISENAUER, 1963*).

HAGSTRON & BERGER (1963) relatam considerável diferença na nodulação de soja em decorrência dos tratamentos com Mo, o que se refletiu num acréscimo no teor de N(24,3%) e na produção de 80%, em relação a testemunha.

BELLINTANI NETO & LAM-SANCHES (1974) aplicando cinco níveis de Mo (0, 100, 200, 300 e 400 g/ha) verificaram resposta linear quanto a produção de nódulos em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Esse resultado pode estar associado a uma maior fixação de nitrogênio. Os autores não dão maiores informações. Já RUSSEL *et alii* (1966) aplicando 5 Kg/ha de molibdato de sódio em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) observaram uma redução no número de nódulos, aumentando por outro lado, o nitrogênio fixado por nódulo. BURRIS (1966) afirma que a nodulação ocorre sem ou com aplicação de Mo, porém a fixação do nitrogênio atmosférico só se verifica na presença desse micronutriente. Em outro trabalho verificou-se que a concentração de Mo nos nódulos de soja duplicou quando foi aplicado uma estirpe de *Rhizobium japonicum* excepcional em relação a outra normal, apesar de não ser observado correlação positiva entre eficiência nodular e teor de Mo (PEDROSA *et alii*, 1970). Em certos casos a redução na atividade dos nódulos pode ser atribuída ao uso ineficaz da estirpe (GALLETTI *et alii*, 1957, JOHNSON *et alii*, 1965) ou ao efeito da adubação nitrogenada (BEAR & HOVER, 1971). Segundo o PROGRAMA INTEGRADO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1973), o primeiro plantio em solos de cerrado sempre expressa uma redução no número de nódulos.

2.2.2. Interação entre Molibdênio e Fósforo-Enxofre

Um aspecto de grande significância prática no que diz respeito a absorção do Mo é sua interação com o fósforo e o enxofre, sejam do próprio solo ou provenientes de fertilizantes.

O fósforo, enxofre e molibdênio aplicados sózinhos e em todas as combinações, em trevo, resultaram em resposta significativa na absorção do Mo unicamente nos solos em que os outros dois nutrientes foram incorporados (*ANDERSON*, 1956), o que confirma resultados de *ANDERSON & OERTEL* (1946).

A observação do efeito negativo do sulfato ($\text{SO}_4^{=}$) na absorção do Mo têm sido notada por vários pesquisadores. *STOUT et alii* (1951) enunciam que os ânions $\text{MoO}_4^{=}$ e $\text{SO}_4^{=}$, por apresentarem o mesmo tamanho, podem competir pelos sítios de absorção nas raízes. Também foi encontrado efeito do $\text{SO}_4^{=}$ na translocação do referido micronutriente.

Quanto ao fósforo, pode ou não aumentar a deficiência de Mo (*ANDERSON & MOYE*, 1952). Esses nutrientes em alguns trabalhos demonstraram efeitos antagônicos (*ASKEW*, 1958, *QUELLETTE*, 1963). Sob outras condições, essa interação se processa positivamente (*WALKER et alii*, 1955a), segundo o qual o fosfato monocálcico pode liberar Mo devido troca dos

íons fosfato (PO_4^{3-}) e MoO_4^{2-} , proporcionando um aumento da concentração de fósforo na solução do solo. Outros autores tem conseguido aumentar a absorção de Mo pelas culturas através da aplicação de fertilizantes fosfatados (SINGH, 1969, SELEVTOVA, 1969).

BERGER & PRATT (1963) sugeriram que o efeito acidificante do SO_4^{2-} no solo pode reduzir a absorção do Mo pelas plantas, o que está de acordo com GUPTA & MUNRO (1969). Interação negativa entre esses dois ânions também foram obtidas por SIMS *et alii* (1979) em solos com baixo nível de Mo e por GUPTA & MACLEOD (1975) apenas quando houve incorporação do mesmo a partir dos fertilizantes. Nesse último ocorreu uma redução de 16,64 para 7,02 ppm Mo quando a dose de enxofre variou de 0 a 200 ppm, utilizando alfafa como indicadora.

A absorção do Mo é marcadamente influenciada pela presença de fósforo do solo (SOBACHKINA & VASILENKO, 1963). Esses demonstraram que sem a adição de fósforo o molibdênio não afetou a produção, só ocorrendo acréscimo após sua incorporação no solo. Esse efeito positivo do fósforo tem-se verificado em diversas culturas: trevo (GREENWOOD & HALLSWORTH, 1960); batatas, milho e cevada (PODZOLKINA, 1966).

PASRICHA & RANDHAWA (1972) pesquisando o com

portamento dos íons $\text{SO}_4^{=}$ e $\text{MoO}_4^{=}$ na nutrição de mostarda-de-folha (*Brassica juncea* L.) constataram um decréscimo na concentração de Mo na parte aérea e grãos à medida que se fornecia doses mais elevadas de enxofre. Ocorreu uma redução na absorção do Mo de 7,1 e 76,7%, respectivamente quando os níveis de enxofre variaram de 12,5 para 50ppm no solo. Observou também uma leve diminuição no conteúdo de S na parte aérea devido aplicação de Mo. Esse efeito de pressivo pode ser atribuído:

1. A competição dos íons $\text{SO}_4^{=}$ e $\text{MoO}_4^{=}$ nos sítios de absorção das raízes.
2. Inibição pelo sulfato na translocação do molibdênio.
3. Baixa concentração do micronutriente na solução do solo
4. Ao efeito de diluição em consequência do aumento na produção de matéria seca.

A interrelação molibdênio-enxofre é de considerável importância prática: o enxofre pode ser adicionado com êxito em solos que exibem pastagens com níveis tóxicos de molibdênio, por outro lado, em solos com níveis mínimos, como os Podzóis, não se recomenda o uso de altas quantidades de fertilizantes sulfurados.

Respostas positivas também tem sido encon

trada em solos ácidos. *SHUKLA & PATHAK (1973)* conseguem um aumento significativo na produção de "berseen" (*Trifolium alexandrinum*) em decorrência da aplicação de Mo e P. A melhor combinação obtida foi 50 Kg P₂O₅ e 0,5 Kg Mo por hectare.

Divergindo do que afirma a maioria dos pesquisadores, em alguns casos a aplicação de fósforo reduz a percentagem de Mo nos tecidos vegetais. *WIDDOWSON (1966)*, cultivando feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) observou uma diminuição no teor de Mo quando se aplicou superfosfato, associando esse resultado ao efeito diluição. Comportamento também observado por *CUNNINGHAM & HOAGAN (1956)*, em pastagens, nesse caso o autor atribui o resultado ao comportamento do sulfato.

GUPTA & CUTCLIFFE (1968) demonstraram um efeito altamente significativo na interação fósforo-molibdênio na parte aérea, de couve. Nesse caso o teor de molibdênio foi reduzido pela aplicação de fósforo. Os autores propuseram que o enxofre e fósforo reduziram a solubilidade do micronutriente considerado.

KUMAR & SINGH (1980), conduzindo experimentos em solo arenoso com soja (*Glycine max* (L.) Merrill) obtiveram um efeito antagônico do molibdênio e enxofre, as

sociando-o ao tamanho e forma dos ânions em estudo. Sendo que esse efeito somente se fez presente na ausência de fósforo. Identicamente REISENAUER (1963) após ter cultivado feijão em solos deficientes nesse nutriente citam uma redução na absorção do íon molibdato como também um decréscimo na produção em torno de 20%, após adicionamento do adubo sulfurado.

Possivelmente, conforme resultados obtidos em um número relativamente grande de culturas a interrelação do molibdênio com o enxofre e fósforo seja mais significativa à proporção que se aplique doses crescentes desse micronutriente. Isso pode ser explicado por um sinergismo ou antagonismo mais pronunciado quando se incorpora molibdênio através do fertilizante, isso pode se relacionar com a baixa concentração do respectivo nutriente no solo.

Estudando o comportamento do molibdênio, fósforo e enxofre sob condições de casa de vegetação em couve-de-bruxelas (*Brassica oleracea* var. 'Gemnifera'), GUPTA & MUNRO (1969) constataram um efeito pouco pronunciado do molibdênio natural do solo sob altas doses de fósforo; mas quando aplicado (2,5 ppm) o conteúdo do referido micronutriente nos tecidos vegetais variou de 9,66 para 15,52 ppm. Quanto ao enxofre, sofreu uma redução de 0,20 para 0,10 ppm (quando o molibdênio não foi aplicado) e de 20,5 para 5,2 ppm (quando aplicado). Esse efeito an

tagônico foi comprovado por *PAL et alii (1976)* em tabaco (*Nicotiana tabacum* L. cv. 'KY-14'). Adubando a área com 405 libras de P_2O_5 por acre, a produção aumentou 2,5 vezes e a concentração do Mc na matéria seca passou de 6 a 70ppm. Já o sulfato provocou efeito contrário: num solo neutro a aplicação de 196 libras de $CaSO_4$ por acre diminuiu o teor de molibdênio de 12,8 para 8,5 ppm em ervilha (*Pisum sativum* L.) e de 5,25 para 3,25 ppm em tomateiro (*Lycopersicum esculentum* L.).

Portanto, pelos trabalhos citados, observa-se que há em geral, um efeito antagônico do enxofre e sinérgico do fósforo na disponibilidade do molibdênio nos solos, o que é refletido pelo seu percentual tanto na parte aérea quanto no sistema radicular das plantas à medida que esses macronutrientes são aplicados.

2.3. Avaliação do Molibdênio

O atual interesse na função do molibdênio na nutrição vegetal tem estimulado estudos críticos sobre os procedimentos analíticos para sua determinação nos solos e plantas. Os métodos colorimétricos são quase que universalmente empregados.

Quanto a sua avaliação no solo, inúmeros fatores tornam esse procedimento difícil. A quantidade extremamente pequena necessária para o crescimento normal das culturas, flutuações no pH do solo, conteúdo de fosfato, teor de óxidos de ferro, matéria orgânica e a percentagem de saturação do próprio elemento exercem, conjuntamente ou não, intensa influência na disponibilidade do molibdênio nos solos. No entanto, a maior dificuldade para sua determinação nos solos é encontrar um extrator suficientemente forte que efetue uma extração precisa, fornecendo uma medição adequada do molibdênio do solo disponível para as plantas (LOWE & MASSEY, 1965).

GRIGG (1953a) cita um método para determinar os teores totais e "disponíveis" de molibdênio no solo. A extração é feita com oxalato ácido de amônio pH 3,3 (solução de Tamm's) com agitação durante toda a noite, e determinação espectrofotométrica. Estuda também a interferência dos elementos titânio, vanádio e cromo ao longo da análise.

PURVIS & PETERSON (1956) citam um método para determinação do molibdênio nos solos. Segundo esses, os extratos são obtidos por via seca com incineração em mufla ou úmida, através do oxalato de amônio. Observaram que o teor desse nutriente variou em média de 1,40 a 2,21 ppm, concentrações essas resultantes de leituras espectrofotométricas.

tricas da cor produzida na reação com cloreto estanhoso tiocianato de amônio.

HALEY & MELSTED (1957) examinaram o conteúdo de Mo total empregando os seguintes extratores: 0,1 N NaOH; 0,275 M oxalato; 0,1 N HCl + 0,03 N NH_4F e 0,03 N NH_4F . A determinação colorimétrica e a lavagem foi efetuada com uma mistura de 3 ácidos (nitríco-perclórico-sulfúrico). O teor de Mo variou de 1,90 a 3,20 ppm (solo). O hidróxido de sódio (1 N) e o oxalato ácido de amônio foram os que deram melhor correlação com o Mo na alfafa.

Sabe-se que um dos maiores problemas enfrentados na determinação do Mo "disponível" nos solos está relacionado com o uso de um extrator adequado. Seguindo essa linha de raciocínio *LOWE & MASSEY (1965)* utilizaram água quente na extração do Mo, o qual foi determinado por colorimetria e comparado com o método de *GRIGG (1953)*. Apesar desse apresentar maior teor extraído, aquele extraível com água quente demonstrou uma maior correlação com o absorvido pela alfafa, principalmente em solos anteriormente cultivados. A concentração do Mo variou de 0,01 a 0,022 ppm.

DAWSON & BHELLA (1972) avaliaram o conteúdo de Mo nos solos usando resina (Dowex 1-X4). As amostras foram preparadas por via seca, e a determinação foi feita

ta colorimetricamente (REISENAUER, 1965), com tiocianato de amônio ao invés do tiocianato de potássio. Uma alta correlação ($r=0,803$) foi verificada entre o Mo extraído e o pH do solo, havendo uma variação do primeiro de 0,36 para 2,10 mg/100 g, quando o segundo passou de 4,95 para 7,10. WRIGHT & HOSSNER (1984), utilizando o mesmo extrator com 2 M de NaCl encontraram uma lenta liberação de Mo pelas amostras de solo ao longo de 72 horas, proporcional ao teor total desse elemento nas amostras analisadas. C que está de acordo com BARROW & SHAW (1975) segundo os quais a concentração do Mo "disponível" às plantas decresce com o tempo.

Utilizando cinco diferentes extratores: H_2O , NH_4AC , EDTA, NH_4OH e NaOH, WILLIAMS & THORTON (1973) avaliaram o conteúdo de Mo no solo. Após extração por fusão o teor de Mo total foi determinado pelo método colorimétrico. Observaram que a quantidade de Mo extraído pelo NH_4AC (Mo trocável) variou de 5 a 7% do teor total e o solúvel em água situou-se em torno de 1% (0-2ppm). Comparando esses resultados com aqueles obtidos da análise da forragem, provenientes desses solos, encontrou-se melhor correlação com o Mo extraído com EDTA e NH_4AC .

Segundo KUBOTA & CARY (1982) muitos outros fatores do solo, além do nível de Mo extraível, afetam sua absorção pelas culturas, desse modo a sua avaliação

ção no solo permanece bastante limitada.

CATANI et alii (1970) compararam os extratores H_2SO_4 0,1N; 0,03N de NH_4F em H_2SO_4 0,1N; ácido oxálico 0,1N e oxalato de amônio pH 3,3 em um Latossolo e dois Podzólicos do Estado de São Paulo. Apesar do método clássico (oxalato acetato de amônio) ter-se apresentado mais eficiente, recomendam a extração com 0,03N de NH_4F e em H_2SO_4 0,1N para análise de rotina, por ser mais rápido.

Em plantas a determinação do Mo não oferece grandes dificuldades. Em geral os métodos são modificações do método de *MARMOY (1939)* que se baseia na reação, em solução ácida, do molibdênio com o tiocionato produzindo uma coloração "âmbar", isto na presença de um agente redutor ($SnCl_2$). O complexo formado $Mo(CNS)$ é extraído em solução aquosa com solventes orgânicos. *JOHNSON & ARKLEY (1954)*, recomendam o uso de álcool isoamílico e tetracloreto de carbono (1:1).

EVANS et alii (1950) comunicam que a determinação do Mo por meio da digestão nítro-perclórica, traz a vantagem de eliminar mais eficazmente a interferência de traços de matéria orgânica.

CAREL & WIMBERLEY (1982) experimentaram a perfeiçoamentos no método colorimétrico do tiocianato. Esses pesquisadores citam uma série de vantagens quando fo

ram efetuadas as seguintes modificações: uso de n-butanol tolueno como extrator ao invés do álcool isoamílico, eliminação da filtração das amostras após a digestão ácida, filtragem antes da leitura de absorbância, eliminação do uso de agentes secantes e emprego da fusão num forno.

Atualmente tem-se desenvolvido pesquisas dos métodos automatizados para determinação do Mo em digeridos vegetais. O método de injeção por fluxo contínuo tem sido adotado empregando-se tanto solventes orgânicos (MEDEIROS, 1979) quanto resina de troca catiônica, Dowex 50W-X8 (PESSENDA, 1987) como extratores. Em ambos os casos conseguiu-se precisão da ordem de 98%, limite de sensibilidade satisfatório e inobservância das interferências de ferro (III), cromo, titânio, tungstênio e vanádio.

GLÓRIA (1963) propôs uma alteração no método descrito por JOHNSON & ARKLEY (1954) obtendo maior sensibilidade na determinação do molibdênio em plantas . Introduziu uma mistura de solventes orgânicos, álcool butirico e tetracloreto de carbono para extração do molibdênio complexado pelo tiocianato, na presença de cloreto estanhoso.

2.4. Avaliação da Fixação Simbiótica de Nitrogênio

A fixação simbiótica de N_2 juntamente com a absorção de nitrato (NO_3^-) do solo representam as principais fontes de nitrogênio disponíveis às plantas. A aptidão das culturas em estabelecer perfeita simbiose com bactérias fixadoras de N_2 do gênero *Rhizobium* diminui sua exigência em nitrogênio mineral.

Para quantificar-se a percentagem de N_2 fixado pode ser usado um dos três métodos relacionados a seguir:

a. Método de Kjeldahl

Esse método considera que tanto os sistemas fixadores quanto os não fixadores absorvem idênticas quantidades de N do solo e do fertilizante, atribuindo a diferença do N total unicamente a fixação. Expressa a quantidade de N fixado através da comparação do N total de uma planta fixadora com outra não fixadora (BUL & NUTMAN, 1971). A determinação da percentagem de N fixado é efetuada por meio da equação:

$$\% \text{ N fixado} = \frac{\text{N total (fixado)} - \text{N total (não fixado)}}{\text{N total (fixado)}} \times 10^2$$

onde:

$N_{\text{total}}(\text{fixado}) = \text{total de nitrogênio presente na planta fixadora}$

$N_{\text{total}}(\text{não fixado}) = \text{total de nitrogênio presente na planta não fixadora.}$

b. Método da Redução do Acetileno

Método indireto, sensível e rápido que analisa por cromatografia o gás etileno produzido quando os sistemas fixadores são expostos ao gás acetileno. Avalia a enzima nitrogenase e estima a fixação do nitrogênio por meio da conversão teórica de 3:1 ($C_2H_2 : N_2$) (BREMER, 1975). Pode subestimar (HARPER, 1974) ou superestimar (GOH *et alii*, 1978) a real fixação simbiótica de N_2 , sendo considerado, em certos casos, um método pouco satisfatório (RENNIE & KEMP, 1983b).

c. Método Isotópico

Por seu maior emprego e exatidão, será visto com maiores detalhes. O isótopo estável do nitrogênio

nio (^{15}N) tem sido amplamente utilizado em estudos de fi
xação biológica de N_2 . Pode-se empregar atmosferas mar
cadas com ^{15}N (BODDEY *et alii*, 1983) ou a técnica de di
luição isotópica usando adubos enriquecidos com ^{15}N (VO
SE *et alii*, 1979; RENNIE, 1979 e VOSE & VICTÓRIA, 1983).

Apesar do custo relativamente alto do ^{15}N ,
da baixa disponibilidade de espectrômetros de massa e da
dificuldade de usar o método sob condições de campo (VO
se, 1980), o mesmo vem sendo bastante divulgado pela sua
maior sensibilidade em relação aos demais (RUSHELL *et*
alii, 1979; HAM, 1978 e WESTERMAN & KOELAR, 1978).

McAULIFFE *et alii* (1948) descreveu e
aplicou pela primeira vez a técnica de diluição isotópica
para determinar a capacidade de fixação de nitrogênio pe
la cultura de trevo em vasos. Os passos envolvidos pela
técnica vêm a seguir: Inicialmente, o solo é adubado com

fertilizante marcado com ^{15}N , numa concentração baixa para não inibir a fixação biológica do N_2 . Tanto a planta fixadora quanto a não fixadora (controle) são cultivadas na mesma época em vasos com tratamentos idênticos. Considera-se que as duas irão absorver quantidades iguais de nitrogênio do solo e do fertilizante de modo que a razão $\text{N solo}/\text{N fertilizante}$ seja mantida constante.

Na maioria dos casos marca-se o nitrogênio do solo ou do fertilizante e, empregando o método da diluição isotópica (*FRIED & MELLADO, 1978; FRIED & MIDDELBOE, 1977; RENNIE et alii, 1978*), determina-se o N fixado por meio da equação:

$$\% \text{N fixado} = \left(1 - \frac{\text{at. } \%^{15}\text{N exc. planta fixadora}}{\text{at. } \%^{15}\text{N exc. planta controle}} \right) \times 100 \times \text{N total}$$

onde:

$\% \text{ N fixado}$ = percentual de nitrogênio fixado

at. $\%^{15}\text{N}$ excesso planta fixadora = quantidade de ^{15}N em excesso na planta fixadora.

at. $\%^{15}\text{N}$ excesso planta controle = quantidade de ^{15}N em excesso na planta não fixadora

N total = teor de nitrogênio total.

Segundo *RENNIE & KEMP (1983a)* a diluição isotópica de ^{15}N tem quantificado, sob condições de vasos percentagem de nitrogênio fixado em várias culturas (soja, trevo e feijão). No campo tem sido usado feijão (*RUSCHEL et alii, 1982*) os quais verificaram que aproximadamente 50% de sua exigência em N foi oriundo da fixação.

BONETTI (1982) aplicando uréia- ^{15}N obteve uma fixação média de N_2 pela soja de 53-72% e 72-81% , respectivamente em solo sob vegetação natural e solo cultivado. De acordo com o autor ocorreu uma baixa utilização do nitrogênio do fertilizante em ambos os solos. Fato que reforça a idéia de que a soja tem preferência pelo N fixado em relação ao N mineral.

HARDARSON et alii (1984) empregando a metodologia do ^{15}N , observaram pequenas diferenças na fixação do N_2 pela soja inoculada com vinte estirpes de *Rhizobium japonicum* observaram efeito mais expressivo no teor de N total e na produção de matéria seca, ocorrendo pequena variação na percentagem de N da planta proveniente do N_2 atmosférico e do fertilizante.

FONSECA (1985) pesquisando a capacidade de fixação de N, através do uso de ^{15}N , em quatro cultivares de feijão, verificou maior potencial de fixação do cultivar 'Carioca' (74%), observando inclusive que a fixa

ção de N pode se prolongar até o período de florescimento dependendo do cultivar e da dose de N aplicado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do Ensaio

O trabalho em questão realizou-se em laboratórios e casa-de-vegetação pertencentes ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA, da Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, caracterizada pelas coordenadas geográficas: Latitude $22^{\circ}42'30''S$, Longitude $47^{\circ}38'00''W$, Altitude de 576 metros.

3.2. Amostragem dos Solos

Os três solos utilizados, obtidos de 0-20 cm segundo as técnicas recomendadas, são provenientes do Centro Nacional de Pesquisa do Arroz e Feijão (CNPAP) Goiânia-GO, localizado em área sob vegetação de cerrado; do município de Rio Claro-Horto Florestal de Rio Claro e finalmente da Fazenda Sertãozinho localizada no

município de Piracicaba. O primeiro é classificado como Latossolo Vermelho Escuro, distrófico, fase argilosa (LEa). Segundo o *SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTOS E CONSERVAÇÃO DOS SOLOS (1983)*, são solos minerais profundos caracterizando-se por exibir textura argilosa, baixa fertilidade natural, boa permeabilidade, riqueza em sesquióxidos e geralmente, reação ácida. Têm como material de origem o argilito e por ocorrerem em áreas de pequenas declividades (com <4%) apresentam-se pouco susceptíveis à erosão. Os dois últimos de acordo com o *SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS (1960)* correspondem, respectivamente a um Latosol Roxo (LR) que tem como material de origem as rochas eruptivas básicas apresentando altos teores de ferro e manganês e um Latossolo Vermelho Escuro, textura arenosa (atuálmente LVE-textura média - LEm). Este é um solo arenoso, profundo e bem drenado. Originam-se do arenito Bauru sem cimento calcário, com um percentual de areias (grossa + fina) aproximadamente igual a 70,5%, e argila natural variando de 2,7 a 6,7%.

Todos os solos após convenientemente secos ao ar e destorroados, foram passados em peneira com malha de 2 mm de abertura, sendo posteriormente transferidos para os vasos.

3.3. Ensaio Preliminar

Antecipadamente ao ensaio definitivo, instalou-se um outro utilizando as culturas de milho (*Zea mays* L.) e feijão 'Carioca-80' (*Phaseolus vulgaris* L.). Esse constou de 60 vasos de polietileno, vinte para cada solo, com capacidade de 5,5 kg de terra. Inicialmente foram semeadas dez sementes por vaso, sendo cinco de cada cultura, e após oito dias da germinação efetuou-se o desbaste, deixando-se seis plantas por vaso até aproximadamente 50 dias a partir da semeadura. Os solos foram mantidos com uma umidade aproximada de 60 a 70% da capacidade de campo através da aplicação de água destilada.

Esse experimento inicial objetivou reduzir a concentração de Mo a um nível tal que fornecesse (ao menos é o que se esperava) respostas positivas da cultura subsequente nesses solos, em relação ao referido nutriente.

3.4. Determinações Químicas dos Solos

As características químicas dos solos a

serem utilizados encontram-se relacionadas nas Tabelas 1 e 2 referentes, respectivamente, a níveis de Mo e características químicas gerais, após ensaio inicial.

3.5. Incubação

A necessidade de calagem nos solos foi determinada pelo método de solução tampão SMP (de Shoemaker McClean e Pratt, autores do método) descrito por *TEDESCO et alii (1985)* aplicando-se dois níveis de calcário calcinado: calcário-1 (pH_1) que representa 50% da necessidade total ($pH_1=5,5$) e calcário-2 (pH_2) dado pela dose adequada para elevar o pH a 6,5. Desse modo, a elevação do pH possivelmente não dificultará prováveis respostas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à aplicação de molibdênio. Após vinte dias de incubação, o solo foi colocado para secar ao ar e peneirado em seguida, com subsequente adubação básica (N,P,K,S).

3.5.1 Delineamento Experimental

O ensaio em blocos casualizados consta de um fatorial $3 \times 4 \times 2$, incluindo três tipos de solos (LEa, LR

TABELA 1. Resultados das análises químicas do molibcênio após ensaio preliminar

Análises químicas	S O L O S		
	LEa	LR	LEm
Mo* (ppm)	0,011	0,101	0,008
Mo** (ppm)	0,005	0,020	0,005

* H_2SO_4 0,1N

** Oxalato ácido de amônio, pH 3,3.

TABELA 2. Resultados das análises químicas dos solos após o ensaio preliminar

Análises Químicas	SOLOS		
	LEa	LR	LEm
pH (CaCl ₂)	3,85	4,80	4,00
M.O. (%)	3,02	3,65	0,63
PO ₄ ³⁻ (meq/100g)	0,014	0,037	0,117
K ⁺ (meq/100g)	0,16	0,38	0,16
Ca ²⁺ (meq/100g)	0,23	4,65	0,74
Mg ²⁺ (meq/100g)	0,06	1,01	0,19
Al ³⁺ + H ⁺ (meq/100g)	7,50	4,70	4,50
T (meq/100g)	8,00	10,70	4,50
V (%)	5,70	56,20	24,10
S-SO ₄ ²⁻ (ppm)	5,43	9,93	4,37
Fe (ppm)	52,5	7,8	19,3
Mn (ppm)	11,6	18,6	9,8

e LEm), quatro níveis de Molibdênio (0, 1, 2, 3) e dois níveis de calcário, para cada dose de Mo testou-se o efeito da calagem. Como se pretende estudar também a fixação simbiótica do nitrogênio empregou-se duas culturas: um cultivar de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) var. 'Doko', e um de arroz (*Oryza sativa* L.) var. 'IAC-1246'. O trabalho relaciona oito tratamentos por solo, com quatro repetições totalizando 96 vasos, cada um com capacidade para 3 Kg de terra.

Os tratamentos foram para cada solo:

1. Mo (0) + pH₁
2. Mo (0) + pH₂
3. Mo (1) + pH₁
4. Mo (1) + pH₂
5. Mo (2) + pH₁
6. Mo (2) + pH₂
7. Mo (3) + pH₁
8. Mo (3) + pH₂

3.6.1. Fontes e Doses

O molibdênio foi incorporado como molibdato de sódio (39% de Mo) nos níveis 0, 500, 1000 e 1500g/ha. Quanto ao calcário calcinado (PN=120) aplicou-se nas se

guintes doses: $pH_1 = 3,20$ e $pH_2 = 6,40$ g/vaso (LEa); $pH_1 = 1,26$ e $pH_2 = 2,52$ g/vaso (LEm) e finalmente $pH_1 = 0,86$ e $pH_2 = 1,72$ g/vaso (LR). Incorporou-se também uma solução de micronutrientes contendo boro (H_3BO_3 -17%B), zinco ($ZnCl_2$ -47% Zn) e cobre ($CuCl_2$ -47% Cu) fornecidos nas respectivas dosagens 2,82, 5,22 e 0,54 mg/vaso.

Para aplicação de adubo marcado utilizou-se sulfato de amônio ($(NH_4)_2SO_4$ -21% N, 23% S) e fosfato ácido de potássio (KH_2PO_4 -34,6% K_2O e 52% P_2O_5). A quantidade dos nutrientes equivalem, respectivamente, **NPS**, a 13,65; 30,00 e 14,95 mg/vaso. O sulfato de amônio, além de funcionar como carregador de ^{35}S , sofreu marcação com o isótopo estável ^{15}N numa concentração de 11,70 átomos % ^{15}N . Já o fosfato ácido de potássio, fonte de P e K, representa o carregador do outro radioisótopo usado, o ^{32}P . A atividade do fósforo e enxofre radioativos fornecidos corresponderam, nessa ordem a 60 e 48 μCi /vaso. A adubação básica foi uniforme para os diferentes tipos de solos.

3.7. Adubação e Plantio

Transcorrido o tempo da incubação, efetuou-se a adubação segundo as recomendações mencionadas no

Ítem anterior. Seguindo-se essa procedeu-se o plantio de 8 sementes por vaso, previamente selecionadas, sendo 4 de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) var. 'Doko' e 4 de arroz (*Oryza sativa* L. var. 'IAC-1276'). As sementes de soja foram antecipadamente inoculadas com *Rhizobium japonicum* estirpe 29-W. Dez dias após a semeadura foi efetuado o desbaste, permanecendo duas plantas de cada cultura por vaso, e em seguida procedeu-se a aplicação de uma solução de *Rhizobium* (10 ml/vaso) visando assegurar melhor eficiência na fixação simbiótica de nitrogênio.

3.8. Condução e Colheita

Ao longo do desenvolvimento das plantas foi observado o comportamento da cultura em relação aos diversos tratamentos nos três tipos de solos, verificou-se a necessidade ou não de controle fitossanitário, como também se a umidade dos vasos estavam satisfazendo as reais exigências das plantas. Sendo aplicado água destilada diariamente, de modo que o solo ficasse em torno de 70% de sua capacidade de campo. A colheita realizou-se 84 dias após o plantio, período que antecedeu a floração.

3.9. Análises Químicas

3.9.1. Do Solo

Inicialmente, amostras dos tres solos foram secas ao ar e passadas em peneira de 1 mm para consequente análise do molibdênio. Utilizou-se uma modificação do método de *GRIGG (1953)*, descrito por *REISENAUER (1965)*, considerado como método clássico de extração de molibdênio no solo. Para efeito comparativo testou-se um outro extrator - H_2SO_4 0,1N, método descrito por *CATANI et alii (1977)*. Tanto uma quanto outra metodologia baseia-se na determinação colorimétrica do molibdênio num extrato de coloração laranja, resultante da complexação do molibdênio pelo tiocianato.

3.9.2. Da Planta

Toda parte aérea das plantas, depois de colhidos foram lavados com água desmineralizada, seca ao ar e em estufa ($70^{\circ}C$), e finalmente pesadas e moídas para posterior análise. Nesse caso o molibdênio foi determinado, pelo método tiocianato-estanhoso (*JONHSON & ARLEY, 1954*).

O fósforo e o enxofre foram determinados em extrato nítrico-perclórico, P por colorimetria e S por turbidimetria. Quanto ao nitrogênio total, o extrato foi preparado por digestão em ácido sulfúrico (175 ml de água destilada, 3,6 g de Na_2SeO_3 , 4,0 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 48,5 g de $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, 200 ml de H_2SO_4 conc.), sendo destilado pelo método do microkjeldahl.

3.10 Análises Isotópicas

A preparação das amostras para análise isotópica da concentração de ^{15}N (átomos % em excesso), foram efetuadas segundo método descrito por *TRIVELIN et alii* (1973). As análises da concentração foram efetuadas através do espectrômetro de massa Varian mod. Mat-230.

Para determinação dos radionuclídeos ^{32}P e ^{35}S , utilizou-se extratos nítrico-perclórico.

O ^{32}P foi analisado por efeito Cerenkov, com auxílio do cintilador líquido Beckman LS-230 (operando a 22°C), segundo o método descrito por *NASCIMENTO FILHO & LOBÃO* (1977).

A análise de ^{35}S foi efetuada através de cintilação líquida, sistema Beckman LS-230, onde foram empregadas soluções cintiladoras propostas por BRAY (1960), (4 g PPO, 200 mg POPOP, 60 g naftaleno, 100 ml metanol, 20 ml de etilenoglicol e completar o volume a 1 litro com dióxido de xano).

3.11. Determinação do N Proveniente da Fixação

A quantificação do nitrogênio proveniente da fixação simbiótica foi efetuada usando-se o método da diluição isotópica. Para tanto, em cada vaso foram semeadas quatro sementes de arroz, sendo mantidas duas plantas após o desbaste.

Os teores de nitrogênio fixado foram obtidos por intermédio da equação:

$$\%N \text{ fixado} = \left(1 - \frac{\text{at.}\%^{15}\text{N exc. planta fix.}}{\text{at.}\%^{15}\text{N exc. planta contr.}}\right) \times 100 \times N \text{ total}$$

onde:

at. % ^{15}N exc. planta fix. = quantidade de ^{15}N em excesso na
planta fixadora;

at. % ^{15}N exc. planta contr. = quantidade de ^{15}N em excesso
na planta não fixadora;

N total = teor total de nitrogênio na planta.

3.12. Quantificação da Absorção de P e S

Essas determinações foram feitas através da análise de planta desses elementos (estáveis e radioativos). O emprego de ^{32}P e ^{35}S permitiu a determinação do enxofre e fósforo proveniente tanto do adubo como do solo. A partir da avaliação desses macronutrientes procurar-se-á verificar se o efeito do molibdênio, se houver, será sobre a disponibilidade desses nutrientes no solo ou de caráter fisiológico (sinergia ou antagonismo).

Tanto para fósforo quanto o enxofre o cálculo da quantidade de nutrientes na planta derivado do fertilizante foi obtido por intermédio da equação:

$$XPPF = \frac{\text{Aesp. na planta (cpm)}}{\text{Aesp. padrão (cpm/mgX)}}$$

onde:

X = fósforo ou enxofre

Aesp. na planta = atividade específica na planta

Aesp. padrão = atividade específica padrão

Quanto à eficiência de utilização dos referidos nutrientes, foi calculada pelo quociente:

$$\% \text{ EUX} = \frac{\text{XPPF}}{\text{QXapl.}} \times 100$$

X = fósforo ou enxofre

XPPF = nutriente na planta proveniente do fertilizante

QXapl. = quantidade de nutriente aplicado

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeito dos Níveis de Molibdênio

4.1.1. Produção de Material Vegetal Seco (M.V.S.)

As quantidades, em gramas por vaso do material vegetal seco em estufa sob as distintas condições de níveis de molibdênio, pH e solos encontram-se relacionadas na Tabela 3.

A análise de variância dos dados referentes aos três solos não apresentou significância para os diversos tratamentos com molibdênio, em nenhum dos solos. Efeituando desdobramentos para os efeitos do pH não se constatou também resultados significativos entre as diversas médias. Os coeficientes de variação (c.v.) tiveram seus valores bastante elevados correspondendo respectivamente para o LEa, LR e LEm de 23,30, 17,33 e 18,24%. Isso reflete a grande influência de fatores sobre as unidades experimentais, o que se explica pelo fato da permanência do

TABELA 3. Quantidade de matéria seca (g/vaso) na soja em função dos vários níveis de Mo e pH, nas três unidades de solo. Média de quatro repetições.

Mo aplicado ao solo ---ppm---	Matéria Seca (g/vaso)					
	LEa		LR		LEm	
	5,5*	6,5	5,5	6,5	5,5	6,5
0,00	1,29	1,55	1,39	1,40	3,75	4,16
0,25	1,30	1,52	1,36	1,47	3,72	3,91
0,50	1,39	1,58	1,37	1,42	3,55	4,23
0,75	1,36	1,56	1,47	1,31	3,06	2,77
Total	5,54	6,21	5,59	5,60	14,08	15,07
C.V. (%)	23,30		17,33		18,24	

*pH

ensaio fora da casa de vegetação por um período de 70 dias, praticamente todo o ciclo. Essa alteração foi necessária em virtude da exigência das plantas em luz, indicada por um início de estiolamento.

Apesar de não serem observadas diferenças estatísticas entre os dados da Tabela 3, percebe-se uma leve tendência de elevação na produção de M.V.S. no nível dois de molibdênio (0,5 ppm) em relação aos demais. A explicação do efeito dos níveis de molibdênio, para melhor entendimento será efetuada através de uma comparação entre os três solos empregados. Pela referida Tabela visualiza-se que, no LEa, ocorreu uma pequena superioridade da média do nível 2 de molibdênio (\hat{m}_2) em relação a testemunha (\hat{m}_0), tanto no pH₁ ($\hat{m}_2=1,39$, $\hat{m}_0= 1,29$) quanto no pH₂ ($\hat{m}_2= 1,58$, $\hat{m}_0= 1,55$). Isto indica que, apesar de 0,5 e 0,75 ppm de Mo, representarem níveis altos no solo, a aplicação de 0,5 ppm seria mais satisfatória. O que talvez esteja ligado ao elevado poder de fixação de íons $\text{MoO}_4^{=}$ desse solo. Podendo - se pressupor que a menor produção de M.V.S. no nível mais alto de Mo seja consequência de seu excesso na parte aérea.

Esse resultado está de acordo com aqueles obtidos por REZENDE *et alii* (1979), os quais não conseguiram aumentar significativamente a produção de soja em decor

rência de diversas formas de aplicação de Mo, embora tenham tendência para isto. A ausência de resposta à aplicação de Mo tanto no pH₁ quanto no pH₂, é uma evidência de que esse micronutriente não foi limitante para a produção de M.V.S., mas sabe-se ser a calagem, uma prática usada para suprir deficiência de Mo em culturas presentes em solos ácidos.

SANTOS et alii (1980) também constataram que a aplicação de Mo praticamente não influenciou produção de massa seca de soja, em solos sob vegetação de cerrado. Outras culturas também não tem respondido à aplicação de Mo, como é o caso do feijoeiro (*SANTOS et alii, 1979, MACHADO et alii, 1979*), apesar de em certos casos ocorrer respostas tanto linear como quadrática (*BRAGA, 1972*).

Pela análise do efeito dos níveis de calcá rio detecta-se que o mesmo contribuiu no acréscimo (+) do teor médio de M.V.S. de 16,29% em relação ao pH₁. Essa ten dência já era de se esperar uma vez que a prática da cala gem, ou a adição de cálcio e magnésio no LEa tem pro vocado aumento na produção de diversas culturas, principal mente nas das leguminosas (*FRANÇA et alii, 1970; FRANÇA et alii, 1973; GUIMARÃES, 1974*). Entretanto, o mesmo não se tem verificado com os micronutrientes, cujas alterações de produção tem sido muito contraditórias. Assim, *MIYASAKA et*

alii (1964), MARTINS & BRAGA (1977) não observaram aumento na produção de soja quando se aplicou fonte de Mo.

Quanto ao LR não se verificou nenhuma tendência na produção de M.V.S. em virtude dos níveis crescentes de Mo. Inclusive praticamente não foi observado amento no peso de material vegetal seco no pH₂ em relação ao pH₁ (+0,18%). Pode-se atribuir esse fato ao maior poder de fixação desse solo e possivelmente à baixa concentração de P que pode não ter sido suficientemente aumentada pela calagem. Sabe-se que a disponibilidade de Mo é dependente do pH do solo. No entanto é importante ter em mente que acima de um determinado pH pode deixar de haver diferenças na produção em decorrência da aplicação ou não de Mo, o que foi verificado por LANTMANN *et alii* (1985b), segundo o qual acima de pH 5,7 as diferenças entre as produções com e sem Mo não são mais observadas. O que pode ser extrapolado para o presente caso, em virtude da elevada saturação de bases apresentada por esse solo (56%). Esse resultado está concordante com o de PARKER & HARRIS (1962) onde o pH praticamente não alterou a produção, havendo uma leve redução.

No LEm nota-se uma maior produção de M.V.S. no nível mais baixo de molibdênio, isto no pH₁; já no pH₂, ocorreu maior produção quando aplicou-se 0,5 ppm Mo. Em qualquer nível de pH vê-se um decréscimo no peso de . massa seca na dose mais alta de molibdênio: 3,06 g (pH₁) e 2,77g (pH₂). Isso talvez se deva ao teor excessivo de molibdênio na parte aérea que equivalem respectivamente a 0,59 e 1,45 ppm (Tabela 14).

Em relação ao pH₁ registrou-se um aumento médio na produção de M.V.S. de 7,03% o que pode ser atribuído à redução da acidez do solo.

Na Figura 1, encontra-se uma tendência geral da produção de M.V.S. em função dos vários níveis de Molibdênio e pH nos três solos analisados. Pela Figura depreende-se que apenas o LEA apresentou resposta positiva à aplicação de Mo nos dois pH. Comparando a produção de M.V.S. do nível mais alto de Mo com o da testemunha observa-se que houve um aumento (+) de 6,97% (pH₁) e de 1,75% (pH₂). Isto indica uma melhor resposta na dose mais baixa de calcário podendo-se deduzir que não foi constatado efeito positivo do Mo na produção de M.V.S. visto que possivelmente ,

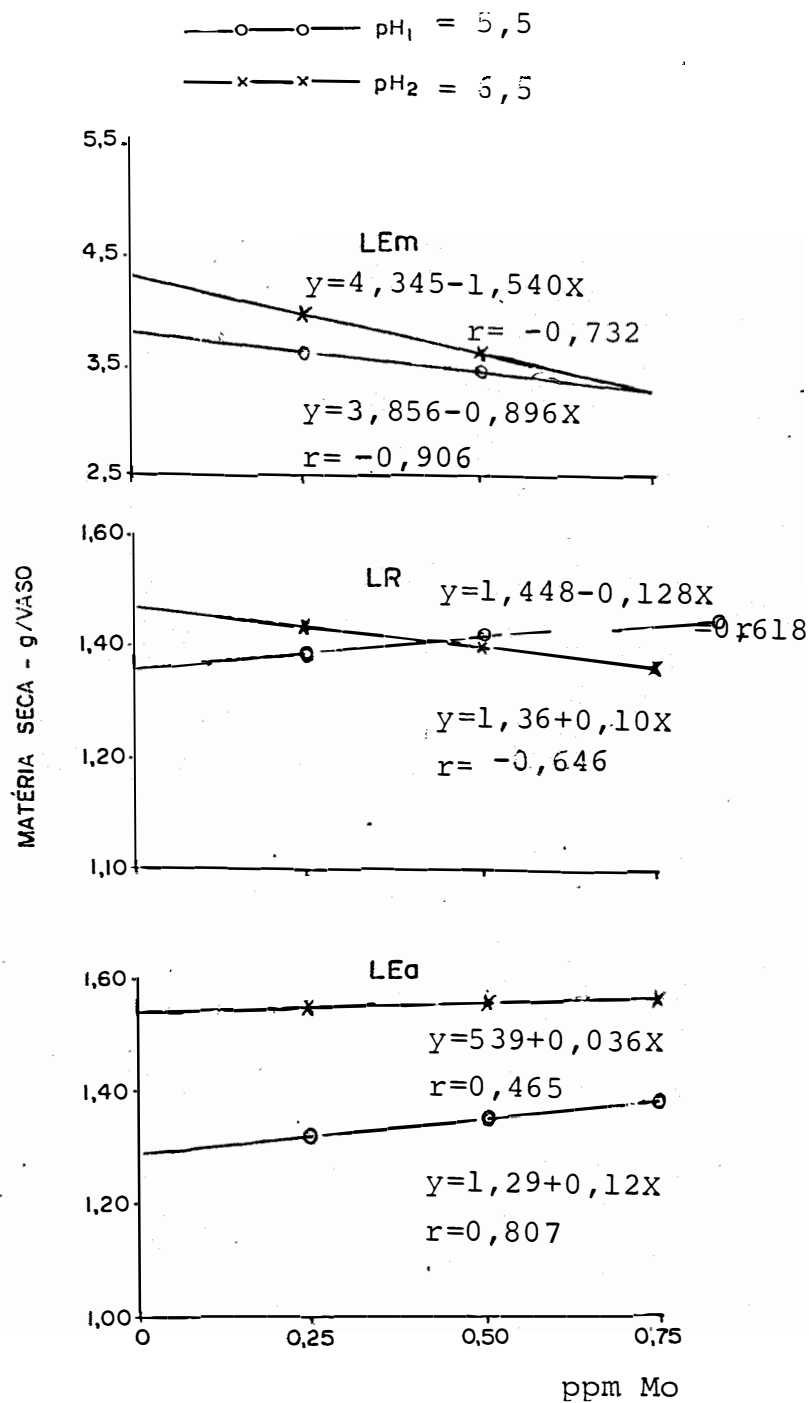
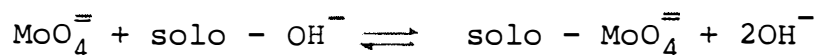


FIGURA 1. Teores de matéria seca (g/vaso), na soja em função da nutrição molíbdica e do pH, nos três diferentes solos.

no pH₂ ocorreu maior disponibilidade de Mo no solo e talvez na parte aérea, como registrou-se no LEm. No entanto visualiza-se facilmente a superioridade do tratamento com pH 6,5 o que pode ser explicado pela equação:



ou seja, quando se efetua calagem o solo fica rico em OH⁻ em seguida há troca de hidroxilas com íons molibdatos, quando estes passam para a solução do solo.

No LR apenas no pH₁ é que houve um leve aumento (+5,51%), enquanto no pH₂ verificou-se uma redução (-7,10%) na produção de M.V.S. podendo-se tal fato, talvez ser devido a interações negativas no nível mais alto de cálcio, reflexo da alta saturação de bases desse solo, causando desequilíbrio nutricional.

Finalmente no LEm, nota-se um efeito negativo na produção de M.V.S. a medida que aplicou-se doses crescentes de Mo, em ambos pH, ocorrendo respectivamente em relação à testemunha, uma redução de 21,10 (pH₁) e 36,20% (pH₂), o que talvez se deva ao nível excessivo de Mo na parte aérea da soja.

4.1.2. Na Disponibilidade de P

As Figuras 2, 3, 4 e 5 demonstram o efeito da adubação molíbdica e do pH no conteúdo de fósforo na parte aérea da soja, assim como na eficiência de utilização do fertilizante fosfatado (Figura 4) em plantas de soja cultivadas em três unidades de solo: Latossolo Vermelho escuro distrófico, fase argilosa (LEa); Latossolo Roxo (LR) e Latossolo Vermelho escuro, textura média (LEm).

No solo LEa observou-se uma crescente resposta nos teores de fósforo na planta em miligramas por vaso, fósforo na planta oriundo do fertilizante (PPPF), percentagem de P na parte aérea (%P) e eficiência de uso do adubo (EUF) aos níveis de Mo, especialmente no pH₂; enquanto que no pH₁ praticamente não há resposta, em alguns casos apresenta-se ligeiramente negativa.

Apesar dos tratamentos não diferirem significativamente, verifica-se uma razoável resposta linear ao nível 2 de calcário. Nesse solo (LEa) os níveis de Mo provocaram uma variação média de +1% (pH₁) e +32% (pH₂) nos teores de P (mg/vaso); -16,8% (pH₁) e +64,15% (pH₂) no PPPF; -13,40% (pH₁) e +65,09% (pH₂) na EUP e de -8,86% (pH₁) e +30,14% (pH₂) na %P na parte aérea. Esses per

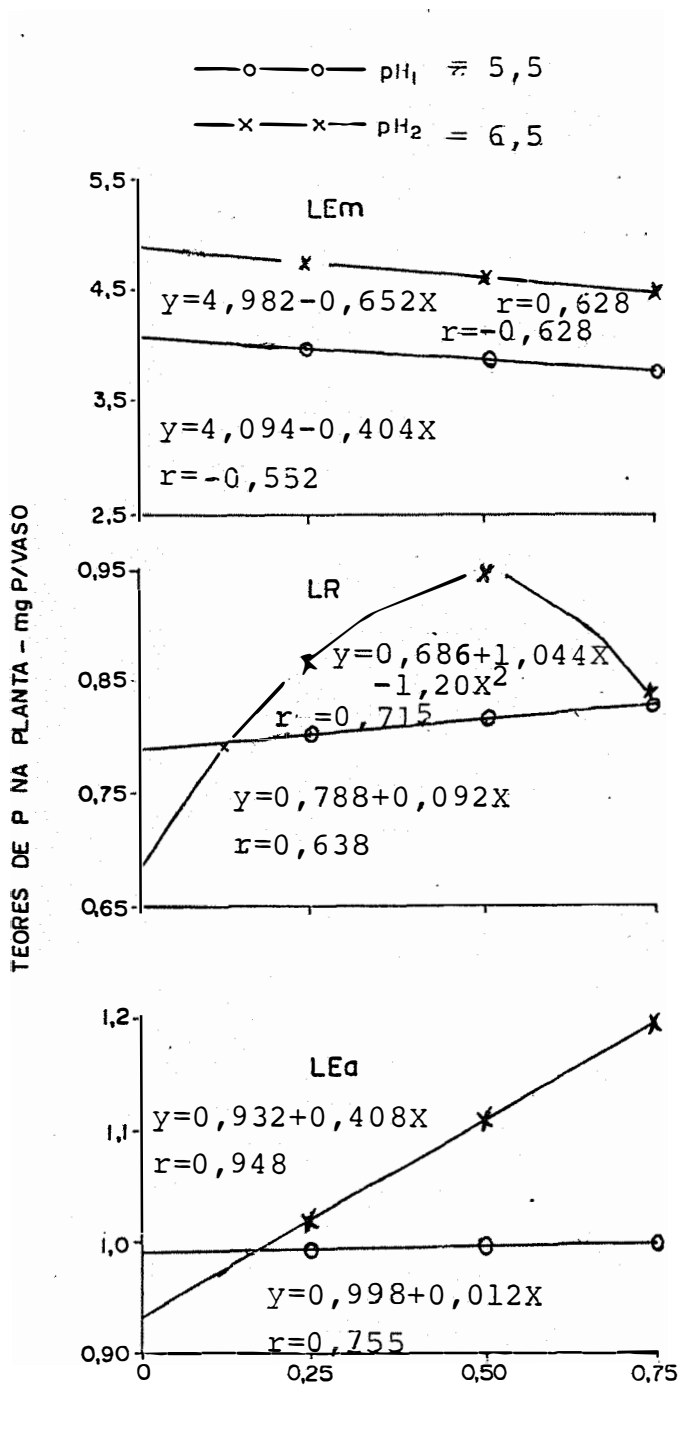


FIGURA 2. Teores de fósforo na parte aérea da soja (mg P/vaso) em função dos níveis de molibdênio e pH, nos três solos.

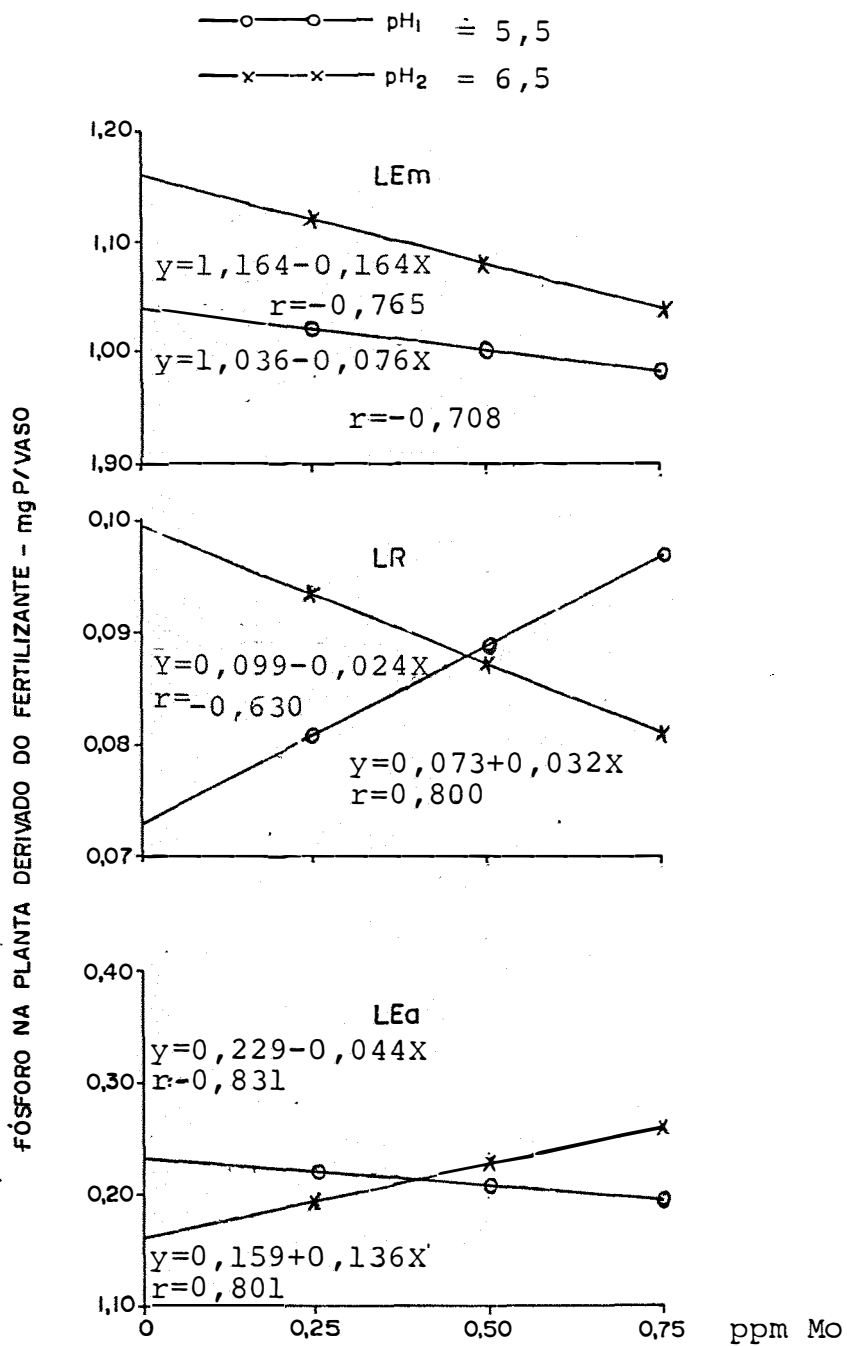


FIGURA 3. Quantidade de fósforo na soja oriundo do fertilizante (mg P/vaso) em função dos níveis de molibdênio e pH nos três solos.

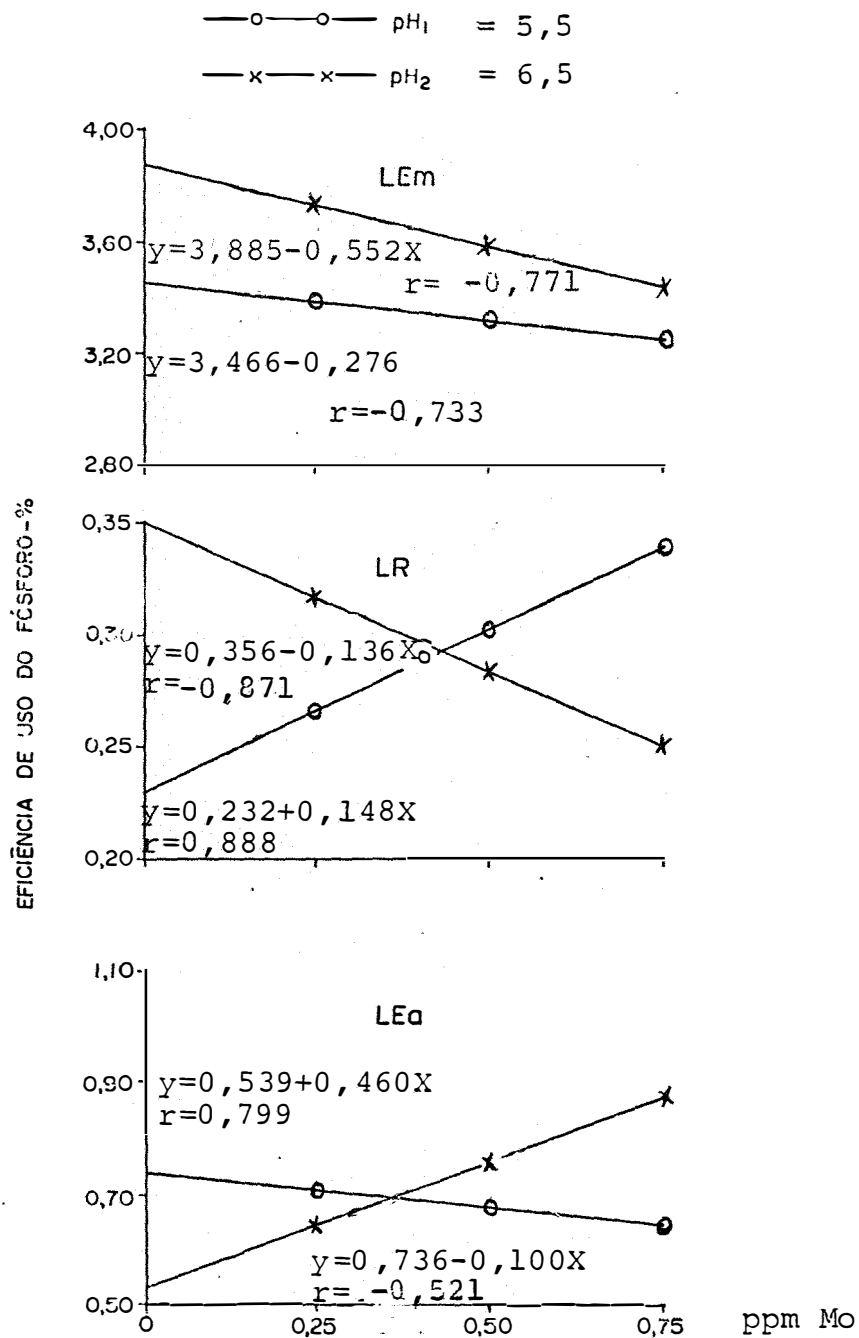


FIGURA 4. Eficiência de utilização do fertilizante fosfatado (%) em função dos níveis de molibdênio e pH nos três solos.

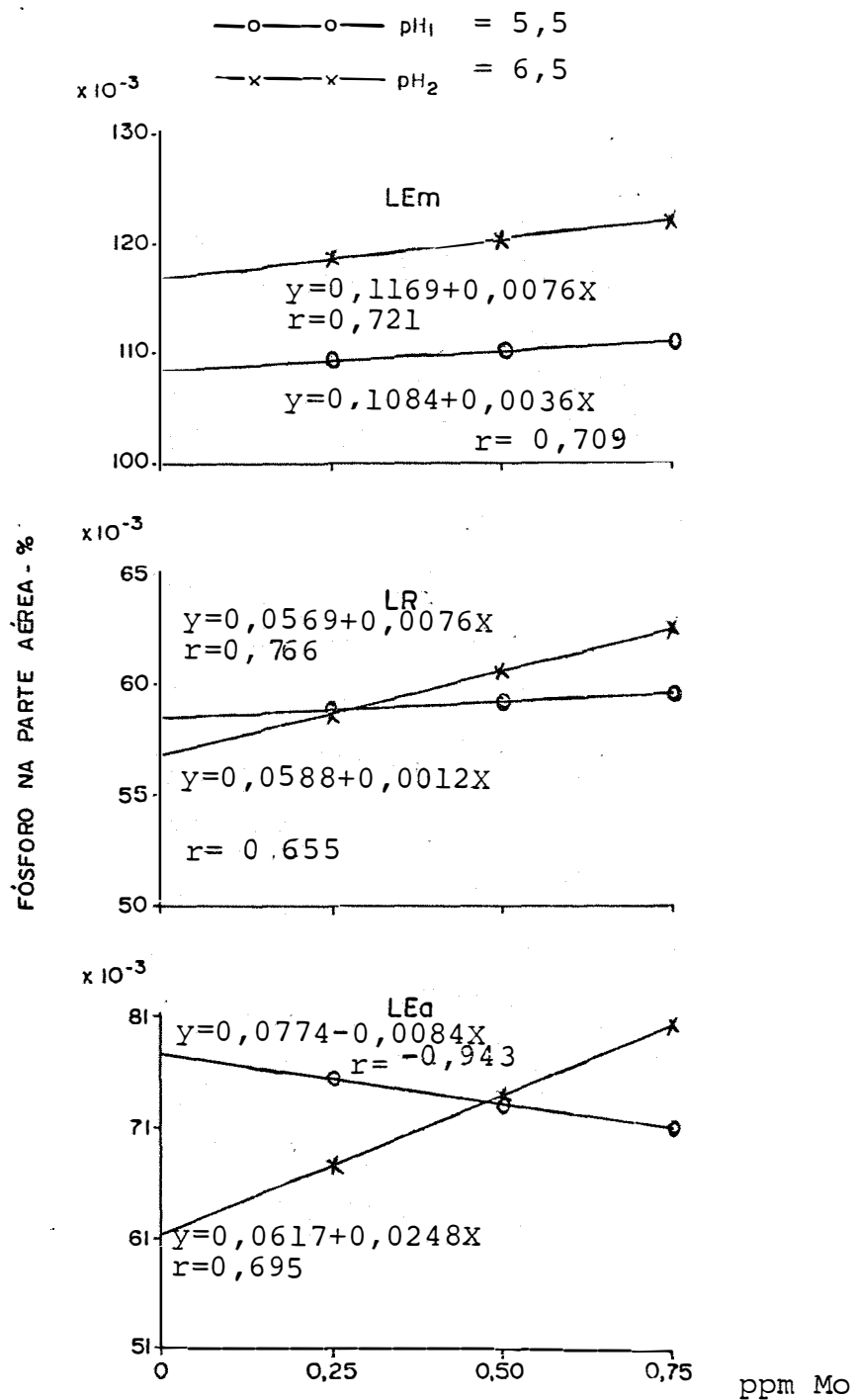


FIGURA 5. Percentuais de fósforo na parte aérea da soja em função dos níveis de molibdênio e pH nos três solos.

centuais foram calculados considerando o nível máximo de mo libdênio em relação a testemunha. Tais resultados refletem o comportamento geral que com a calagem há uma liberação mais rápida do íon molibdato, deixando-o numa forma mais so lúvel e conseqüentemente capaz de provocar um sinergismo mais acentuado com íons fosfatos presentes no solo. Portanto pode-se supor que o aumento mais intenso no conteúdo de fôs foro na parte aérea da soja seja resultado da sinergia entre os íons $\text{MoO}_4^{=}$ e PO_4^{\equiv} , o que concorda com algumas litera turas (WALKER *et alii*, 1955; SINGH, 1969). Apesar desses trabalhos demonstrarem uma tendência contrária, ou seja, in dicam que a aplicação de fertilizantes fosfatados causam um significativo aumento na quantidade de Mo absorvido pelas plantas. Acreditam que fertilizante fosfatado adicionado ao solo liberam Mo do complexo de troca do solo, a qual pa rece ser mais pronunciada quando o fósforo está na forma H_2PO_4^- . Em certos casos têm-se conseguido aumentar a absor ção de Mo pelas culturas através da aplicação de fertilizantes fosfatados (SELEVTOVA, 1969).

No solo LR, ao contrário do LEa, verifica-se um decréscimo no teor de fósforo na parte aérea da soja (%P), no PPPF e na eficiência de utilização de fósforo no nível máximo de Mo em relação a testemunha; exceto no teor de P na parte aérea (mg P/vaso) onde houve resposta quadrática.

Isso ocorre apenas no pH₂. Já no pH₁ nota-se uma crescente disponibilidade de P já que houve aumento na %PPPF.

Com a aplicação do maior nível de molibdênio (0,75 ppm) ocorreu a seguinte variação média em relação ao nível zero = +8,75% (pH₁) e +32,36% (pH₂) nos teores de P na soja (mg P/vaso); +32,87% (pH₁) e -22,22% (pH₂) no PPPF; +47,84% (pH₁) e -40,15% (pH₂) na EUP e de +1,53% (pH₁) e +10,01% (pH₂) na % P na parte aérea.

As Figuras 2 e 5 (LR) indicam que um nível mais elevado de Mo correspondeu um acréscimo no conteúdo de P na parte aérea da soja, e isso pode ser explicado pela possível sinergia existente entre os ânions $\text{MoO}_4^{=}$ e $\text{PO}_4^{=}$. Ainda no mesmo solo, observando-se as Figuras 3 e 4 vê-se que apenas no pH₁ há um efeito positivo na disponibilidade de P em função dos níveis crescentes de Mo. A que se deve tal comportamento? Nos níveis mais elevados de Mo (0,50 e 0,75 ppm), apesar de se constatar maior percentual de P na parte aérea da soja, visualiza-se uma redução no teor de PPPF. Isso possivelmente indica que nesses tratamentos ocorreu absorção de P predominantemente numa região de menor atividade específica, como o cálculo do PPPF é dado por

$$\text{PPPF} = \frac{\text{Atividade específica planta (cpm)}}{\text{Atividade específica padrão (cpm/mg P)}}$$

É evidente que nesses tratamentos pode ocorrer redução no conteúdo de fósforo oriundo do fertilizante, verificando-se o contrário nos tratamentos submetidos ao pH₁. Outra possível explicação: no pH₂ pode ter havido um desequilíbrio nutricional em virtude da maior liberação de P nos níveis mais altos de Mo, o que pode ser consequência da elevada saturação de bases apresentada por esses solos.

Mas porque a redução na EUP e PPPF não se verificou no pH₁? Para tentar justificar tomou-se por base a atividade específica. Pode ter ocorrido que a marcação se tenha feito mais eficientemente nos primeiros centímetros do vaso. Isso pode ter feito com que as raízes se restringissem a essa região do vaso, apresentando maior absorção de ³²P nos tratamentos com doses de calcário (pH₂). No pH₂ por haver melhor solubilização do fósforo do solo em decorrência da melhor correção da acidez, as raízes passaram a explorar todo volume de solo contido no vaso, provocando uma diluição do ³²P com o fósforo absorvido do solo.

Finalmente no LEm percebemos que apresentou uma diminuição nos diversos parâmetros que relaciona o conteúdo de fósforo na parte aérea da soja, exceto na % P, o que se explica pelo efeito na diluição.

A redução exibida na quantidade de P dessa

cultura devido a aplicação de Mo em relação ao seu nível zero foram: -7,40% (pH₁) e -10,48% (pH₂) no teor de P (mg P/vaso); -5,82% (pH₁) e -11,81% (pH₂) no PPPF; e -6,35% (pH₁) e -11,98% (pH₂) na FUP. Quanto a % P contida na parte aérea verificou-se um leve aumento de 2,49% (pH₁) e 4,87% (pH₂).

Esse decréscimo de P, talvez esteja associado a um efeito prejudicial do Mo nos seus níveis mais elevados. Pois em solos ligeiramente arenosos (LEm) há menor tendência de fixação de Mo e portanto facilidade na sua absorção pelas plantas, ao contrário de solos pesados como o LEa e LR, onde o Mo adicionado na forma solúvel é facilmente convertido para formas menos solúveis, o que pode ter ocorrido no LEa e LR.

Pelas Tabelas 4, 5, 6 e 7 nota-se um pequeno aumento no conteúdo de P na parte aérea da soja no nível 2 de Mo (0,50 ppm), em todas as unidades de solo. Assim, pode-se deduzir que foi nessa dose de Mo aplicado ao solo que se verificou melhor resposta à utilização de fósforo pelas plantas. O maior teor de fósforo no LEm talvez deva-se mais ao adequado equilíbrio nutricional, não se fazendo presente níveis excessivos de Mn, Fe ou Al.

KUMAR & SINGH (1980) obtiveram também uma razoável resposta da cultura de soja à aplicação de níveis

TABELA 4. Teores de fósforo (mg P/vaso) presente na parte aérea da soja em relação aos diversos níveis de molibdênio e pH nos diferentes solos. Média de quatro repetições.

Mo aplicado ao solo ----ppm----	Teores de Fósforo (mg P/vaso)					
	LEa		LR		LEm	
	5,5 *	6,5	5,5	6,5	5,5	6,5
0,00	1,01	0,92	0,82	0,71	4,04	4,90
0,25	0,97	1,02	0,76	0,80	3,93	4,62
0,50	1,03	1,20	0,84	0,98	4,18	5,30
0,75	1,00	1,20	0,87	0,77	3,62	4,13
Total	4,01	4,34	3,29	3,26	15,77	18,95
C.V. (%)	35,95		28,09		23,51	

*pH

TABELA 5. Teores de fósforo na planta proveniente do fertilizante (PPPF-mg P/vaso) em relação aos diversos níveis de molibdênio e pH nos diferentes solos. Média de quatro repetições.

Mo aplicado ao solo -----ppm-----	PPPF (mg P/vaso)					
	LEa		LR		LEm	
	5,5 *	6,5	5,5	6,5	5,5	6,5
0,00	0,23	0,14	0,07	0,07	1,03	1,14
0,25	0,21	0,20	0,08	0,14	0,97	1,02
0,50	0,22	0,27	0,10	0,08	1,11	1,36
0,75	0,19	0,23	0,09	0,07	0,92	0,89
Total	0,85	0,84	0,34	0,36	4,03	4,41
C.V. (%)	52,05		81,15		24,89	

*pH

TABELA 6. Teores percentuais de fósforo presente na parte aérea da soja em relação aos diversos níveis de molibdênio e pH, nos diferentes solos. Média de quatro repetições.

Mo aplicado ao solo	Teores de fósforo (%)					
	LEa		LR		LEm	
-----ppm-----	5,5 *	6,5	5,5	6,5	5,5	6,5
0,00	0,078	0,059	0,060	0,058	0,108	0,117
0,25	0,074	0,066	0,056	0,053	0,106	0,117
0,50	0,074	0,086	0,062	0,069	0,118	0,124
0,75	0,071	0,073	0,059	0,059	0,107	0,121
Total	0,297	0,284	0,237	0,239	0,439	0,479
C.V. (%)	17,72		18,04		12,43	

*pH

TABELA 7. Eficiência de utilização do fósforo (EUP%) pela soja em relação aos diversos níveis de molibdênio e pH nos diferentes solos. Média de quatro repetições.

Mo aplicado ao solo -----ppm-----	EUP (%)					
	LEa		LR		LEm	
	5,5*	6,5	5,5	6,5	5,5	6,5
0,00	0,78	0,47	0,22	0,26	3,45	3,80
0,25	0,62	0,66	0,27	0,48	3,24	3,41
0,50	0,72	0,91	0,34	0,26	3,69	4,52
0,75	0,65	0,77	0,32	0,22	3,07	2,97
Total	2,77	2,81	1,15	1,22	13,45	14,70
C.V. (%)	49,55		73,50		25,05	

*pH

crescentes de Mo, em se tratando do conteúdo de P na massa vegetal seca, observaram um aumento de 37,73 para 38,66 mg P/vaso, quando o teor de molibdênio variou de 0 para 1 ppm isso no nível mais alto de P (80 ppm). Essa melhor resposta do Mo em níveis mais elevados de P também foi verificada por *GUPTA & MUNRO (1969)*, *SHUKIA & PATHAK (1973)*.

Por outro lado *LEE et alii (1967)* não verificaram nenhum efeito do tratamento de sementes de soja com Mo na absorção de P, mesmo havendo aumento no teor de Mo nas folhas das plantas.

WALKER et alii (1955) obtiveram resposta à absorção de P pelo trevo quando se aplicou Mo especialmente na ausência de calcário, chegando a ser superior aos solos que sofreram calagem. Resultado que está de acordo com aquele observado no LR, no que diz respeito ao PPPF e EUP.

Quanto ao teor de fósforo na soja proveniente do solo (PPPS) constatou-se respostas positivas, em ambos pH , nos solos LEa e LR, e negativa no LEm (Figura 6). Em nenhum caso registrou-se diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 6).

A tendência mostrada em cada pH demonstra que o nível 0,75 ppm Mo em relação a testemunha apresenta

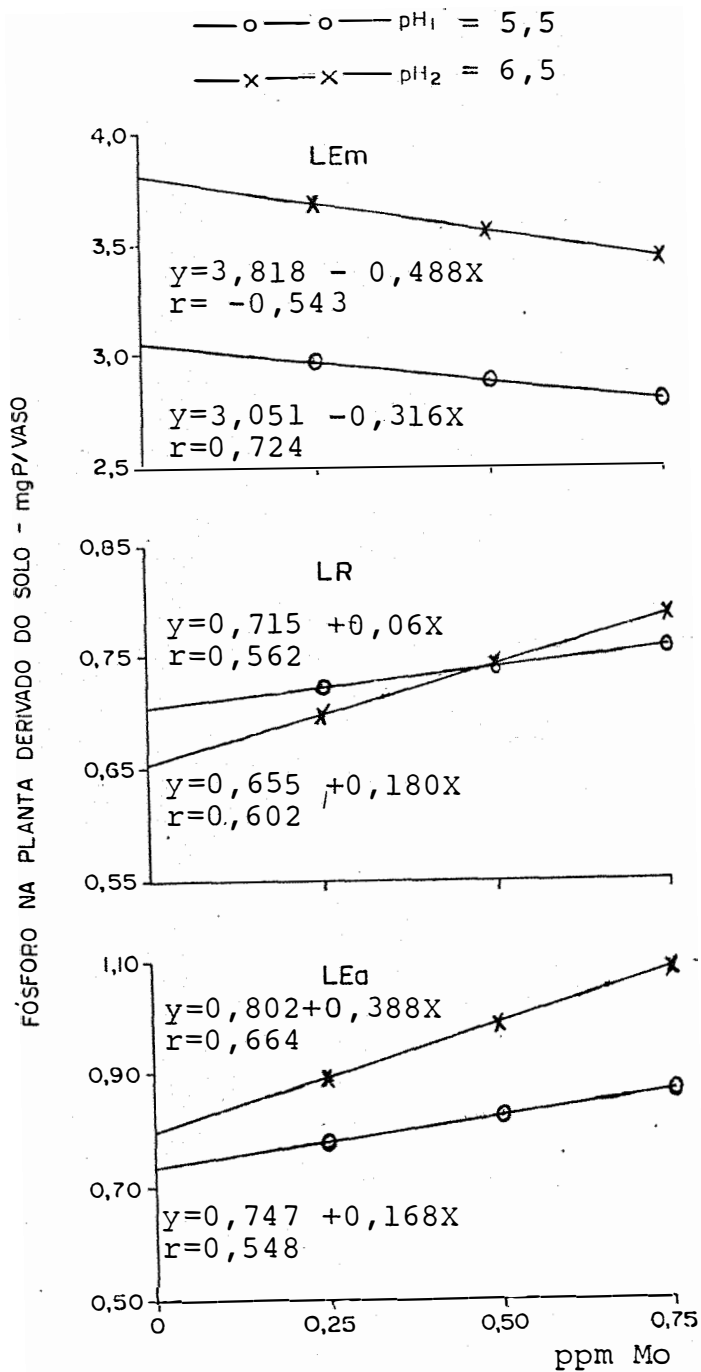


FIGURA 6. Teores de fósforo na soja proveniente do solo (mg P/vase) em função dos diversos níveis de molibdênio e pH nos três solos.

variações distintas: +17,13% (pH_1) e +36,25% (pH_2); +6,29% (pH_1) e +20,61% (pH_2); -8,54% (pH_1), -10,72% (pH_2) respec tivamente nos solos LEa, LR e LEm. A variação positiva com os níveis crescentes de molibdênio comprova o efeito sinérgico entre os íons $\text{MoO}_4^=$ e PO_4^{\equiv} . No solo LEm (pH_2) o efeito depressivo existente no PPPS nos níveis mais elevados de Mo pode estar associado a uma absorção mais intensa desse micronutriente causando um 'stress' no interior dos tecidos vegetais e conseqüentemente um desbalanço na absorção de outros nutrientes. Pois segundo *JOHNSON(1966)* as necessidades nutricionais de plantas leguminosas são satisfeitas quando o nível de Mo nos tecidos variam de 0,3 a 0,6 ppm.

O conteúdo de P variou diferentemente en tre os solos em função dos tratamentos indicando dessa maneira que o Mo não afetou positivamente na disponibilidade de P de modo integral. Em conseqüência a hipótese da existência de um sinergismo entre os íons $\text{MoO}_4^=$ e PO_4^{\equiv} na solução do solo mostrou-se mais significativa unicamente no LEa (pH_2) e LR (pH_1) por ter menor teor de P nativo.

Pelos resultados apresentados vê-se que o Mo aumentou o teor de P na parte aérea das plantas, mas não teve nenhum reflexo na produção de M.V.S., o que está associado a baixa concentração de P nos tecidos, pois seu

conteúdo máximo encontrado na soja está muito abaixo de seu nível crítico (0,26 - 0,50%), segundo *MEURER et alii* (1981).

4.1.3. Na Disponibilidade de Enxofre

A resposta da cultura de soja ao fertilizante sulfurado em função da aplicação dos níveis de Mo e do pH encontra-se relacionado nas Figuras 7, 8, 9 e 10. Como se vê estas demonstram os teores de enxofre (mg S/vaso) e percentual de S (%S) na planta, assim como os teores de S na planta oriundo do fertilizante (SPPF) e sua respectiva eficiência de utilização (EUS), nas três unidades de solos.

Assim como no efeito do Mo na disponibilidade de P na soja, nesse caso também não se verificou resposta significativa nos diversos parâmetros analisados.

No solo LEa observou-se uma ligeira resposta positiva em todos os parâmetros em estudo em função dos níveis crescentes de Mo aplicado. A variação média na absorção de S considerando a testemunha (0 ppm Mo) e o teor máximo (0,75 ppm Mo) foram: +11% (pH₁) e +29% (pH₂) no teor de S na parte aérea (mg S/vaso); +15,83% (pH₁) e 26,47% (pH₂) no

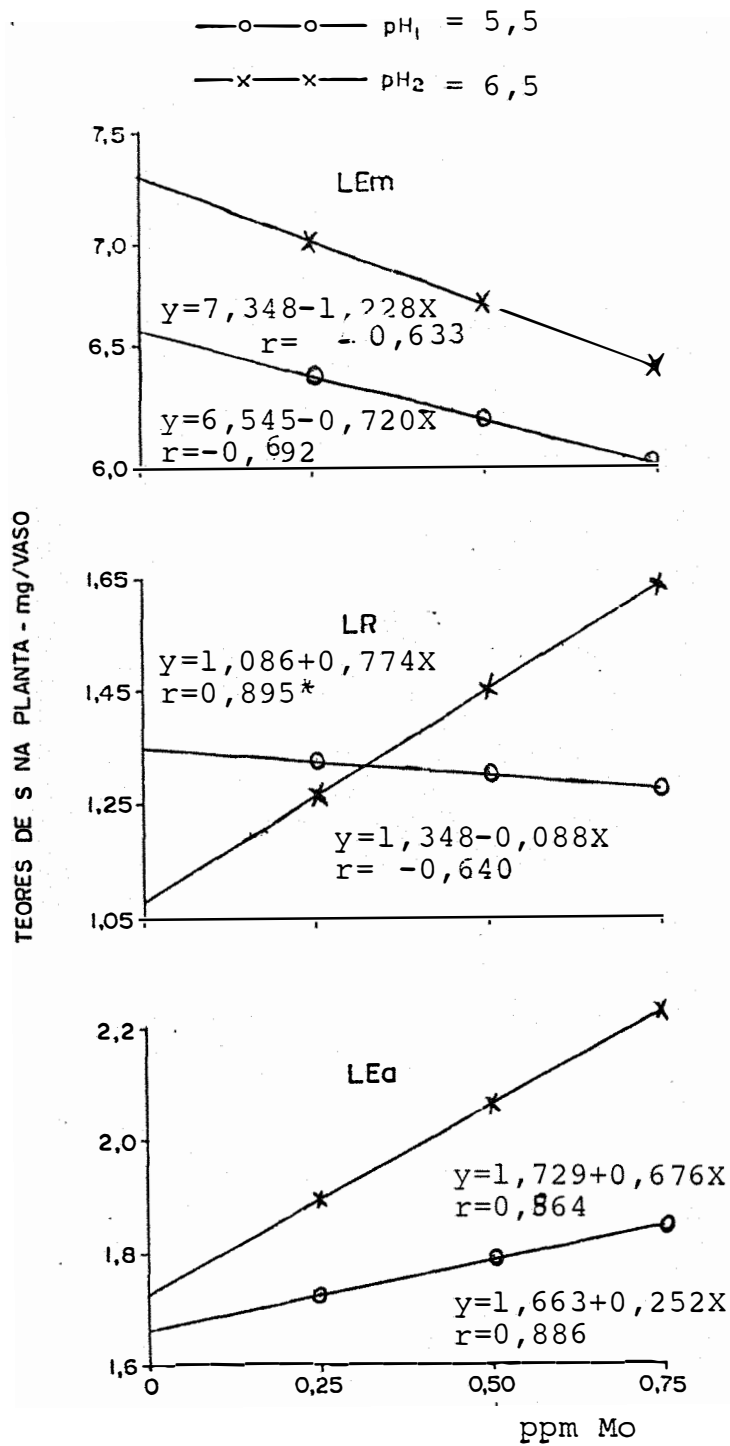


FIGURA 7. Quantidade de enxofre na planta (mg S/vaso) em função dos níveis de molibdênio e pH nos três solos.

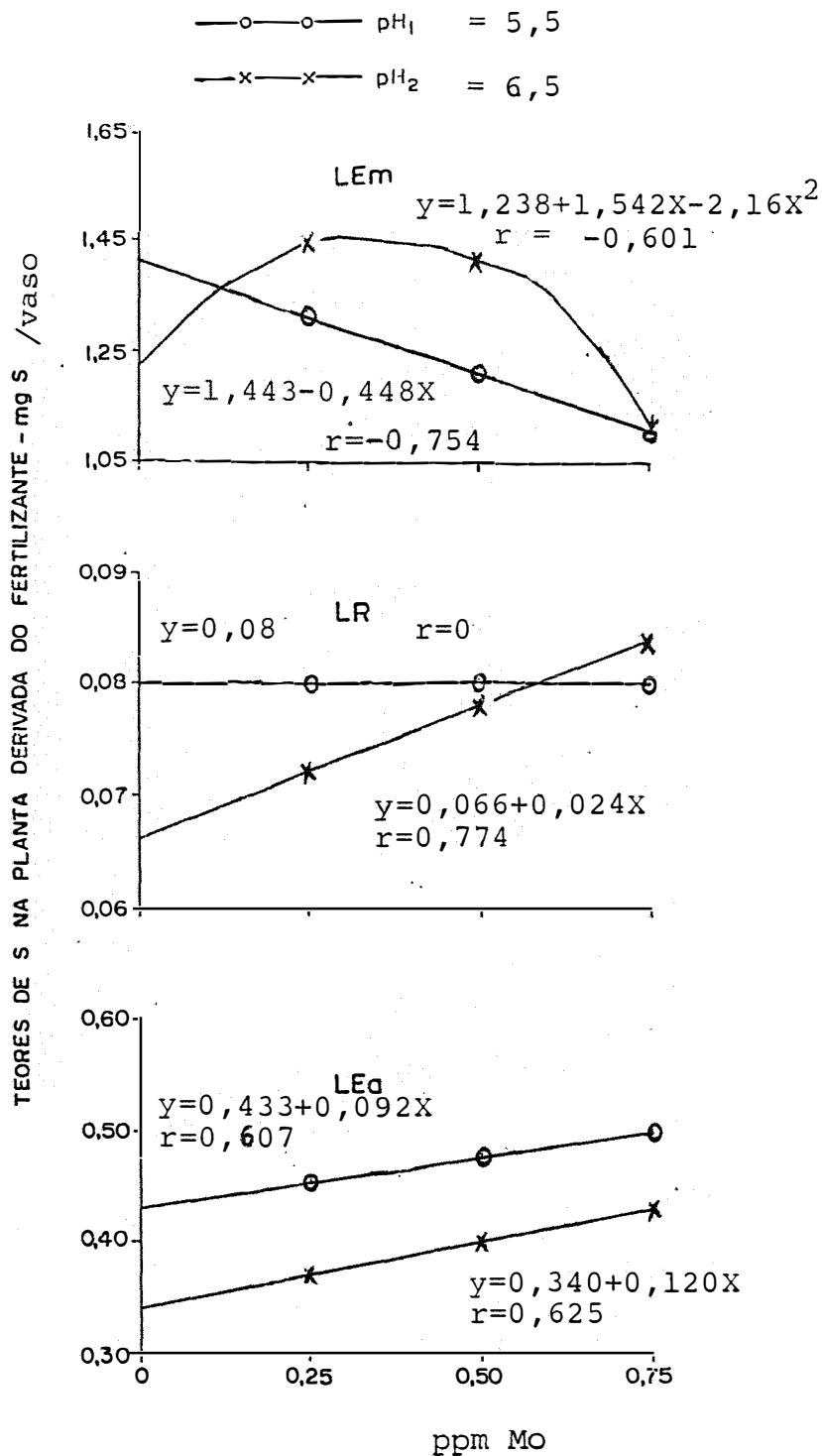


FIGURA 8. Quantidade de enxofre na planta derivada do fertilizante (mg S/vaso) em função dos níveis de molibdênio e pH nos três solos.

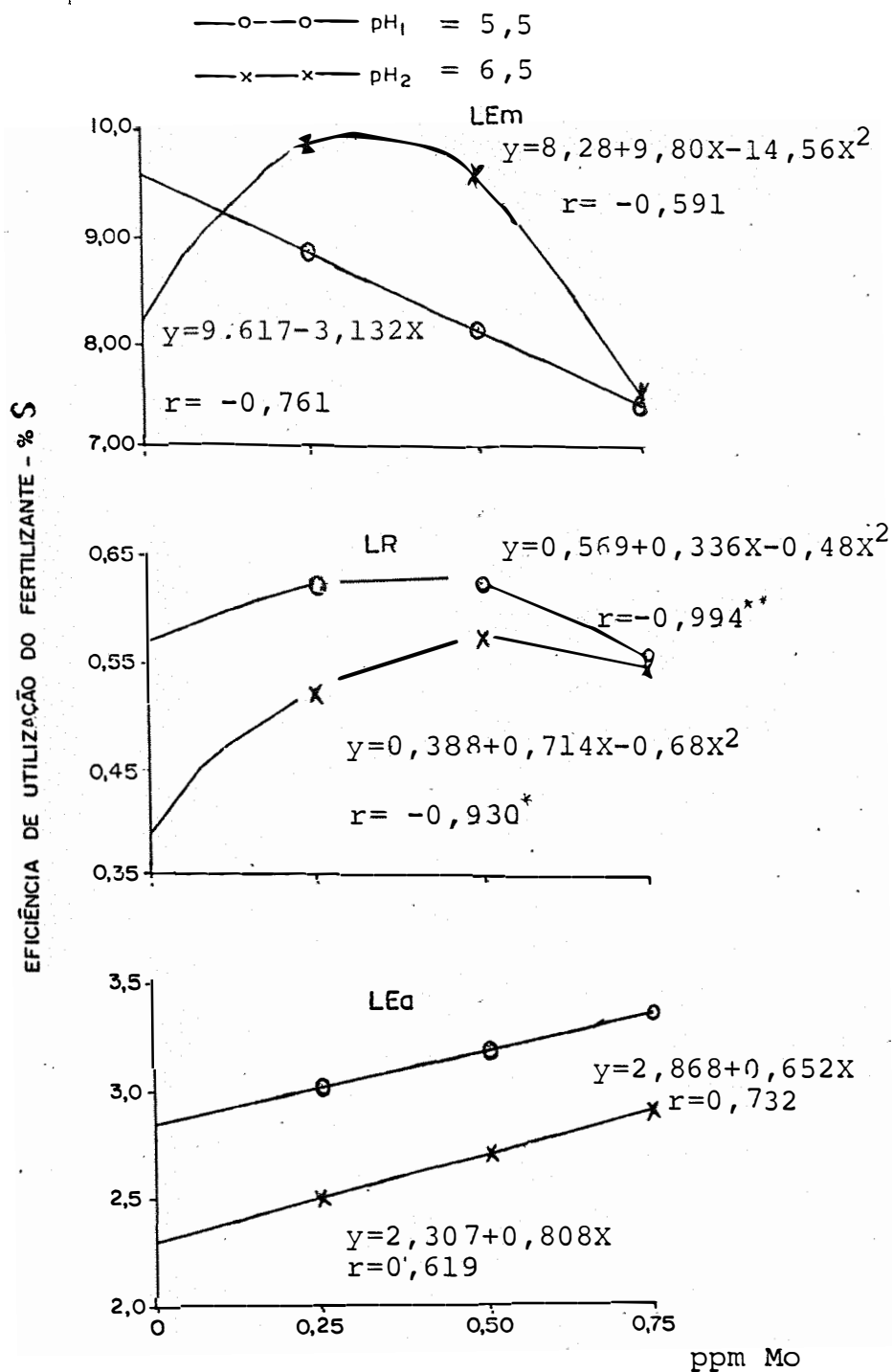


FIGURA 9. Eficiência de utilização do fertilizante sulfurado (%) em função dos níveis de molibdênio e pH nos três solos.

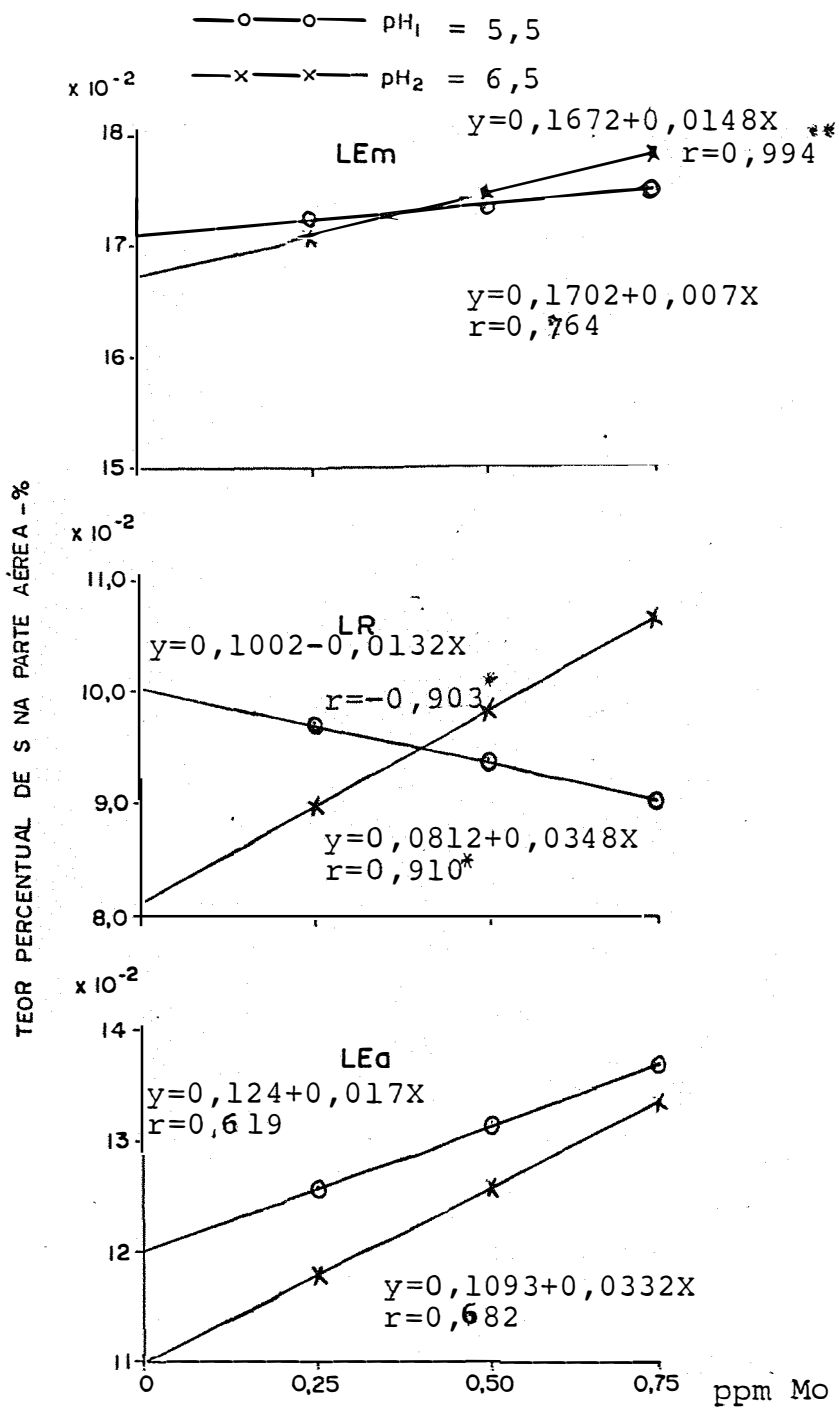


FIGURA 10. Percentagem de enxofre na soja em função dos níveis de molibdênio e pH, nos três solos.

SPPF; 17,05% (pH_1) e 26,26% (pH_2) na EUS e de 10,28% (pH_1) e 2,49% (pH_2) na % S na parte aérea.

De acordo com esses resultados depreende-se uma resposta mais acentuada quando a calagem se intensificou (pH_2). A explicação para tal diferença será vista no item 4.2.

O conteúdo de S no solo LEA não variou negativamente com os tratamentos crescentes em molibdênio. Isso diverge da maioria dos trabalhos da literatura, onde observa-se um antagonismo entre os íons $\text{MoO}_4^{=}$ e $\text{SO}_4^{=}$. Fato que é atribuído quanto ao tamanho e forma dos respectivos íons. Se bem que têm-se estudado na maioria das referências o efeito de níveis crescentes de S na disponibilidade de Mo. No presente trabalho pesquisou-se o efeito contrário.

Portanto, a hipótese do efeito antagônico entre os íons $\text{MoO}_4^{=}$ e $\text{SO}_4^{=}$ no solo não foi verificada química nem biologicamente no LEA. A inexistência desse efeito depressivo pode dever-se ao baixo conteúdo de S no solo. Uma outra possível explicação é dada pela sequência.

1. Ineficácia da calagem (curto período de incubação)
2. Baixa neutralização de óxidos de Fe e Al.
3. Elevada fixação do íon $\text{MoO}_4^{=}$
4. Pouca competição entre os íons $\text{MoO}_4^{=}$ e $\text{SO}_4^{=}$ na solução do

solo.

O efeito depressivo do S sobre o Mo pode ser superado através da maior disponibilidade de P (KUMAR & SINGH, 1980). Essa talvez possa ser a causa do comportamento do S nesse solo.

A provável competição entre sulfato e Mo tem sido verificada por inúmeros pesquisadores (ANDERSON & MOYE, 1952; KLIEWER & KENNEDY, 1960; WIDDOWSON, 1966; BEYERS 1969; CHENG & QUELLETTE, 1970 e PASRICHA & RANDHAWA, 1971). Esses estudos demonstraram que a absorção de Mo é reduzida pela presença de fertilizantes fisiologicamente ácidos tais como o sulfato e nitrato de amônio.

No solo LR percebe-se que houve um efeito positivo mais pronunciado no teor de S na planta, no pH₂. Enquanto no pH₁ praticamente não se registrou alteração em função dos níveis crescentes de Mo, chegando a ocorrer redução no teor de S na planta em mg S/vaso (Figura 7) e na % S (Figura 10).

A variação do conteúdo de S considerando os níveis extremos de Mo em cada reta é dada por: -5,15% (pH₁) e +51,38% (pH₂) no teor de S na planta (mg S/vaso); 0% (pH₁) e +27,27% (pH₂) no SSPF e -10,96% (pH₁) e +32,14% (pH₂) na %S na

parte aérea. Quanto a EUS obteve-se um efeito quadrático , onde a maior absorção de S foi verificada em torno de 0,50 ppm de Mo.

No pH₁ constatou-se um possível efeito contrário à absorção de S em função dos níveis crescentes de Mo. No pH₂ por ocorrer maior liberação do íon $\text{SO}_4^{=}$, em virtude da elevada saturação de bases do LR, não apresentou nenhum efeito negativo na absorção de S pelas plantas. O que pode estar ligada a uma presença reduzida de íons $\text{MoO}_4^{=}$ na solução do solo em virtude de sua complexação pelo manganês que existe em nível excessivo no LR. A relação antagônica Mn-Mo no metabolismo da planta é mencionada por *CHENG & QUELLETTE (1973)*.

Os efeitos do nível de manganês no conteúdo de Mo, ou vice-versa, que surgem em um grande número de plantas, parece ser inconsistente (*MULDER, 1954; WARINGTON, 1951*).

HEWITT (1954) constatou que a beterraba apresenta severas cloroses quando altas doses de Mn são dadas na presença de 5 ppm de Mo; se usada sozinha, não surge.

CANDELLA & HEWITT (1957) obtiveram redução na produção de tomateiro devido nível excessivo de Mn, mas

apenas em baixa dosagem de Mo.

No solo LEm, ao contrário dos dois solos mencionados, notou-se um efeito depressivo no conteúdo de S na planta à medida que os níveis de Mo aumentaram. Este fato foi observado em praticamente todos os parâmetros, verificando-se inclusive efeito quadrático no pH_2 para SPPF e EUF. Apenas na % S registrou-se um pequeno aumento em função dos níveis crescentes de Mo, o que pode ser atribuído ao efeito diluição.

A variação relativa ao percentual de S na planta quando o nível de Mo variou de zero para 0,75 ppm é a seguinte: -8,2% (pH_1) e -14,3% (pH_2) no teor de S na parte aérea (mg S/vaso); -30,35% (pH_1) e máximo SPPF; em 0,5 ppm Mo (pH_2); -32,31% (pH_1) e máxima absorção de S em torno de 0,50ppm Mo (pH_2) na EUS e +3,08% (pH_1) e +6,64% (pH_2) na %S na parte aérea da planta.

Os resultados indicam concordância com aqueles encontrados na literatura, onde afirmam a existência de um antagonismo entre os íons sulfato e molibdato no solo. Sendo que no presente trabalho foi obtido efeito depressivo em outra direção: redução nos conteúdos do S na parte aérea da soja à proporção que os níveis de Mo aumentavam.

A tendência observada no solo LEm pode ser atribuído a um efeito mais positivo da calagem e/ou a uma maior disponibilidade dos íons $\text{MoO}_4^{=}$ e $\text{SO}_4^{=}$. Com isso pode-se sentir a interação negativa entre ambos. Podendo-se deduzir que a existência de competição entre os íons no complexo sortivo do solo deva-se possivelmente a sua maior disponibilidade nesse sistema.

O decréscimo na percentagem de Mo na parte aérea das culturas em detrimento da aplicação de fertilizantes sulfurados é explicada em função de uma competição entre os íons $\text{MoO}_4^{=}$ e $\text{SO}_4^{=}$ devido sua semelhança em forma e tamanho. Isso dificultaria seu movimento até os sítios de absorção das raízes.

Interrelação negativa entre esses dois ânions foi registrado em vários trabalhos por uma série de pesquisadores (QUELLETTE, 1963; BERGER & PRATT, 1963; GUPTA & MACLEOD, 1975; SIMS *et alii*, 1979).

Pesquisando em um solo também de textura média, GUPTA & MUNRO (1969), obtiveram uma redução altamente significativa no conteúdo de Mo em couve-flor-de-bruxelas. Tal efeito intensificou-se quando o Mo foi aplicado.

PASRICHA & RANDHAWA (1972) aplicando Mo so

zinco, e em todas as combinações com S encontraram também, em um solo de textura média, que a aplicação de 50 ppm S reduziu a concentração de Mo nas plantas para um terço, quando comparada com sua concentração na ausência de S. O efeito depressivo foi mais notável quando o Mo foi aplicado juntamente com o S.

Outros trabalhos, indicam diminuição mais pronunciada no conteúdo de Mo da parte aérea em função da aplicação de S, na ausência do que na presença de Mo (*SIMS et alii*, 1979). A adição de fertilizante $\text{SO}_4^{=}$ reduziu a concentração do Mo (33 para 55%).

PAL et alii (1976) sugerem que o efeito inibitório do íon $\text{SO}_4^{=}$ no conteúdo de Mo ocorre inicialmente durante os processos de absorção, com pouco mecanismo antagônico durante a translocação das raízes para as folhas.

REISENAUER (1963) também comprovou que a absorção de Mo do fertilizante foi marcadamente reduzida pela aplicação de adubo sulfurado. As doses mais elevadas de Mo reduziram a aparente eficiência de utilização pelas plantas.

Semelhantemente ao P, observa-se um melhor conteúdo do S na planta em 0,50 ppm de Mo sob os diversos

parâmetros em análise. Seja no teor de S em mg S/vaso (Tabela 9), SSPF em mg S (Tabela 10), EUS em % (Tabela 11) ou na % S na parte aérea (Tabela 12).

A Figura 11 ilustra os conteúdos de S na soja derivado do solo (SPPS), em ambos pH, nas três unidades de solos.

A resposta a absorção de S do solo pelo nível mais elevado de Mo em relação a testemunha variou de solo para solo: +15,74% (pH₁) e 29,49% (pH₂) no LEa; -5,88% (pH₁) e +51,96% (pH₂) no LR; -4,08 (pH₁) e -15,47% (pH₂) no LEm.

O efeito positivo nos solos LEa e LR pode estar associado a maior liberação de íons $SO_4^{=}$, o que discorda da literatura. No solo LEm o decréscimo do SPPS em função dos níveis crescentes de Mo pode ser explicado pelo desequilíbrio ocasionado pelo elevado teor de Mo presente na parte aérea da soja nos maiores níveis de Mo.

O teor de SPPS (Tabela 13), assim como o PPS (Tabela 8) mostram melhor resposta no nível dois de Mo. Podendo ser recomendada como a mais adequada desde que se considere as características do solo em estudo.

Em relação ao P total nota-se que houve uma

TABELA 8. Teores de fósforo na planta proveniente do solo (PPPS - mg P/vaso) em função dos vários níveis de molibdênio e pH nos diferentes solos. Média de quatro repetições.

Mo aplicado ao solo	PPPS (mg P/vaso)					
	LEa		LR		LEm	
-----ppm-----	5,5 *	6,5	5,5	6,5	5,5	6,5
0,00	0,78	0,78	0,75	0,63	3,00	3,76
0,25	0,66	0,82	0,68	0,66	2,96	3,60
0,50	0,99	1,22	0,74	0,90	3,07	3,94
0,75	0,81	0,97	0,78	0,70	2,70	3,24
Total	3,24	3,79	2,95	2,89	11,73	14,54
C.V. (%)	35,15		23,74		25,23	

*pH

TABELA 9. Teores de enxofre (mg S/vaso) presente na parte aérea da soja em função dos diversos níveis de molibdênio e pH nos diferentes solos.

Média de quatro repetições.

Mo aplicado ao solo	Teores de enxofre (mg S/vaso)					
	LEa		LR		LEm	
-----ppm-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	5,5*	6,5	5,5	6,5	5,5	6,5
0,00	1,66	1,58	1,38	1,05	6,78	7,16
0,25	1,70	1,90	1,28	1,40	5,71	6,87
0,50	1,85	2,51	1,30	1,31	6,79	7,64
0,75	1,82	1,94	1,30	1,70	5,82	5,88
Total	7,03	7,93	5,26	5,46	25,10	27,55
C.V. (%)	31,30		26,69		19,33	

*pH

TABELA 10. Teores de enxofre na planta proveniente do fertilizante (SPPF - mg S/vaso) em função dos diversos níveis de molibdênio e pH, nos diferentes solos. Média de quatro repetições.

Mo aplicado ao solo	SPPF (mg S/vaso)					
	LEa		LR		LEm	
-----ppm-----	5,5*	6,5	5,5	6,5	5,5	6,5
0,00	0,45	0,33	0,08	0,06	1,42	1,29
0,25	0,40	0,35	0,09	0,08	1,25	1,31
0,50	0,54	0,47	0,09	0,08	1,39	1,58
0,75	0,48	0,39	0,08	0,08	1,00	1,06
Total	1,87	1,54	0,34	0,30	5,06	5,24
C.V. (%)	32,20		33,00		27,20	

*pH

TABELA 11. Teores percentuais de enxofre presente na parte aérea da soja em função dos diversos níveis de molibdênio e pH, nos diferentes solos.
Média de quatro repetições.

Mo aplicado ao solo -----ppm-----	Teores de enxofre (%)					
	LEa		LR		LEm	
	5,5 *	6,5	5,5	6,5	5,5	6,5
0,00	0,126	0,100	0,102	0,080	0,177	0,167
0,25	0,120	0,122	0,095	0,095	0,155	0,170
0,50	0,145	0,145	0,092	0,092	0,187	0,177
0,75	0,132	0,120	0,092	0,110	0,172	0,177
Total	0,523	0,487	0,381	0,377	0,691	0,691
C.V. (%)	15,57		22,08		10,00	

*pH

TABELA 12. Eficiência de utilização do enxofre (EUS-%) pela soja em função dos diversos níveis de molibdênio e pH, nos diversos solos.

Média de quatro repetições.

Mo aplicado ao solo -----ppm-----	EUS (%)					
	LEa		LR		LEm	
	5,5*	6,5	5,5	6,5	5,5	6,5
0,00	2,99	2,24	0,57	0,38	9,54	8,64
0,25	2,65	2,37	0,62	0,55	8,33	8,75
0,50	3,59	3,19	0,62	0,55	9,29	10,62
0,75	3,22	2,64	0,55	0,55	6,61	7,09
Total	12,45	10,44	2,36	2,03	33,77	35,10
C.V. (%)	32,60		30,56		28,14	

*pH

TABELA 13. Teores de enxofre na planta proveniente do solo (SPPS - mg S/vaso) em função dos vários níveis de molibdênio e pH, nos diferentes solos. Média de quatro repetições.

Mo aplicado ao solo	SPPS (mg S/vaso)					
	LEa		LR		LEm	
-----ppm-----	5,5 *	6,5	5,5	6,5	5,5	6,5
0,00	1,22	1,25	1,30	0,99	5,36	5,87
0,25	1,31	1,55	1,19	1,31	4,46	5,56
0,50	1,61	2,04	1,21	1,23	5,40	6,05
0,75	1,34	1,55	1,22	1,61	4,83	4,82
Total	5,48	6,39	4,92	5,14	20,05	22,30
C.V. (%)	31,54		27,24		18,55	

*pH

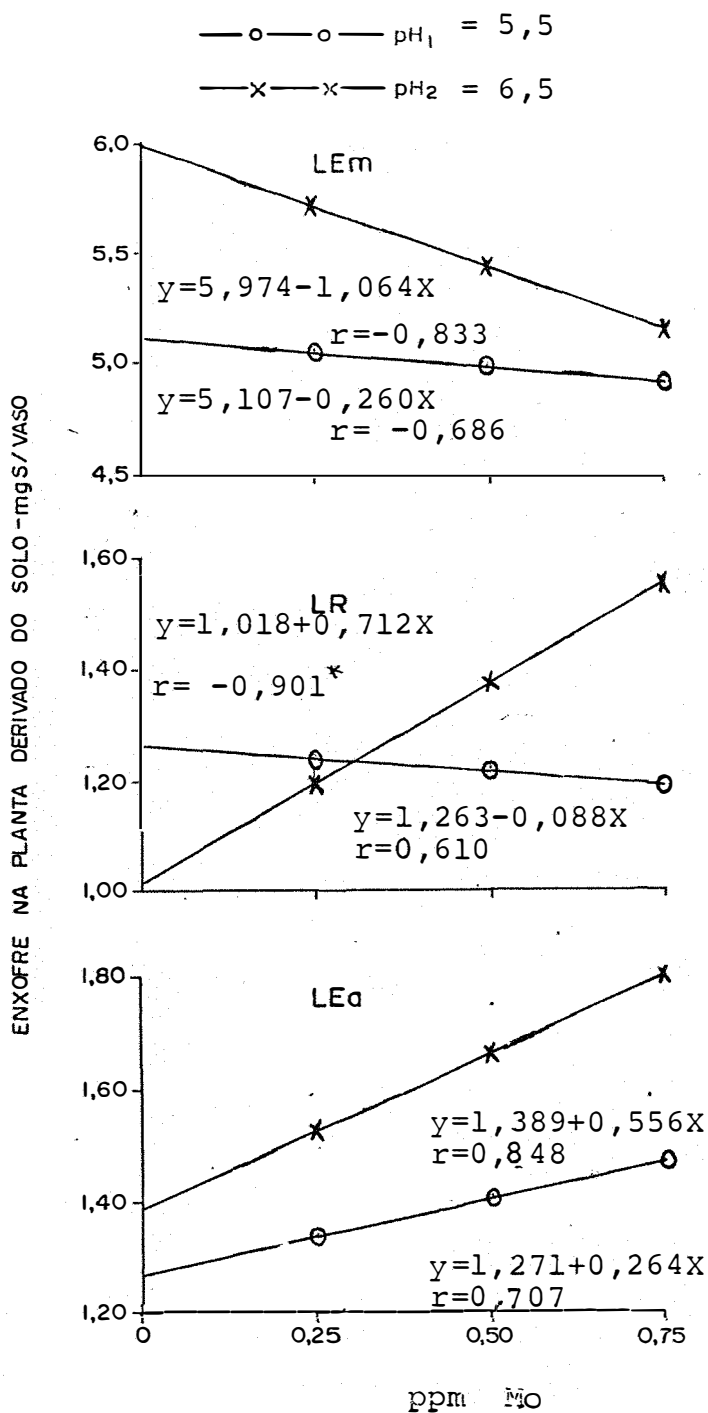


FIGURA 11. Teores de enxofre na planta derivado do solo (mg S/vaso) em função dos níveis de Molibdênio e pH nos três solos.

maior absorção de S total pela soja. Isso talvez se deva a facilidade apresentada pelos ânions ortofosfatos em sofrerem fixação. Sabe-se que o LR caracteriza-se por um elevado poder de retenção de íons, sendo nesse solo que o conteúdo de P na parte aérea apresenta-se mais baixo.

Entre os solos, a maior absorção de nutrientes no LEM pode estar associado a uma maior eficiência da calagem, favorecendo uma melhor solubilização tanto das fontes de Mo, P e S aplicados como desses nutrientes nativos do solo. Isto tenderia a aumentar a eficiência de utilização do P (Tabela 7) e S (Tabela 12).

Depreende-se portanto, que nos solos LEa e LR os resultados não se assemelham com aqueles da literatura. Podendo-se deduzir que a interrelação negativa entre os ânions $\text{MoO}_4^{=}$ e $\text{SO}_4^{=}$ não foi constatada. Isto pode ter ocorrido em decorrência da alteração proposta no trabalho : aplicou-se níveis crescentes de $\text{MoO}_4^{=}$ e manteve-se constante a adubação a base de $\text{SO}_4^{=}$ e/ou devido ao baixo nível de sulfato dos solos.

4.2. Efeito do pH

4.2.1. Influência na Absorção de Molibdênio

Em consequência da baixa produção de M.V.S. nos solos LEa e LR (Tabela 3), apenas no LEm efetuou-se a quantificação de Mo na parte aérea das plantas.

A Tabela 14 expressa os teores de Mo presentes na soja em função de seus níveis crescentes aplicados ao solo.

A análise de variância conjunta dos resultados mostrou serem significativos, ao nível de 1% de probabilidade, os efeitos Mo ($F=87^{**}$) e pH ($F=47^{**}$) e sua interação ($F=14,34^{**}$).

O teste de Tukey demonstra que as médias do pH_1 ($\hat{m}=0,28$) e do pH_2 ($\hat{m}=0,62$) diferem estatisticamente ao nível de 1% de probabilidade.

Comparando os resultados do pH_1 com os do pH_2 verifica-se uma elevação no teor de Mo em todos os níveis. Em média o pH_2 apresentou um aumento de 120,95% no

TABELA 14. Teores de molibdênio (ppm) na parte aérea da soja em função dos diversos níveis de molibdênio , nos dois pH . Solo LEm. Média de quatro repetições.

Mo aplicado ao solo	Teores de molibdênio (ppm)	
	-----ppm-----	
	5,5*	6,5
0,00	traços	traços
0,25	0,08	0,26
0,50	0,45	0,77
0,75	0,59	1,45
Total	1,1247	2,4850
C.V. (%)	30,50	

*pH

teor de Mo na parte aérea da soja, em relação ao pH₁. Fato que comprova o efeito positivo do pH na disponibilidade do referido micronutriente. No entanto tal comportamento não se refletiu numa maior produção de M.V.S. Aspecto concorde com resultados de *LANTMAN et alii (1985c)*.

A liberação de $\text{MoO}_4^{=}$ pela calagem resulta de uma ação de troca entre o Mo e as hidroxilas (*STOUT & JOHNSON, 1956*). A Figura 12 demonstra a variação mais acentuada no teor de Mo no pH₂.

Numerosos trabalhos concordam com o resultado encontrado no presente estudo (*GIDDENS & PERKINS, 1960* ; *ALHRICHS et alii, 1963*; *LONG et alii, 1965*; *WIDDOWSON, 1966*; *ROIT, 1968*; *JAMES et alii, 1968* e *GUPTA, 1969*).

De acordo com os resultados observa-se que o aumento no conteúdo de Mo nas plantas pode ser feito tanto em detrimento de seus níveis crescentes aplicados no solo quanto em relação a correção da acidez.

4.2.2. Influência na Fixação de N₂

Pela Tabela 15, percebe-se uma redução mé

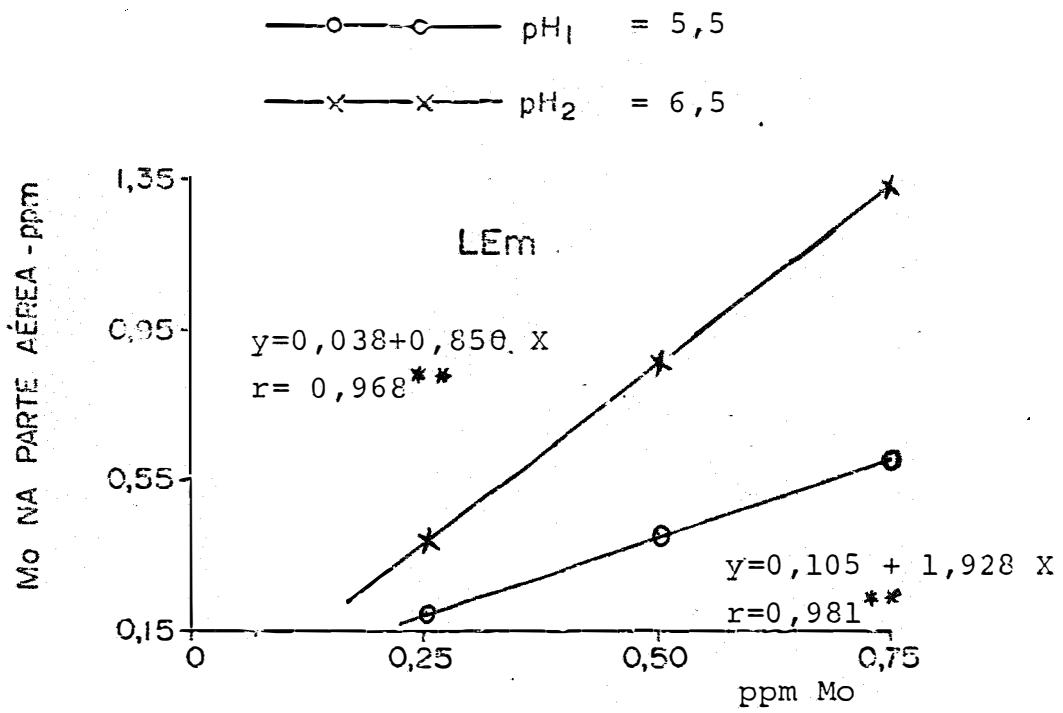


FIGURA 12. Teores de Molibdênio na parte aérea da soja (ppm) em função dos níveis de molibdênio e pH no solo LEm.

TABELA 15. Quantidade de nitrogênio fixado (mg N/vaso) em função dos diversos níveis de molibdênio, nos dois pH . Solo LEm.

Média de quatro repetições.

Mo aplicado ao solo	Teores de Nitrogênio (mg N/vaso)	
----ppm----	5,5 *	6,5
0,00	6,54	5,63
0,25	10,51	7,44
0,50	11,82	10,17
0,75	11,76	6,19
Total	40,63	29,43
C.V. (%)	43,00	

*pH

dia de 38,07% no teor de N_2 fixado quando o pH foi elevado.

A análise de variância revelou diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre o pH_1 e pH_2 . Isso pode ser explicado pela maior disponibilidade de nitrogênio mineral à medida que a concentração hidrogeniônica foi reduzida onde a maior solubilidade de NO_3^- e NH_4^+ provocou redução na fixação simbiótica de N_2 .

Tal resultado discorda da tendência geral que com a calagem há uma maior liberação do Mo do solo, que devido a acidez excessiva encontra-se em forma não assimilável pelas plantas. Assim, os íons $MoO_4^{=}$ passariam a influir positivamente na fixação de N_2 . A não observância desse efeito no presente trabalho pode estar relacionado a proximidade entre os níveis de pH adotados ($pH_1=5,5$ e $pH_2=6,5$). Pois normalmente, o efeito da calagem na disponibilidade de íons molibdatos ocorre em pH inferiores a 5,0.

4.2.3. Influência na Disponibilidade de P e S

Pelas Tabelas 4,5,6 e 7 percebe-se que ocor

reu uma resposta mais significativa do P aos níveis de Mo na dose mais elevada de calcário (pH_2). Havendo diferenças entre os solos em estudo de acordo com o parâmetro analisado.

No solo LEa observa-se que, em relação ao pH_1 ocorreu respostas distintas nos diversos parâmetros : +8,23% no teor de P (mg/vaso), -1,16% no PPPF, -4,58% na % P e +1,44% na EUP. Os valores negativos podem estar associados ao efeito da contagem de ^{32}P , como mencionado no item 4.1.2. Não obstante dessas médias negativas, verificou-se uma resposta mais acentuada no pH_2 para os diversos parâmetros analisados. Inclusive apresentam coeficientes de correlação mais elevados. Isto pode ser atribuído ao efeito positivo da calagem, afetando favoravelmente a interrelação $MoO_4^{=}$ e $PO_4^{=}$ no solo, induzindo a um consequente aumento no conteúdo de P nas plantas.

Quanto ao solo LR observou-se conflitantes respostas ao calcário nos vários parâmetros. Em relação aos níveis crescentes de Mo houve um efeito negativo no conteúdo de P nas plantas oriundo do fertilizante (PPPF) e portanto uma redução na eficiência de uso desse fertilizante (EUP), isso no pH_2 . Os demais parâmetros apresentam resposta mais significativa nesse nível de pH, inclusive teor

res de P (mg/vaso) e %P. Uma possível explicação é dada através do item 4.1.2.

A variação, em relação ao pH_1 , dos dados é a seguinte: -0,91% no teor de P (mg/vaso); +5,88% no PPPF +0,84% na %P e +6,08% na EUP. Assim, ocorreram diversas respostas ao calcário no solo em discussão, talvez em decorrência de um desequilíbrio nutricional, como mencionado no item 4.1.2.

No solo LEm, constatou-se um acréscimo no conteúdo de P devido ao aumento do pH. A variação percentual média de P em relação ao pH_1 , mostrou-se totalmente positiva: +20,16% no teor de P (mg/vaso); +9,43% no PPPF ; +9,11% na % P e +9,29% na EUP. Desse modo, verificou-se uma resposta positiva em todos os parâmetros através da aplicação mais intensa de calcário. Isso pode estar associado ao efeito mais favorável da calagem nesse solo de textura média , ou ao seu maior teor de P natural.

Observando o conteúdo de S nas plantas vê-se também resultados diferentes nas três unidades de solos, quanto ao efeito da calagem (Tabelas 9, 10, 11 e 12).

No solo LEa apenas o parâmetro teor de S (mg/vaso) apresenta resultado positivo (+12,80%), em rela

ção ao pH_1 . Quanto ao SPPF, EUS e %S, mostraram variação negativa: -21,43%; -19,25% e -7,39%, respectivamente.

Em outra unidade de solo (LR) verificou-se, mesma tendência: +3,88% no teor de S (mg/vaso); -13,33% no SPPF, -1,06% na %S da parte aérea e -16,25% na EUS.

A redução na %S nas plantas pode ser devido ao efeito diluição enquanto que a menor eficiência de utilização dos fertilizantes indica que a calagem não afetou no conteúdo desses nutrientes na soja, o que talvez se explique pela menor disponibilidade de nutrientes nos vasos em consequência da competição existente entre as duas culturas presentes em um só vaso ou a baixa dose aplicada (5ppmS).

O único solo a demonstrar um aumento no conteúdo de S praticamente em todos os parâmetros foi o LEm. Somente na %S não se registrou acréscimo.

Isso comprova um melhor efeito do corretivo aplicado. Pode ser associado também a uma saturação de bases mais adequada (70%), baixa saturação de Al^{3+} (17%) e reduzida presença de óxidos de Fe e Mn.

Pela Tabela 8, nota-se que no solo LR constatou-se efeito levemente negativo do pH_2 em relação ao pH_1 no PPS, onde vê-se uma redução de 2,07%. Fato explicado

no ítem 4.1.2. Nos solos LEa e LEm ocorreu, respectivamente, aumento de 16,97 e 23,95%, o que indica um efeito favorável da calagem nesses solos. Quanto ao SPPS notou-se tendência positiva da calagem em todos os solos: +16,60 ; +4,47 e +11,22% respectivamente, nos solos LEa, LR e LEm.

Apesar de não ter ocorrido efeito significativo, observa-se que nos solos há uma resposta mais acentuada dos teores de P e S na M.V.S. da soja quando se aplicou mais calcário. Isso em função dos níveis crescentes de Mo (Figura 7). Tal fato implica numa maior solubilização dos íons $PO_4^{=}$ e $SO_4^{=}$ à medida que aumenta a solubilidade de $MoO_4^{=}$.

4.3. Avaliação do Molibdênio

Para a determinação do Molibdênio, tanto no solo quanto na planta, o método colorimétrico é empregado com maior frequência.

Na análise de plantas a preparação das amostras pode ser feita por via seca ou úmida. Tanto através da incineração quanto da digestão nítro-perclórica exige-se

um mínimo de 2 a 3 gramas de M.V.S.

No caso do solo é comumente utilização de 20 a 25 gramas de terra seca ao ar.

Em virtude da baixa produção de M.V.S., as análises do teor de Mo na parte aérea da soja foi efetuada unicamente no LEm. Utilizou-se o método descrito por *JONHSON & ARLEY (1954)*, o qual se baseia na complexação do íon $\text{MoO}_4^{=}$ pelo CNS^- em meio ácido e na presença de um agente redutor.

A Tabela 14 apresenta os teores de Mo na soja em função de seus níveis aplicados ao solo, nos dois pH. Segundo esta verifica-se uma resposta altamente significativa com o aumento das doses crescentes de Mo. Isto implica numa eficácia da utilização de Mo assim como do extrator usado.

O teste de Tukey revelou significância ao nível de 1% de probabilidade. Comparando as médias referentes aos níveis de Mo dentro de cada pH constatou-se que, no pH_1 , as duas maiores médias ($\hat{m}_3=0,594$ e $\hat{m}_2=0,466$), diferiram das duas menores ($\hat{m}_1=0,079$ e $\hat{m}_0=0,0047$). Não ocorreu diferenças entre cada um desses conjuntos de médias. No pH_2 a média três ($\hat{m}_3=1,457$) diferiu significati-

vamente da média dois ($\hat{m}_2 = 0,770$) e das inferiores ($\hat{m}_1 = 0,260$ e $\hat{m}_0 = 0,005$). As duas médias menores apresentaram diferença em relação à média dois, não entre si.

A concentração de Mo variou de traços até 0,59 ppm no pH₁, e de traços até 1,45 ppm no pH₂. Estes dados sugerem que o conteúdo de Mo nas plantas foi marcadamente influenciado pela aplicação de Mo no solo. Outros pesquisadores têm encontrado resultados similares (EVANS *et alii*, 1950 e DeMOOY, 1970).

LAVY & BARBER (1962), usando também solvente orgânico, obtiveram resultado idêntico em sementes de soja. Conseguindo aumento na produção unicamente quando o conteúdo de Mo nas sementes de soja, cultivados em solos não tratados com Mo, era inferior a 1,6 ppm.

HAGSTRON & BERGER (1963) também obtiveram um grande aumento no conteúdo de Mo na parte aérea da soja, quando duas libras de Na₂MoO₄ foram aplicadas. Atribui esse "consumo de luxúria" a excessiva aplicação.

Identicamente BOSWELL & ANDERSON (1969) observaram conteúdo crescente de Mo na parte aérea da soja devido aplicação de doses crescentes de Mo. Sendo que neste caso efetuou-se pulverização.

A determinação do Mo em consequência da formação do complexo alaranjado Molibdênio-tiocianato, com posterior extração empregando solvente orgânico, tem sido universalmente usado. Na realidade representam modificações do método descrito por *MARMOY (1939)*. São vários os trabalhos onde se empregam tal metodologia (*ANDERSON & SPENCER, 1950; WALKER et alii, 1955; KIRSCH et alii, 1960; KLIEWER & KENNEDY, 1960; REISENAUER, 1963; HAGSTRON & BERGER, 1965; LEE et alii, 1967; BOSWELL & ANDERSON, 1969; PASRICHA & RANDHAWA, 1972; QUELLETTE, 1973 e SHUKIA & PATHAK, 1973*)

Alguns pesquisadores preferem a substituição do CNS pelo 4-metil-1:2 dimercaptobenzol dithiol) (*GLÓRIA, 1964; GUPTA & CUTCLIFFE, 1968; GUPTA & MUNRO, 1969; GUPTA & MACKAY, 1968; GUPTA, 1970; BARROW & SHAW, 1975*).

Tem-se feito também determinações em espectrógrafo de emissão de raios-X (*KUBOTA et alii, 1961, 1963*) absorção atômica (*JARREL & DAWSON, 1978*) e em métodos automatizados, ou seja, injeção em fluxo contínuo (*MEDEIROS, 1979, PESSENDA, 1987*).

Ao invés da incineração da matéria seca, em alguns casos prefere-se a digestão nitroperclórica (*MULDER, 1954; GURLEY & GIDDENS, 1969*), apesar de necessitar de um maior peso de M.V.S. (*EVANS et alii, 1950*).

Os teores de Mo nas três unidades de solo encontram-se relacionados na Tabela 1 .

Empregaram-se dois métodos de análises de Mo para fim de comparação. O método descrito por REISE NAUER (1965), que se baseia no uso do oxalato ácido de amônio tamponado a pH 3,3 e aquele apresentado por CATANI et alii (1977), usando H_2SO_4 0,1N.

Em ambos casos observou-se um conteúdo de Mo bem abaixo do teor médio de 0,2 ppm (DAVIES, 1956 e GUP TA & MACKAY, 1966). Podendo-se ser devido ao material de origem desses solos, ou a interferência provocadas por Ti , V, Fe ou Cr.

Segundo outro pesquisador as plantas mostram deficiências de Mo quando sua disponibilidade nos solos é inferior a 0,1 ppm, e para nível superior a 0,9 ppm torna-se excessivamente alto (QUELLETTE, 1973).

O teor analisado pode estar de acordo com a afirmação de KUBOTA & CARRY (1982). Esses mencionam que a medida do Mo extraível do solo é bastante limitada, uma vez que muitos outros fatores do solo, além do nível de Mo disponível, afetam sua absorção.

Estudos de correlação de GRIGG (1953) mostra que se o valor do Mo extraível com oxalato ácido de amônio

nio for menor que 0,14 ppm o solo provavelmente responde rá a adubação molibídica desde que o pH seja inferior a 6,3. Afirmação compatível com os resultados encontrados no LEm.

4.4. Molibdênio na Fixação Simbiótica de N_2

Encontra-se na Figura 13, a variação dos teores de N_2 fixado em decorrência da aplicação do Mo no solo.

Esse estudo foi observado unicamente no LEm uma vez que nesse, a soja apresentou melhor produção de nódulos que os demais, onde praticamente não se observou ocorrência de nódulos o que pode estar relacionado, com a baixa fixação de N_2 no LEa e LR.

A análise de variância não revelou significância entre os diversos tratamentos com Mo. O desdobramento demonstrou significância ao nível de 5% de probabilidade entre os dois pH em estudo. Apesar da não significância obteve-se resposta quadrática, a qual indica o ní

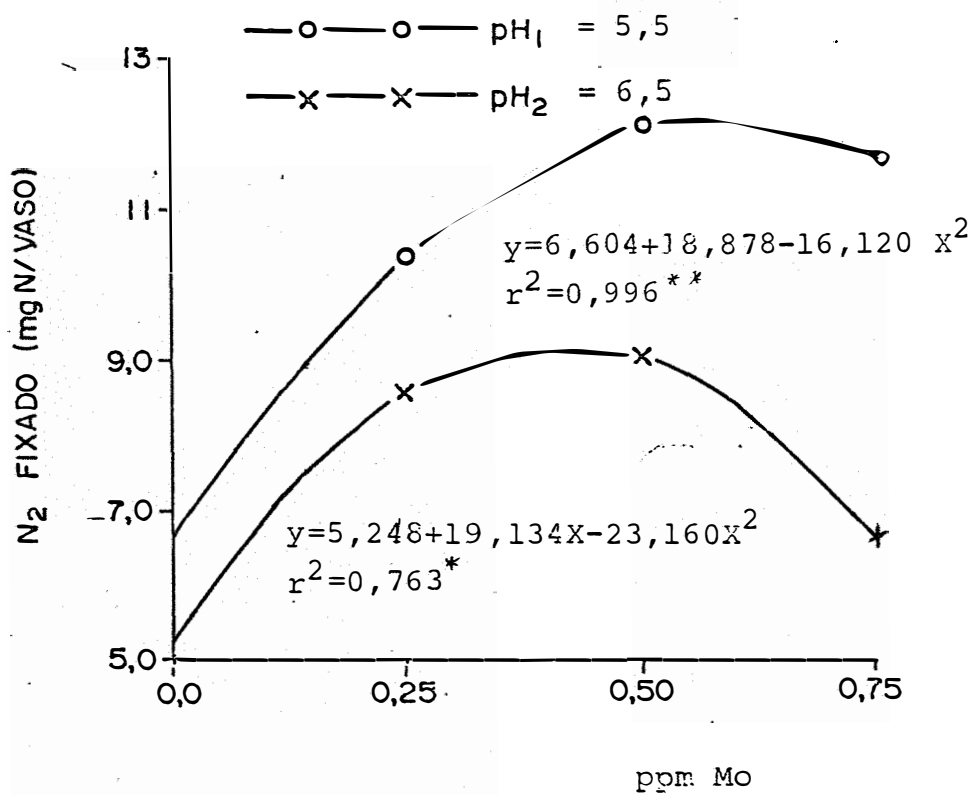


FIGURA 13. Quantidade de Nitrogênio fixado (mg N/vaso) para soja em função dos níveis de molibdênio e pH. Solo LEm.

vel 0,5 ppm de Mo, o mais satisfatório, desde que aplicado em solo com propriedades similares ao do solo em discussão. Em relação à testemunha a incorporação desse nível de Mo causou um aumento médio de 84,72% (pH_1) e de 75,57% (pH_2).

Tais resultados comprovam a tendência geral que numa maior disponibilidade de Mo há um acréscimo na absorção de nitrogênio pelas culturas através da fixação de N_2 .

FRANÇA et alii (1973) trabalhando com soja perene em solo de cerrado, constataram aumento significativo na fixação simbiótica de N_2 com a adição de Mo. Verificaram acréscimo nos valores percentuais e totais de N nas plantas.

RUSCHELL et alii (1966) pesquisando a relação entre número de nódulos e fixação de nitrogênio em feijão concluiu que o Mo reduziu o número de nódulos, mas no entanto aumentou o percentual de nitrogênio fixado por nódulo. A Tabela 16, apresenta mesmo comportamento quanto ao peso e número de nódulos. Nesse caso não se observa resposta a níveis crescentes de Mo, ao contrário, mostra maior peso de nódulos nos tratamentos que não levaram Mo ou no nível mais baixo, o que está de acordo com os re

TABELA 16. Número e peso de nódulos (mg/vaso) extraídos das raízes de soja cultivada no solo LEm, nos distintos níveis de molibdênio e pH. Média de quatro repetições.

Mo aplicado ao solo	1		2	
	-----		-----	
----ppm----	5,5 *	6,5	5,5	6,5
0,00	80,25	82,50	275,50	425,00
0,25	64,50	85,50	293,25	425,50
0,50	68,00	78,00	248,00	297,75
0,75	65,00	60,25	225,25	217,25
Total	277,75	306,25	1042,00	1365,50
C.V. (%)	42,07		45,00	

1 = número de nódulos

2 = peso de nódulos (mg/vaso)

* pH

sultados encontrados por *ANDERSON & SPENCER (1950)* e *MULDER (1954)*. Estes associaram tal fato a uma maior susceptibilidade das plantas a infecções sob condições de inativa fixação e a coloração dos nódulos. Essa segunda possível explicação foi observada no presente trabalho. Em níveis mais elevados de Mo constatou-se uma coloração ligeiramente avermelhada no interior dos nódulos em relação a cor amarelada dos nódulos provenientes da testemunha estando correlacionado com uma maior presença de leg-hemoglobina naqueles de maior capacidade de fixação.

A necessidade de Mo para uma melhor fixação de N_2 tem sido observado em outras culturas: trevo (*ANDERSON et alii, 1950*); arroz (*GUPTA & BERA, 1972*), feijão (*SANTOS et alii, 1979*).

BOSWELL & ANDERSON (1969) também obtiveram em sete diferentes solos, em média, uma relação positiva entre conteúdo de proteínas nas sementes quando o Mo foi aplicado. Isso era de se esperar pois é postulado que uma das funções do Mo é afetar grandemente o suprimento de N para as plantas através de processos de fixação de N_2 .

Estudando-se a correlação entre os teores de N_2 fixado pela soja e os conteúdos de Mo presentes em sua parte aérea, verificou-se valores altos tanto para o

pH₁, onde $r^2 = 0,834$ (Figura 14) quanto no pH₂, onde $r^2 = 0,970$ (Figura 15). Em ambos os casos praticamente não ocorreu influência na fixação até o primeiro nível de Mo. Apenas a partir do nível dois é que se registrou um efeito quadrático, acentuando-se quando o conteúdo de Mo correspondeu a 0,59ppm no pH₁ e a 0,77 ppm no pH₂.

Vê-se que no pH₂ o teor de N fixado sofreu uma brusca queda no nível máximo de Mo. Isso sugere um desequilíbrio na fixação quando os teores de Mo estão acima de um certo limite, como sugerido anteriormente.

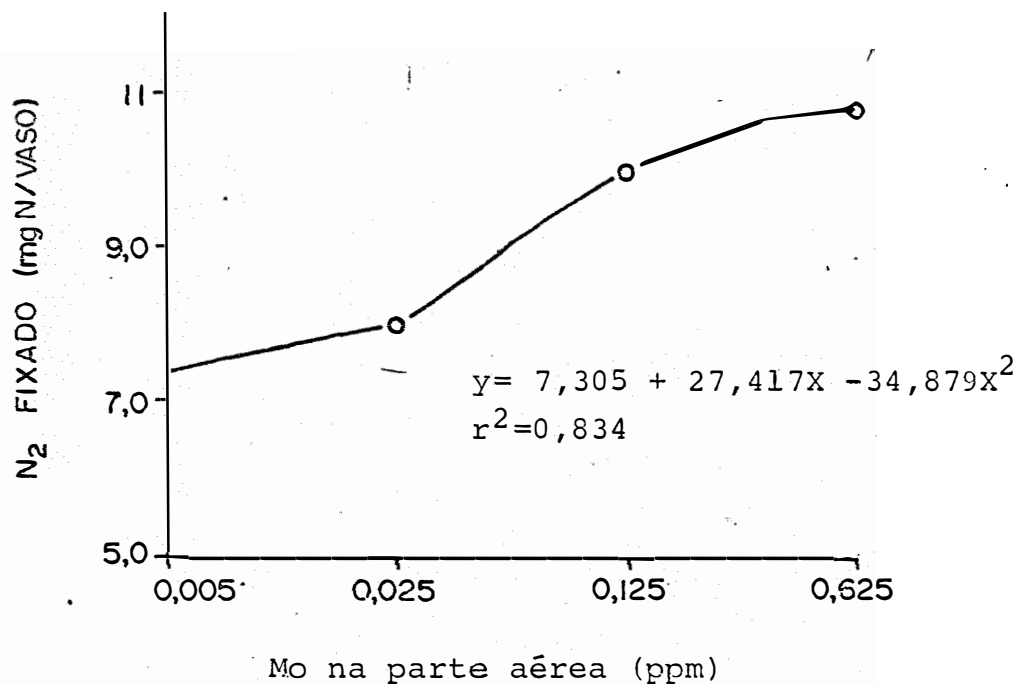


FIGURA 14. Correlação entre os teores de nitrogênio fixado (mg N/vaso) e os conteúdos de molibdênio presentes na parte aérea da soja cultivada no solo LEm, no pH₁ (5,5).

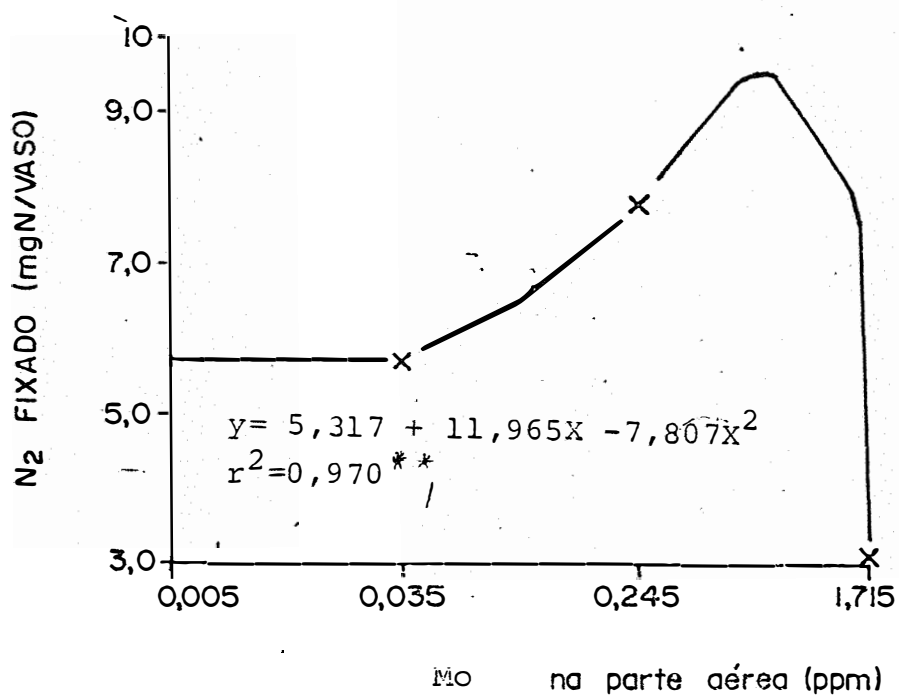


FIGURA 15. Correlação entre os teores de nitrogênio fixado (mg N/vaso) e os conteúdos de molibdênio presentes na parte aérea da soja cultivada no solo LEm, no pH₂ (6,5)

5. CONCLUSÕES

Sob as condições em que o experimento foi conduzido, conclui-se que:

- a. O molibdênio não influenciou significativamente na produção de matéria seca da parte aérea da planta. Apenas no LEa ocorreu resposta positiva.
- b. A eficiência de utilização do fósforo aplicado e os teores de fósforo na parte aérea proveniente do solo tiveram seus valores mais expressivos no LEm na dose de 0,50 ppm de molibdênio.
- c. A eficiência de utilização do enxofre aplicado e os teores de enxofre na parte aérea proveniente do solo diferiram entre os solos ocorrendo efeito antagônico em relação aos níveis de molibdênio apenas no LEm.
- d. Entre os solos observou-se resultados conflitantes em relação ao efeito provocado pela variação do pH nos di

versos parâmetros estudados.

- e. A concentração de molibdênio na parte aérea aumentou li
nearmente com a aplicação das doses do elemento mostran
do-se mais acentuado no nível pH_2 (6,5).
- f. As doses de molibdênio que propiciaram maior fixação sim
biótica de N_2 pela planta foram de 0,50 e 0,75 ppm, no
nível pH_2 (6,5).

6. BIBLIOGRAFIA

- AFRIDI, M.M.R.K. & HEWITT, E.J. The inducible formation and stability of nitrate reductase in higher plants. I. Effects of nitrate and molybdenum on enzyme activity in cauliflower (Brassica oleracea var. 'Botrytis'). Journal of Experimental Botany, Oxford, 15(44):251-271, 1964.
- AHLRICH, L.E.; HANSON, R.G.; MacGREGOR, J.M. Molybdenum effect on alfalfa grown on thirteen Minnesota soils in the Greenhouse. Agron. J., Madison, 55(5):484-486, 1963.
- ANDERSON, A.J. Molybdenum deficiencies in legumes in Australia. Soil Science, Baltimore, 81(3):173-182, 1956.
- ANDERSON, A.J. & MOYE, D.V. Lime and molybdenum in clover development on acid soil. Austr. J. Agr. Research, Melbourne, 3:95-110, 1952.

ANDERSON, A.J. & OERTEL, A.C. Factors affecting the response of plants to molybdenum. Austr. Sci., Melbourne, 198:25-44, 1946.

ANDERSON, A.J. & SPENCER, D. Molybdenum in nitrogen metabolism of legumes and non legumes. Austr. J. Sci. Research, Melbourne, 3:414-430, 1950.

ANDERSON, A.J. & THOMAS, M.P. Plant responses to molybdenum as a fertilizer: Molybdenum and symbiotic nitrogen fixation. Austr. Council Sci. Research Bull., Melbourne 198:7-24, 1946.

ARAÚJO, G.A. de A. Influência do molibdênio e do nitrogênio sobre duas variedades de feijão (Phaseolus vulgaris L.). Viçosa, MG, 1977. 30p. (Dissertação de Mestrado, U.F.V.).

ARNON, D.I. Micronutrients in culture - solution experiments with higher plants. Am. J. Botany, New York, 25:322-325, 1938.

ARNON, D.I. & STOUT, P.R. Molybdenum is an essential element for higher plants. Plant Physiol., Maryland, 14:599-602, 1939.

- ASKEW, H.O.; CHITTENDEN, E.; WATSON, J.; WATERS, A.J. In
fluence of applications of sodium molybdate and ground
limestones on a newly sown pasture. New Zealand J. Agr .
Research, Wellington, 1:874-895, 1958.
- BARSHAD, I. Factors affecting the molybdenum content of
pasture plants. Soil Science, Baltimore, 71:297-313 ,
1951.
- BARROW, N.J. & SHAW, T.C. The slow reaction between soil
and anions: 4. Effect of time and temperature of contact
between soil and molybdate on the uptake of molybdenum
by plants and on the molybdate concentration in the soil
solution. Soil Science, Baltimore, 119(4):301-310, 1975
- BATAGLIA, O.C.; MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKAS, S. Extra
ção e níveis de nutrientes. In: A soja no Brasil. (Eds .
Shiko Miyasaka & Júlio César Medina), 1981, p.168-174.
- BEARD, B.H. & HOOVER, R.M. Effect of nitrogen on nodulation
and yield of irrigated soybean. Agronomy Journal, Madi
son, 63(5):815-816, 1971.
- BELLINTANI NETO, A.M. & LAM-SANCHES, A. Efeito do molibdê-
nio sobre a nodulação e produção de soja (Glycine max(L))

Merrill). Científica, Brasília, 1(1):13-17, 1974.

BERGER, K.C. & PRATT, P.F. Advances in secondary and micro nutrient fertilization. In: M.H.McVicker; G.L. Briger ; L.B. Nelson (Eds). Fertilizer Technology and Usage. Soil Sci. Am., Madison, p.287-340, 1963.

BEYERS, C.P. de L. Lime, molybdenum and copper for dryland lucerne in the winter rainfall region. Agroplanta, London, 1:13-18, 1969.

BONETTI, R. Efeito do N do solo na fixação simbiótica do N₂ e na utilização de fertilizante nitrogenado em soja (Glycine max (L.) Merrill). Piracicaba, CENA/USP, 1982 . 138p. (Dissertação de Mestrado).

BODDEY, R.M.; CHALK, P.; VICTORIA, R.L.; MATSUI, E. The ¹⁵N isotope dilution technique applied to the estimation of biological nitrogen fixation associated with Paspalum notatum cv. 'Batatais' in the field. Soil Biol. Biochem . Oxford, 15(1):25-32, 1983.

BOSWELL, F.C. & ANDERSON, O.E. Effect of time of molybdenum application on soybean yield and on nitrogen, oil , and molybdenum contents. Agron.J., Madison, 61(1):58-60, 1969.

BORTELS, H. The effect of molybdenum and vanadium compounds on leguminosae. Arch. Mikrobiol., Berlin, 8:13-26, 1937.

BRAGA, J.M. Resposta do feijoeiro 'Rico-23' à aplicação de enxofre, boro e molibdênio. Revista Ceres, Viçosa, 19 (103):222-226, 1972.

BRAY, G.A. A simple efficient liquid scintillator for counting aqueous solution in a liquid scintillation counter. Anal. Biochem., Washington, 1:279-85, 1960.

BREMNER, J.M. Use of nitrogen-tracer techniques for research on N-fixation. In: Ayanaba, A. e P.J. Dart (Eds.) Biological nitrogen fixation in forming systems of the tropics. New York, John Wiley, p.335-352.

BUL, F. & NUTMAN, P.S. Experiment on nitrogen fixation by nodulated lucerne. Plant and Soil, The Hague (special volume):231-264, 1971.

BURRIS, R.H. Biological nitrogen fixation. Annual Review of Plant Physiology, New York, 17:155-184, 1966.

CAMPO, R.J.; LANTMAN, A.F.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. Efeito da aplicação de micronutrientes sobre a fixação simbiótica

tica de nitrogênio. p.307-312. In: Resultados de Pesquisa de Soja. 1984/1985. Londrina, PR. 491p., 1985.

CANDELA, M.I. & HEWITT, E.J. Molybdenum as a plant nutrient IX. The effects of different molybdenum and manganese supplies on yield and on the uptake and distribution of molybdenum in tomato plants grown in sand culture. J. Hort. Sci., Madrid, 32:149-161, 1957.

CAREL, A.B. & WIMBERLY, J.W. An improved method for the determination of molybdenum in plants, soils and rocks . Anal. Lett. New York, 15:493-505, 1982.

CATANI, R.A.; ALCARDE, J.C.; FURLANI, P.R. A determinação do teor total e do teor solúvel, em diversas soluções de molibdênio do solo. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz" , V.XXVII, 1970, p.171-180.

CHENG, B.T. & QUELLETTE, G.J. Molybdenum nutrition in oats as affected by organic amendments, nitrogen fertilizers and limestone. Naturalist Can., Quebec, 97:535-552,1970.

CHENG, B.T. & QUELLETTE, G.J. Molybdenum as a plant nutrient. Soil & Fertilizers, Quebec, 36:207-215, 1973.

- CLAYTON, E.E. Investigations of cauliflower diseases on long island. N.Y. State Agr. Expt. Sta Bull, 506p. 1924.
- CUNNINGHAM, I.J. & HOGAN, K.G. Molybdenum content of pasture after top-dressing with molybdate. N.Z.J.Sci.Technol. , Lincoln, A33:248-267, 1956.
- DAS GUPTA, D.K. & BERA, G.S. Effect of molybdenum on nitrogen utilization in rice. Fertilizers News, Calcutá, 17: 89-90, 1972.
- DAS GUPTA, D.K. & BASUCHAUDHURI, P. Effect of molybdenum on the nitrogen metabolism of rice. Expl. Agric., London , 10:251-255, 1974a.
- DAS GUPTA, D.K. & BASUCHAUDHURI, P. A method to increase protein content in rice. Current Sci, Bangalore, 43:495-496, 1974b.
- DAS GUPTA, D.K. & BASUCHAUDHURI, P. Molybdenum nutrition of rice under low and high nitrogen level. Plant and Soil. The Hague, 46:681-685, 1977.
- DAVIES, E.B. Factors affecting molybdenum availability in soils. Soil Sci, Baltimore, 81:209-221, 1956.

- DAWSON, M.D. & BHELLA, H.S. Subterranean clover (Trifolium subterraneum) yield and nutrients content as influenced by soil molybdenum status. Agron.J., Madison, 64:308 - 311, 1972.
- DeMOOY, C.J. Molybdenum for better soybean yields. Crop and Soils Magazine, New York, 11-13, 1970a.
- DeMOOY, C.J. Molybdenum response of soybean (Glycine max (L.) Merrill) in Iowa. Agron. J., Madison 62(2):195-197, 1970b.
- EVANS, H.J. Role of molybdenum in plant nutrition. Soil Sci Baltimore, 81(3):199-208, 1956.
- EVANS, H.F.; PURVIS, E.R.; BEAR, F.E. Colorimetric determination of molybdenum by means of nitric and perchloric acids. Anal. Chem., Washington, 22(12):1568-1569, 1950.
- EVANS, H.F.; PURVIS, E.R.; BEAR, F.E. Molybdenum nutrition of alfalfa. Plant Physiol, Maryland, 25:555-566, 1950.
- FLEMING, G.A. Trace elements in plant with particular reference to pasture species. Outlook on Agriculture, Wexford, 4(6):270-285, 1965.

FLEMING, G.A. Essencial micronutrient. I. Boron and molybdenum. In: Davies, E.B. (Ed.) . Applied soil trace elements. John Wiley & Sons Ltda, New York, 1980, p.155-197.

FONTES, R.R.; LIMA, J. de A.; TORRES, A.C.; CARRIJO, O.A. Efeito da aplicação de Mg, B, Zn e Mo na produção de alface . Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB), Brasília, 17(2) : 171-175, 1982.

FONSECA, S.M. Fixação biológica de N₂ e absorção de ¹⁵N mineral em variedades de feijoeiro (Phaseolus vulgaris). Piracicaba, SP, 1985, 109p (Dissertação de Mestrado ESALQ/USP).

FOY, C.D. & BARBER, S.A. Molybdenum response of alfalfa on Indiana soils in the greenhouse. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 23:36-39, 1959.

FRANÇA, G.E.de; BAHIA FILHO, A.F.C.; CARVALHO, M.M. de. Influência do magnésio, micronutrientes e calagem no desenvolvimento e fixação simbiótica de nitrogênio na soja perene var. 'Tinarco' (Glycine wightii) em solo de cerrado. Pesq. agropec. Bras., Brasília, Série Agron. 8(8):197-202, 1973.

FRANÇA, G.E., de & CARVALHO, M.M. Ensaio exploratório de fertilidade de cinco leguminosas tropicais em um solo de cerrado. Pesq. agropec. Bras., Brasília, Sér. Agron. 5:147-153, 1970.

FREITAS, L.M.M. de; McCLUNG, A.C.; LOTT, W.L. Experimentos de adubação em dois solos de campo cerrado. Bol. nº 21 , IBEC, Res.Inst., Matão, 1960.

FRENEY, J.R. & LIPSETT, J. Yield depression in wheat due to high nitrate applications, and its alleviation by molybdenum. Nature, Canberra, 205:616, 1965.

FRICKE, E.F. Molybdenum deficiency: Field experiments at Cressy. Tasm. J. Agric., Hobart, 15:65-70, 1944.

FRIED, M. & MELLADO, L. A method for determining the amount of nitrogen fixed in the field using ^{15}N . In: Abstracts and poster session int symp. Limitations and Potential Nitrogen Fixation in the Tropics. Brasília, 1978.

FRIED, M. & MIDELBOE, V. Measurement of amount of nitrogen fixed by a legume crop. Plant and Soil, The Hague, 47: 713-715, 1977.

GALLETTI, P.; FRANCO, A.A.; AZEVEDO, H.; DOBEREINER, J. Efeito da temperatura do solo na simbiose da soja anual. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, Série Agronomia. 6(3):1-8, 1971.

GIDDENS, J. & PERKINS, H.F. Influence of molybdenum on growth and composition as alfafa and distribution of molybdenum in a Cecil leond soil. Soil Sci. Soc. Prod., Morgantown, 24:496-497, 1960.

GLÓRIA, N.A. Sobre uma modificação na determinação de molibdênio em plantas. An. E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 20:3-12, 1963.

GOH, K.M.; EDMEADS, D.C.; ROBINSON, B.W. Field measurement of symbiotic nitrogen fixation in an established pasture using acetylene reduction and a ^{15}N method. Soil Biol. Biochem., Oxford, 10:13-20, 1978.

GREENWOOD, E.A.N. & HALLSWORTH, E.G. Studies on the nutrition of forage legumes. Plant and Soil, The Hague, 12:97-127, 1960.

- GRIGG, J.L. A rapid method for the determination of molybdenum in soils. Analyst, Londres, 78:470-473, 1953a.
- GRIGG, J.L. Determination of the available molybdenum of soils. N.Z.J.Sci. Tech., Lincoln, A34:405-414, 1953b.
- GUIMARÃES, J.A.P. Resposta da soja (Glycine max (L.) Merrill) a aplicação de nitrogênio no solo. Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1974, 67p. (Dissertação de Mestrado).
- GUPTA, U.C. Effect and interaction of molybdenum and limestone on growth and molybdenum content of cauliflower, alfalfa and bromegrass on acid soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 33:929-932, 1969.
- GUPTA, U.C. & CUTCLIFFE, J.A. Influence of phosphorus on molybdenum content of brussels sprouts under field and greenhouse conditions and on recovery of added molybdenum in soil. Can. J. Soil Sci., Ottawa, 48:117-123, 1968.
- GUPTA, U.C. & MacLEOD, L.B. Effects of sulfur and molybdenum on the molybdenum copper and sulfur concentration of forage crops. Soil Sci., Baltimore, 119(6):441-447, 1975.

- GUPTA, U.C. & MacKAY, D.C. Crop responses to applied molybdenum and copper on Podzol soils. Can J. Soil Sci., Ottawa, 48:235-242, 1968.
- GUPTA, U.C. & MUNRO, D.C. Influence of sulfur, molybdenum and phosphorus on chemical composition and yields of Brussels sprouts and of molybdenum on sulfur contents of several plant species in the greenhouse. Soil Science, Baltimore, 107:114-118, 1969.
- GURLEY, W.H. & GIDDENS, J. Factors affecting uptake yield response and carry over of molybdenum in soybean seed . Agron. J., Madison, 61(1):7-9, 1969.
- HAGSTROM, G.R. & BERGER, K.C. Molybdenum status of three wisconsin soils and its effects on four legume crops. Agron. J., Madison, 55:399-401, 1963.
- HALEY, L.E. & MELSTED, S.W. Preliminary studies of molybdenum in Illinois soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 21:316-319, 1957.
- HAM, G.E. Use of ^{15}N in evaluating simbiotic N_2 fixation of field - grown soybeans. In: IAEA. Isotopes in biological dinitrogen fixation. Viena, 1978. p.151-162.

- HARDARSON, A.D.; ZAPATA, G.W.; DANSO, G.F. Field evaluation of symbiotic nitrogen fixation by rhizobial strains using ^{15}N methodology. In: Breeding legumes for enhanced symbiotic nitrogen fixation. G.Hardarson, T.A. Lie (Eds). p-369-375, 1984.
- HARPER, J.E. Soil and symbiotic nitrogen requirements for optimum soybean production. Crop Science, Madison, 14:255-260, 1974.
- HARRIS, H.B.; PARKER, M.B.; JOHNSON, B.J. Influence of molybdenum content of soybeans seed and other factors associated with seed source on progenie to applied molybdenum. Agron. J., Madison, 57:397-399, 1965.
- HEWITT, E.J. & GUNDRY, C.S. The molybdenum requirement of plants in relations to nitrogen supply. J. Hort. Sci. New York, 45:351-358, 1970.
- HEWITT, E.J. Metal interrelationships in plant nutrition . II. The relation of metal toxicity, molybdenum and nitrogen source to chlorophyll and magnesium content of beet in sand culture. J. Exp. Bot., Oxford, 5:110, 1954.

- JAMES, D.W.; JACKSON, T.L.; HARWARD, M.E. Effect of molybdenum and lime on the growth and molybdenum content of alfalfa grown on acid soils. Soil Sci., Baltimore, 105(6) : 397-402, 1968.
- JARREL, W.M. & DAWSON, M.D. Sorption and availability of molybdenum in Illinois. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 42(3):412-415, 1978.
- JOHNSON, C.M. Molybdenum. In: H.D. Chapman (Ed.). Diagnostic criteria for plants and soils. p.286-301, Univ. of California, Riverside, 1966.
- JOHNSON, C.M. & ARKLEY, T.H. Determination of molybdenum in plant tissue. Anal. Chem., Washington, 26:572-574, 1954.
- JOHNSON, H.W.; MEANS, U.M.; WEBER, C.R. Competition for nodule sites between strains of Rhizobium japonicum applied as inoculum and strains in the soil. Agron. J., Madison , 57(2):179-185, 1965.
- JUNQUEIRA NETO, A.; SANTOS, O.S., dos; AIDIR, H.; VIEIRA, C. Ensaio preliminar sobre a aplicação do molibdênio e do cobalto na cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.) . Revista Ceres, Viçosa, 24(136):628-633, 1977.

KAMPRATH, E.J. Nutrition in relationship to soybean fertilization. In: American Soybean Association. Soybean; production, marketing and use. Alabama (Bulletin y-69) 32p 1974.

KHARASCH, M.S.; LEGAULT, R.R.; WILDER, A.B.; GERARD, R.W . Metal catalysts in biological oxidations. I. The simple system; Thioglycic acid, Buffer, metal, dithiol. Journal Biol. Chem., Oxford, 113:537-555, 1936.

KIRSCH, R.K.; HARWARD, M.E.; PETERSON, R.G. Interrrelationsship among iron, manganese and molybdenum in the growth and nutrition of tomatoes grown in culture solution . Plant and Soil, The Hague, 12(3):259-275, 1960.

KLIEMER, W.M. & KENNEDY, W.K. Studies on response of legumes to molybdenum and lime fertilization on Mardin Silt Loam Soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 24:377-80, 1960.

KUBOTA, J. & CARY, E.E. Cobalt, molybdenum and selenium . In: Page, A.L.; Miller, K.H.; Keeney, D.R. (Eds). Methods of soil analysis. Part 2. American Society of Agronomy Inc., Madison, 1982, pg485-498.

KUBOTA, J.; LAZAR, V.A.; LANGAN, L.N.; BEESON, K.C. The relationship of soil to molybdenum toxicity in cattle in Nevada. Soil Sci.Soc. Am. Proc., Madison, 25:227-232, 1961.

KUBOTA, J.; LEMON, E.R.; ALLAWAY, W.H. The effect of soil moisture content upon the uptake of molybdenum, copper and cobalt by alsike clover. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison 27:679-683, 1963.

KUMAR, V. & SINGH, M. Interactions of sulfur, phosphorus and molybdenum in relations to uptake and utilization of phosphorus by soybean. Soil Sci., Baltimore, 130(1):26-30 , 1980.

LANTMANN, A.F.; CAMPO, R.J.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. Efeito da aplicação de micronutrientes na produção de soja em Campo Mourão e Londrina, PR, p.302-303. In: RESULTADOS DA PESQUISA DE SOJA 1984/1985. Londrina, PR, (EMBRAPA-CNPSO - DOCUMENTO-15). 491p. 1985a.

LANTMANN, A.F.; CAMPO, R.J.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. Efeito de micronutrientes na produção de soja em Guarapuava e Campo Mourão, PR, p.305. In: RESULTADOS DE PESQUISA DE SOJA 1984/1985. Londrina, PR. (EMBRAPA-CNPSO-DOCUMENTO-15) . 491p. 1985b.

LANTMANN, A.F.; CAMPO, R.J.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. Efeito da aplicação de micronutrientes na produção de soja em Ponta Grossa, PR, p.306. In: RESULTADOS DE PESQUISA DE SOJA 1984/1985. Londrina, PR. (EMBRAPA-CNPSO-DOCUMENTO-15) . 1985c.

LAVY, T.L. & BARBER, S.A. Movement of molybdenum in the soil and its effects on availability to the plant. Soil Sci.Soc. Am. Proc., Madison, 28:93-97, 1964.

LAVY, T.L. & BARBER, S.A. A relationship between the yield response to soybeans to molybdenum applications and the molybdenum content of the seed produced. Agron. J., Madison, 55:154-155, 1963.

LEE, C.T.; TANG, W.T.; TSAI, W.F. The response of various liming rates and molybdenum seed treatments on soybean yield chemical composition and uptake of N, P, K, Ca and Mo. J. Agric. Assn. China, Taiwan, 59:65-76, 1967.

LEWIS, A.H. The teart pastures of somerset. III. Reducing the teartness of pasture herbage. J. Agric. Sci., Cambridge 33:58-63, 1943.

LONG, O.H.; OVERTON, J.R.; McCUTCHEN, T.; SAFLEY, L.M. Molybdenum in soybeans. Tennessee Farm. Home Sci. Prog. Rep. Tennessee, 55:10-12, 1965.

LOWE, R.W. & MASSEY, H.F. Hot water extraction for available soil molybdenum. Soil Sci., Baltimore, 100:238-243, 1965.

LYNCH, P.B.; DAVIES, E.B.; McNAUGHT, K.J. Methods of assessing the adequacy of plant nutrition, with special reference to permanent pasture. Proc. Brit. Common wealth Sci. Offic. Conf., Specialist. Conf. in Agr. Austr., 1949. pp.168-178, 1951.

MACHADO, J. dos S. et alii. Efeitos do fósforo, molibdênio e cobalto sobre o feijoeiro comum (Phaseolus vulgaris), cultivado em oxissolos. Cienc. Prat., Lavras, 3(2):101-106, 1979.

MAGEE, C.J. Whiptail disease of cauliflower can be almost eliminated by liming. Agr. Gaz. N.S. Wales, 44:911-914, 1933.

MALAVOLTA, E. Manual Agrícola - Adubos e Adubação, 3a edição Biblioteca Agronômica Ceres Ltda, São Paulo, 596p., 1981.

MARMOY, F.B. Determination of molybdenum in plant materials. J. Soc. Chem. Ind., London, 58:275, 1939.

MARTINS, O. & BRAGA, J.M. Caracterização da fertilidade de cinco latossolos sob vegetação de cerrado no Triângulo Mineiro. Revista Ceres, Viçosa, 24(136):596-607, 1977.

McAULIFFE, C.; CHAMBLEE, D.S.; URIBE-ARANGO, H.; WOODHOUSE, W.W. Influence of inorganic nitrogen fixation by legumes as revealed by ^{15}N . Agronomy Journal, Madison, 50:334-47, 1958.

MEDEIROS, J.X. de. Determinação de molibdênio em material de plantas por extração em solventes em fluxo contínuo. Piracicaba, SP, 104p. 1979 (Dissertação de Mestrado ESALQ/USP)

MELLO, F. de A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; NETTO, A.C.; KIELH, J.C. Fertilidade do Solo. Livraria Nobel S.A. Ed. e Distribuidora, São Paulo, 400p., 1983.

MELSTED, S.W.; MOTTO, H.E.; PECK, T.R. Critical plant nutrient composition values useful in interpreting plant analysis data. Agron. J., Madison, 61:17-20, 1969.

MEURER, E.J.; MAWANG, G.; WANG, S.R. Função dos nutrientes e sintomas de deficiência, p.156-167. In: A soja no Brasil. Eds: Shiro Miyasaca & Júlio César Medina, 1981.

MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A. Adubação da soja. III. Efeito do NPK e do enxofre e de micronutrientes em solo de arenito de Botucatu com vegetação de cerrado. Bragantia, Campinas, 23(7):65-71, 1964.

MORTENSON, L.E. None heme iron protein: role in energy conversation. p.243-259. A. San Pierro (Ed.), Antioch Press Yellow Springs, Ohio, 1965.

MORTENSON, L.E. Components of cell-free extracts of Clostridium pasteurianum required for ATP dependent H_2 evolution from dithionite and for N_2 fixation. Biochim. Biophys. Acta 127:18-25, 1966.

MULDER, E.G. Molybdenum in relation to growth of higher plants and microorganisms. Plant and Soil, The Hague, 5:368-415, 1954.

NASCIMENTO Fº, V.F. & LOBÃO, A.O. Detecção de P-32 em amostras de origem animal e vegetal por efeito 'Cerenkov'. ,

cintilação líquida e detector GM . Boletim Científico ,
BC-48, Piracicaba, CENA/USP, 1977.

NICHOLAS, D.J.D. & NASON, A. Molybdenum and nitrate reductase. II. Molybdenum as a constituent of nitrate reductase. The Journal of Biological Chemistry, Baltimore, 207:353-360, 1954.

OERTEL, A.C.; PRESCOTT, J.A.; STEPHENS, C.S. The influence of soil reaction on the availability of molybdenum to Subterranean Clover. Austr. J. Sci., Melbourne, 9:27-28, 1946.

PAL, U.R.; GOSSET, D.R.; SIMS, J.L.; LEGGETT, J. Molybdenum and sulfur nutrition on nitrate reduction in Burley Tobacco. Can J. Bot., Ottawa, 54:2014-2022, 1976.

PARKER, M.B. & HARRIS, H.B. Soybean response to molybdenum and lime and the relationship between yield and chemical composition. Agr. J., Madison, 54(6):480-483, 1962.

PASRICHA, N.S. & RANDHAWA, N.S. Interaction effect of sulfur and molybdenum on the uptake and utilization of these elements by raya (Brassica juncea L.). Plant and Soil, The Hague, 37:215-220, 1972.

- PEDROSA, F.D.O.; NASCIMENTO, A.J. do; ALVAHYDO, R.; DOBEREINER, J. Teores de leg-hemoglobina e de molibdênio nos nódulos de soja (Glycine max) inoculada com estirpes de Rhizobium japonicum de eficiência normal e excepcional. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, Série Agrônômica, 5(3):373-379, 1970.
- PESSENDA, L.C.R. Determinação espectrofotométrica catalítica de molibdênio em digeridos vegetais com emprego de resina de troca iônica em sistema de injeção em fluxo. Piracicaba, SP, 73p., 1987 (Tese Doutorado ESALQ/USP).
- PIPER, C.S. & BECKWORTH, R.S. A new method for determination of small amounts of molybdenum in plants. J. Sci. Chem. Ind. Oxford, 67:374-378, 1948.
- PLANT, W. Use of lime and sodium molybdate for the control of whiptail in brocoli. Nature, London, 165:533-534, 1950.
- PROGRAMA INTEGRADO DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Programa Soja, Belo Horizonte, MG, 42p. 1973.
- PODZOLKINA, A.K. Effect of phosphorus fertilizers on molybdenum uptake by plants. Agrokhimiya, Japão, 11:91-4, 1966.

- PURVIS, E.R. & PETERSON, N.K. Methods of soil and plant analysis for molybdenum. Soil Sci., Baltimore, 81(3):223-28 1956.
- QUELLETTE, G.J. Effects of lime, nitrogen and phosphorus on the response of Ladino clover to molybdenum. Can. J. Soil Sci., Baltimore, 43:117-122, 1963.
- REISENAUER, H.M. Molybdenum. In: Black, C.A. (Ed.). Methods of soil analysis, chemical and microbial properties. Amer Soc. Agron., Madison, p.1050-1058, 1965.
- REISENAUER, H.M. Relative efficiency of seed-and-soil-applied molybdenum fertilizer. Agron. J., Madison, 55:459-460, 1963
- REISENAUER, H.M.; TABIKH, A.A.; STOUT, P.R. Molybdenum reactions with soils and the hydrous oxides of iron, aluminum and titanium. Soil Sci. Am. Proc., Madison, 26:23-27, 1963.
- RENNIE, R.J.; RENNIE, D.A.; FRIED, M. Concepts of ^{15}N usage in dinitrogen fixation studies. In: Isotopes in Biological Dinitrogen Fixation (IAEA-Vienna) p.107-133, 1978.
- RENNIE, R.J. Comparison of ^{15}N aided methods for determining symbiotic dinitrogen fixation. Rev. Ecol. Biol. Soil N.York

16:455-468, 1979.

RENNIE, R.J. & KEMP, G.A. N₂-fixation in field beans quantified by ¹⁵N isotope dilution. I. Effect of strains of Rhizobium phaseoli. Agronomy Journal, Madison, 75:640-44 1983a.

RENNIE, R.J. & KEMP, G.A. Dinitrogen fixation in pea beans (Phaseolus vulgaris) as affected by growth stage and temperature regime. Can. J. Bot., Ottawa, 59(7):1181-1188 , 1983b.

REZENDE, P.M. de; LIMA, L.A. de P.; NETTO, A.J. Efeitos de inoculantes, molibdênio e nitrogênio sobre a nodulação , produção de grãos e outras características de soja (Glycine max (L.) Merrill) em solo sob cerrado. Cienc. Prat., Lavras, 3(2):140-157, 1979.

ROGERS, H.T. Soybean Production; recent research findings . Alabama, Agricultural Experiment Station/Auburn University, (Bulletin, 413), 75p., 1971.

ROLT, W.F. Some effects of lime and molybdenum on the growth of white clover in a tea clay. New Zealand J. Agr. Res. , Wellington, 11:193-205, 1968.

RUSCHEL, A.P.; BRITTO, D.P.P.; DOBEREINER, J. Fixação de nitrogênio atmosférico em feijão (Phaseolus vulgaris (L.) . II. Influência do magnésio, do boro, do molibdênio e da calagem. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 1:141-145, 1966.

RUSCHEL, A.P. & EIRA, P.A. Fixação simbiótica do nitrogênio na soja (Glycine max (L.) Merrill): Influência da adição de cálcio ao solo e molibdênio ao revestimento da semente. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 4:103-107 , 1969.

RUSCHEL, A.P.; ROCHA, A.C. de M.; PENTEADO, A. de F. Efeito do boro e do molibdênio aplicados a diferentes revestimentos de sementes de feijão (Phaseolus vulgaris L.). Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 5:49-52, 1970.

RUSCHEL, A.P.; VOSE, P.B.; VICTÓRIA, R.L.; SALATI, E. Comparison of isotope techniques and non-nodulating isolines to study the effect of ammonium fertilization on dinitrogen fixation in soybean, Glycine max. Plant and Soil. The Hague, 53:513-525, 1979.

RUSCHEL, A.P.; VOSE, P.B.; MATSUI, E.; VICTORIA, R.L.; SAITO, S.M.T. Field evaluation of N₂-fixation and N-utilization

by Phaseolus bean varieties determined by ^{15}N isotope dilution. Plant and Soil, The Hague, 65:397-407, 1982.

SAITO, S.M.T. Relações entre fixação de $^{15}\text{N}_2$, evolução de H_2 e redução de C_2H_2 em feijoeiro (Phaseolus vulgaris L) Piracicaba, 96p., 1980 (Tese Doutorado ESALQ/USP).

SANTOS, A.B. dos; BRAGA, V.C.; LOURDES, E.G.; BRAGA, J.M. ; THIEBAUT, J.T.L. Resposta do feijoeiro (Phaseolus vulgaris, L.) ao molibdênio e ao cobalto em solos de Viçosa e Paulo Candido, MG. Revista Ceres, Viçosa, 26(143):92 - 101, 1979.

SANTOS, H.L., dos; BRAGA, J.M.; RESENDE, M.; CHAVES, J.R.P. Efeito de zinco, boro, molibdênio e calagem na produção de soja perene (Glycine javanica L.) cultivada em solo de cerrado, em condições de casa de vegetação. Revista Ceres Viçosa, 27(150):99-111, 1980.

SANTOS, H.L. Efeitos de zinco, boro, molibdênio e calagem na soja perene (Glycine javanica L.) em solos sob vegetação de cerrado, em condições de estufa. 1970. UFV (Tese UFV, Viçosa, MG).

71(1):75-78, 1979.

SIMS, J.L. & ATKINSON, W.S. Soil and plant factors influencing accumulation of dry matter in Burley Tobacco in soil made acid by fertilizers. Agron. J., Madison, 66:775-78, 1974.

SINGH, B.P. Effect of phosphorus, molybdenum and seed treatment on the weight, uptake of nitrogen yield, and quality of wheat. Indian J. Agric. Chem., New Dehli, 2:83 - 87, 1969.

SIQUEIRA, C. & VELLOSO, A.C. Adsorção de molibdato em solos sob vegetação de cerrados. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 2:24-28, 1978.

SOBACHKINA, L.N. & VASILENKO, N.G. Relation between Mo and phosphate nutrition of Brussels sprouts. DOKL. MOSK. Sel' Shokhoz. Kad. , Baltimore, 88:389-394. In: Chem. Abstr . 64:2704-1966, 1963.

STEINBERG, R.A. Role of molybdenum in the utilization of ammonium and nitrate nitrogen by Aspergillus niger. J. Agric. Res., Washington, 55:891-902, 1937.

- SELEVTSOVA, G.A. Effect of prolonged use of mineral fertilizers and dung on molybdenum in desno-podzolic soil. Agrokimiya, Japão, 74-80, 1969.
- SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da margem direita do Rio Paraná-GO. Boletim de Pesquisa nº 23, RJ, 1983.
- SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo, RJ, Ministério da Agricultura, Boletim nº 12, 643p, 1960.
- SHUKLA, O. & PATHAK, A.N. Effect of molybdenum, phosphorus and sulfur on yield and composition of berseem in acid soils. J. Indian Soc. Soil Sci., Kampur, 21:187-192, 1973.
- SIMS, J.L.; AIKINSON, W.O.; SMITTOBOL, C. Mo and N effects on growth, yield and Mo composition of Burley Tobacco. Agron. J., Madison, 65:824-828, 1975.
- SIMS; J.L.; LEGETT, J.E.; PAL, U.R. Molybdenum and sulfur interaction effects on growth, yield and selected chemical constituents of Burley tobacco. Agron.J., Madison,

STEPHENS, C.G. The influence of pedological age and parent material on the nutritional status of certain Australian Soils. Proc. B. Pec. Conf. Plant and Animal Nutrition, Aus., 1949: 51-57, 1951

STOUT, P.R.; MEAGHER, W.R.; PEARSON, G.A.; JOHNSON, C.M. Molybdenum nutrition of crops plant. Plant and Soil. The Hague, 3:61-87, 1951.

STOUT, P.R. & JOHNSON, C.M. Molybdenum deficiency in horticultural and field crop. Soil Science, Baltimore, 81: 219-224, 1956.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. Análises de solo e plantas e outros materiais. Boletim Técnico nº 5, UFRGS, 188p., 1985.

TRIVELIN, P.C.; SALATI, E.; MATSUI, E. Preparo de amostras para análise de ^{15}N por espectrometria de massa. CENA , Boletim nº 2, 4lp, 1973.

TURNER, F. & McCCAL, W.W. Studies on crop response to molybdenum and lime in Michigan. Michigan Agr. Exp. Sta. Bull, 40:268-281, 1957.

VEGA, J.M. Role of molybdenum in nitrate reduction by *Chorella*. Plant Physiol., Maryland, 48:294-299, 1971.

VOSE, P.B. Introduction to nuclear techniques in agronomy and plant biology. International Atomic Energy Agency , Vienna, 391p., 1980.

VOSE, P.B.; RUSCHEL, A.P.; SALATI, E. Determination of N_2 -fixation, specially in relation to the employment of nitrogen-15 and of natural isotope variation. In: II Latin American Botanical Congress, Brasilia, 1978, 10p . (Mimeografado).

VOSE, P.B. & VICTORIA, R.L. Re-examination of the limitations of ^{15}N isotope dilution technique for the field measurement of dinitrogen fixation. Presented at special ^{15}N Symposium A.S.A. Annual Meeting, Washington, D.C. , 1983, 25p.

WALKER, T.W.; ADAMS, A.F.R.; ORCHISTON, H.D. The effects and interactions of molybdenum, lime and phosphate treatments on the yield and composition of white clover, grown on acid, molybdenum responsive soils. Plant and Soil. The Hague, 6(2):201-220, 1955a.

- WALKER, T.W.; ADAMS, A.F.R.; ORCHISTON, H.D. The effects and interactions of sulfur, phosphorus and molybdenum on the growth and composition of clovers. New Zealand J. Sci. Technol., Quebec, 36a:470-482, 1955b.
- WARINGTON, K. Some interrelationships between manganese , molybdenum and vanadium in the nutritium of soybean, flax and oats. Ann. Appl. Biol., Warwicer, 38:624, 1951.
- WESTERMANN, D.T. & KOELAR, J.J. Symbiotic N_2 (C_2H_2) fixation by beans. Crop Sci, Madison, 18:986-990, 1978.
- WIDDOWON, J.P. Molybdenum uptake by french beans on two recent soils. New Zealand J. Agr. Res., Wellington, 9:59-67 1966.
- WILLIAMS, C. & THORNTON, J. The use of soil extractants to estimate plant-available molybdenum an selenium in potentially toxic soils. Plant and Soil, The Hague, 39:149 - 159, 1973.
- WRIGHT, R.J. & HOSSNER, L.R. Molybdenum release from three Texas soils. Soil Sci., Baltimore, 138(5):374-477, 1984.

WYNNE, K.N. & McCLUMONT, C.L. Copper-molybdenum-sulfato interaction in induction of hypocuprosis. Nature, London , 175:471-472, 1955.

YOUNGE, O.R. & TAKAHASHI, M. Response of alfafa to molybdenum in Hawaii. Agron. J., Madison, 45:420-428, 1953.

ZAMBOLIM, L.; SEDIYAMA, C.S.; RIBEIRO, A.C.; CHAVES, G.M. Efeito de fungicidas protetores e sistêmicos e molibdênio, na emergência, produção e fixação simbiótica de nitrogênio em soja (Glycine max (L.) Merrill). Revista Ceres, Viçosa, 22(124):440-448, 1975.