

## APLICAÇÃO DE NÍVEIS DE ENXOFRE, NA FORMA DE GESSO, PARA CULTIVO DE LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS (1)

(Effects of levels of sulphur as gypsum for the growth of forage legumes in the State of São Paulo, Brazil)

FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO (2), JOSÉ MONTEIRO CARRIEL (2), LEILA MARTINS (3),  
JOSALBA VIDIGAL DE CASTRO (4) e TJIAN HING LIEM (5)

**RESUMO:** Em experimento de vasos conduzido em casa de vegetação do Instituto de Zootecnia, em Nova Odessa (SP), foram cultivados o siratro, a galáxia, a soja-perene e a centrosema, em um solo Areia Quartzosa de Brotas e em um Podzólico Vermelho-Amarelo — variação Laras de Nova Odessa, no período de novembro de 1976 a janeiro de 1977. Foram estudados cinco níveis de enxofre (0; 30; 60; 90 e 120kg/ha), aplicados na forma de gesso. Adotou-se o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. As respostas mais expressivas aos níveis de gesso, em termos de produção de matéria seca, quantidade total de nitrogênio e nodulação, foram verificadas com o siratro no solo de Brotas. Os valores máximos para essas variáveis devem ser obtidos com aplicações em torno de 76 a 86kg de enxofre por hectare. A dose de gesso equivalente a 60kg de S/ha incrementou significativamente a nodulação da galáxia no solo de Brotas, com tendências de aumentar a produção de matéria seca e a quantidade total de nitrogênio (na galáxia) quando comparado com o tratamento de nível zero de gesso. Durante o período experimental, ocorreu mineralização de matéria orgânica que poderia ter liberado enxofre mineral e limitado a verificação de mais respostas aos níveis de gesso, especialmente no solo de Nova Odessa. O gesso proporcionou redução no pH do solo que recebeu calagem para neutralizar o alumínio trocável e fez aumentar os níveis de cálcio trocável do solo, independentemente do nível de calagem aplicado. Na centrosema e na galáxia desenvolvidas no solo de Brotas, ocorreram deformações nos folíolos, não relacionadas aos tratamentos estudados e semelhantes às obtidas com aplicação de herbicida à base de 2,4-D.

### INTRODUÇÃO

O enxofre, constituinte dos aminoácidos cistina, cisteína e metionina, de proteínas e de coenzimas que ocorrem nas plantas, é absorvido pelas raízes, nas condições de solo, predominantemente na forma de sulfato (EPSTEIN<sup>4</sup>). Todavia, a maior parte do enxofre contido nos solos tropicais não fertilizados está na forma orgânica, e generalizadas deficiências e respostas a enxofre têm sido relatadas nesses solos (SANCHES<sup>13</sup>). De acordo com MALAVOLTA<sup>9</sup>, a carência desse elemento para as plantas tem-se mostrado com frequência crescente devido à exploração de novas áreas onde a reserva no solo é aparentemente pequena (como nos cerrados) e ao uso de adubos concentrados sem quantidades adequadas de enxofre.

Para as leguminosas, ANDREW<sup>2</sup> menciona que o enxofre é um elemento importante para o metabolismo do nitrogênio e que não há evidências de seu papel direto no processo de fixação de nitrogênio. Neste sentido, ROBSON<sup>12</sup> acrescenta que, embora o enxofre seja componente da nitrogenase (enzima fixadora do nitrogênio), o requerimento desse elemento para o metabolismo do nitrogênio é maior fora do que dentro do nódulo.

JONES et alii<sup>7</sup> estudaram, entre outros tratamentos, os efeitos do enxofre aplicado à base de 60kg de S/ha, em oito leguminosas forrageiras cultivadas num Latossolo Vermelho de campo cerrado. Na omissão do elemento, verificaram significativa

(1) Parte do Projeto IZ-475. Realizado com recursos parciais do acordo IZ/Ultrafertil S.A., Indústria e Comércio de Fertilizantes. Recebido para publicação a 19 de abril de 1982.

(2) Da Seção de Nutrição de Plantas Forrageiras, Divisão de Nutrição Animal e Pastagens.

(3) Estagiária da Seção de Nutrição de Plantas Forrageiras, Divisão de Nutrição Animal e Pastagens. Atualmente, na Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) — DIRA de Marília.

(4) Da Seção de Nutrição de Plantas Forrageiras, Divisão de Nutrição Animal e Pastagens. Atualmente, no Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL).

(5) Do Departamento de Serviços Técnicos Agronômicos da Ultrafertil S.A., Indústria e Comércio de Fertilizantes.



redução na produção de matéria seca da soja-perene e aumentos significativos na porcentagem de nitrogênio na parte aérea da soja-perene e da centrosema. Embora sem significância estatística, a quantidade de nitrogênio total sofreu diminuição de 31% na soja-perene e de 21% na centrosema, na ausência de aplicação do enxofre.

JONES & QUAGLIATO<sup>6</sup> aplicaram cinco níveis de enxofre (0; 10; 20; 30 e 60kg S/ha) em um Latossolo Vermelho-Escuro de campo cerrado onde se desenvolveram leguminosas forrageiras, entre as quais estavam soja-perene, centrosema e siratro. Observaram que a época e a magnitude da resposta ao enxofre foram diferentes para as espécies estudadas. Em termos de produção de matéria seca, o siratro mostrou, no segundo corte (94 dias do plantio) alguma resposta ao enxofre, mas, no terceiro corte (136 dias do plantio), essa resposta teve magnitude muito maior que a das outras leguminosas tropicais testadas. Para esse mesmo parâmetro, a soja-perene e a centrosema pareceram não mostrar resposta significativa às doses do enxofre até a terceira colheita. No primeiro corte, a adição de 60kg S/ha resultou em elevação no teor de nitrogênio na soja-perene, enquanto um aumento nesse teor, no segundo corte e devido ao enxofre, ocorreu com a soja-perene e o siratro. De modo geral, a porcentagem de enxofre nas leguminosas foi crescente com o aumento da dose de enxofre, diminuindo com o avanço das colheitas. A relação N:S, em geral, decresceu em valor absoluto, com a elevação da adição de enxofre e, entre as espécies tropicais, teve o mais alto valor (N:S = 33,9) no siratro, no terceiro corte e nível 0 de enxofre.

Cultivando a centrosema em um Latossolo Vermelho-Escuro — orto, WERNER & MATTOS<sup>15</sup> estudaram, entre outros tratamentos, os efeitos do emprego de 60kg de S/ha (como sulfato de cálcio). Não constataram qualquer variação significativa devida a esse elemento na produção de matéria seca, na nodulação e nos teores e quantidade de nitrogênio na leguminosa.

CARRIEL et alii\* obtiveram significativos aumentos na quantidade total de nitrogênio da soja-perene comum quando empregaram 90kg de enxofre por hectare (na forma de gesso) em um Latossolo Vermelho-Escuro — orto. Alteração significativa

na essa variável para essa leguminosa não foi verificada pelos mesmos AA. quando aplicaram 30kg de enxofre por hectare ao mesmo solo.

ANDREW<sup>1</sup> realizou ensaios de vasos e de campo com uma série de leguminosas forrageiras, entre as quais estavam o siratro e a soja-perene cooper, empregando sete níveis de enxofre (0; 2,5; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0 e 30,0kg de S/ha). Obteve significativos acréscimos na produção de matéria seca e nas porcentagens de nitrogênio e de enxofre nessas duas leguminosas. Verificou excelentes correlações entre os teores de nitrogênio e de enxofre na parte aérea das leguminosas, apontando como concentrações críticas de enxofre na parte aérea do siratro valores de 0,16 a 0,18%, enquanto, para a soja-perene, esses valores seriam de 0,17 a 0,18%. Paralelamente, as relações críticas N:S estariam entre 18 e 23 para o siratro e entre 13 e 20 para a soja-perene.

COLOZZA et alii\* empregaram níveis de gesso em dois solos ácidos (Podzólico Vermelho-Amarelo — variação Laras e Latossolo Vermelho-Amarelo fase terraço) cultivados com soja-perene *tinaroo*. Constataram que essa fonte de enxofre teve efeitos expressivos na produção de matéria seca, na quantidade total de nitrogênio e na nodulação dessa leguminosa, apenas quando usado após correção adequada da acidez do solo e da deficiência de magnésio, através da aplicação de calcário dolomítico. Também observaram, nos dois solos, ligeira redução no teor de alumínio trocável e no pH e aumento no teor de cálcio trocável, com a aplicação do gesso no solo.

De acordo com MALAVOLTA et alii<sup>10</sup>, o gesso agrícola (sulfato de cálcio) se apresenta como um produto de alta disponibilidade no mercado (é um subproduto da indústria de fertilizante fosfatado) e com ampla possibilidade de uso na adubação das culturas em geral.

O presente trabalho foi conduzido com a finalidade de verificar as respostas de quatro leguminosas forrageiras a cinco níveis de gesso (especialmente como fonte de enxofre) e de selecionar a leguminosa mais responsiva ao gesso, bem como escolher níveis de maior resposta ao gesso para posterior ensaio de campo, consorciando-a a uma gramínea forrageira.

(\*) CARRIEL, J. M.; MONTEIRO, F. A.; PAULINO, V. T.; SARTINI, H. J. Informação pessoal com base no trabalho "Limitações nutricionais para o desenvolvimento da soja-perene presente em pastagem consorciada com o capim-jaraguá".

(\*) COLOZZA, M. T.; LIMA, S. A. A.; WERNER, J. C.; MONTEIRO, F. A. Informação pessoal com base no trabalho "Efeitos da aplicação de gesso e calcário dolomítico em dois solos ácidos cultivados com soja-perene".



## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em vasos, em casa de vegetação do Instituto de Zootecnia, empregando-se um solo Areia Quartzosa coletado no Posto Experimental de Brotas (local anteriormente ocupado por vegetação de cerrado) e um Podzólico Vermelho-Amarelo — variação Laras, da Estação Experimental de Nova Odessa. Ambos os solos foram coletados à profundidade de 0-30cm, secos à sombra, convenientemente homogeneizados e peneirados para colocação nos vasos. Sua análise granulométrica revelou, respectivamente: 57 e 4% de areia grossa, 33 e 81% de areia fina, 1 e 2% de limo e 9 e 13% de argila, enquanto a análise química apresentou os respectivos resultados: matéria orgânica = 1,9 e 2,8%; pH = 5,3 e 5,2;  $Al^{3+}$  = 0,45 e 0,85;  $Ca^{2+}$  = 0,5 e 0,2;  $Mg^{2+}$  = 0,1 e 0,1 equivalente miligrama por 100ml de T.F.S.A.; P = 16 e 1 e K = 12 e 53µg por mililitro de T.F.S.A.

Empregaram-se vasos de cerâmica com 5.700g de solo seco para o solo de Brotas e com 5.000g para o solo de Nova Odessa, com paredes internas pintadas com Neutrol e revestidos com sacos plásticos.

Foram cultivados o siratro (*Macroptilium atropurpureum* DC. cv. siratro), a galáxia (*Galactia striata* (Jacq.) Urb.), a soja-perene tinaroo (*Glycine wightii* Verdc. var. tinaroo) e a centrosema (*Centrosema pubescens* Benth.) no período de novembro de 1976 a janeiro de 1977.

Os tratamentos constaram de cinco níveis de gesso ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  — reagente analítico) e foram dispostos em blocos ao acaso, com quatro repetições. O gesso foi estudado segundo os níveis de 0; 30; 60; 90 e 120kg de enxofre por hectare. Todos os vasos receberam uma adubação básica com fósforo (120kg de  $P_2O_5$ /ha, como  $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$ ), potássio (90kg de  $K_2O$ /ha, como KCl), boro (0,5 kg/ha, como  $H_3BO_3$ ), cobre (2,0kg/ha, como quelato de cobre), zinco (2,0kg/ha, como quelato

de zinco) e molibdênio (0,25kg/ha, como  $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ ).

Cerca de 44 dias antes do plantio, realizou-se a calagem nos vasos, com vistas à neutralização do alumínio trocável do solo para cultivo de siratro ou galáxia (0,675 e 1,280t de calcário dolomítico por hectare respectivamente para os solos de Brotas e de Nova Odessa). Para a soja-perene ou centrosema, a calagem objetivou elevar o pH do solo a 6,5, empregando-se as dosagens respectivas de 2,6 e 3,6t do corretivo por hectare, para os solos de Brotas e Nova Odessa.

A semeadura das leguminosas foi efetuada em 16/11/76 e, após os seguidos desbastes, deixaram-se cinco plantas por vaso. Momentos antes do plantio, coletou-se uma amostra de solo, nos vasos correspondentes a cada espécie.

Durante todo o transcorrer do ensaio, os vasos foram irrigados diariamente com água deionizada, com a finalidade de manter o solo próximo ou na capacidade de campo.

Procedeu-se ao corte das plantas em 06/01/77 (51 dias após o plantio) e as raízes, separadas da parte aérea, foram lavadas e tiveram seus nódulos destacados e contados.

Todo o material colhido foi seco a 65°C em estufa de circulação forçada de ar e pesado. Tanto a parte aérea como as raízes foram moídas e encaminhadas ao laboratório para a determinação de elementos minerais (nitrogênio, segundo LOTT et alii<sup>8</sup>, enxofre, segundo BATAGLIA<sup>3</sup>, e demais macro e micronutrientes dosados, segundo SARRUGE & HAGG<sup>14</sup>).

Imediatamente após o corte das leguminosas, procedeu-se a uma amostragem de solo nos vasos, segundo os níveis de gesso estudados.

Os dados coletados para cada uma das espécies foram analisados estatisticamente segundo os componentes da análise de regressão, de acordo com PIMENTEL GOMES<sup>11</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos, em termos de parte aérea e nodulação das quatro leguminosas forrageiras cultivadas nos solos de Brotas (Areia Quartzosa) e de Nova Odessa (PVIs) são apresentados nos quadros 1 a 4. Os parâmetros avaliados nas raízes e na planta inteira não são mostrados no presente trabalho por terem revelado respostas similares à parte aérea, para os tratamentos estudados.

## Produção de matéria seca, nodulação e nitrogênio na planta

Através do quadro 1, pode-se verificar que o siratro mostrou significativas respostas aos níveis de gesso, quando cultivado na Areia Quartzosa. A ausência de aplicação de gesso resultou em produção de matéria seca, nitrogênio total, nodulação,



porcentagens de nitrogênio e de enxofre na parte aérea inferiores aos verificados com o emprego de qualquer das doses de gesso. A produção de matéria seca foi 11 e 22% mais elevada nos tratamentos com 30 e 60kg de enxofre por hectare, respectivamente, que na ausência dessa adubação. Essa variação resultou num efeito quadrático significativo do gesso na produção de matéria seca, que pode ser representado pela equação  $Y = 10,061 + 0,0606X - 0,0004X^2$ , cujo ponto de máximo ocorre em  $X = 76$ kg de S/ha.

Variações expressivas e significativas na produção de matéria seca do siratro, mediante o emprego de enxofre, foram constatadas por ANDREW<sup>1</sup> e JONES & QUAGLIATO<sup>6</sup>. Para a quantidade total de nitrogênio, na parte aérea, os acréscimos provocados pela adição de 30, 60 e 90kg de enxofre por hectare foram, respectivamente, da ordem de 35, 46 e 47% sobre a dose 0. Ocorre que, além dos efeitos benéficos do gesso para a produção de matéria seca do siratro, também a porcentagem de nitrogênio na parte aérea da leguminosa foi aumentada em torno de 20 a 26% com o emprego dos níveis do gesso. Essas variações favoráveis no teor e na quantidade total de nitrogênio ocorreram para-

lamente a aumentos na massa nodular da ordem de 33 a 34% para os níveis 30 a 60 e de 38 a 39% para os níveis 90 e 120kg de enxofre por hectare.

Esses efeitos na massa nodular estão de acordo com a afirmação de MALAVOLTA<sup>9</sup>, de que leguminosas carentes em enxofre mostram menor nodulação. Cabe acrescentar, também, que, para ROBSON<sup>12</sup>, o efeito da deficiência de enxofre na concentração de nitrogênio de leguminosas está mais no metabolismo do nitrogênio do que no processo de fixação do elemento no interior do nódulo. As equações relacionando a quantidade de nitrogênio total e a nodulação do siratro cultivado nesse solo, com os níveis de gesso, são:  $Y = 280,744 + 3,268X - 0,020X^2$ , e  $Y = 18,370 + 0,154X^2$ , e cujos pontos de máximo ocorrem, respectivamente, em 82 e 86kg de enxofre por hectare.

No solo PVI (Nova Odessa), os aumentos na produção de matéria seca e na massa nodular do siratro foram de 5%, quando se compara o nível de 30kg de enxofre por hectare com a dose 0. Em termos de porcentagem ou de quantidade total de nitrogênio, não se verificou qualquer variação expressiva, com a aplicação dos níveis de gesso (Quadro 1).

QUADRO 1. Produção de matéria seca (M.S.), quantidade de nitrogênio total, peso de nódulos secos, porcentagem de nitrogênio e de enxofre, relação nitrogênio/enxofre e porcentagem de cálcio na parte aérea do siratro submetido a cinco níveis de gesso e cultivado nos solos de Brotas (Areia Quartzosa) e de Nova Odessa (PVI). Médias de quatro repetições

Níveis de gesso kg S/ha	M.S. g/vaso	N total mg/vaso	Nodulação <sup>a</sup> mg/vaso	N %	S %	N/S	Ca %
Solo de Brotas							
0	10,14	276	17,76	2,72	0,07	40	1,22
30	11,31	372	23,66	3,29	0,16	21	1,23
60	12,38	403	23,75	3,26	0,16	20	1,18
90	12,28	406	24,61	3,32	0,17	20	1,29
120	11,48	392	24,58	3,42	0,19	18	1,36
d.m.s. (P < 0,05)	1,14	47	2,41	0,27	0,02	8	0,14
C.V. (%)	4,4	5,7	4,7	3,8	8,2	15,5	5,0
Solo de Nova Odessa							
0	14,24	352	18,58	2,47	0,09	27	0,98
30	14,89	350	19,43	2,35	0,11	22	1,08
60	13,41	320	17,54	2,38	0,11	21	1,20
90	13,92	336	19,64	2,41	0,10	23	1,35
120	12,98	320	18,63	2,46	0,11	22	1,31
d.m.s. (P < 0,05)	3,47	100	3,26	0,27	0,04	7	0,29
C.V. (%)	11,1	13,3	7,8	5,1	15,4	12,9	11,0

(a) Dados transformados em raiz quadrada.

Pelos dados do quadro 2, pode-se verificar que a galáxia cultivada na Areia Quartzosa (Brotas), adubada com gesso correspondente a 60kg de enxofre por hectare, revelou acréscimos de 22, 22 e 8% respectivamente, na produção de matéria seca da parte aérea, na quantidade total de nitrogênio e no peso dos nódulos secos, em relação ao tratamento com ausência daquela adubação. Exceto para o peso dos nódulos, essas variações não são estatisticamente significativas. A massa nodular variou linearmente com as doses de gesso, sendo expressa pela equação  $Y = 19,133 + 0,013X$ .

Resultados similares com outras leguminosas foram obtidos por ANDREW<sup>1</sup>, JONES & QUAGLIATO<sup>6</sup>, JONES et alii<sup>7</sup> e WERNER & MATTOS<sup>15</sup>. Para o teor de nitrogênio na planta, não se constatou significativo efeito do emprego do gesso.

A aplicação do gesso na Areia Quartzosa (Nova Odessa) não resultou em significativas variações na produção de matéria seca, na nodulação e no teor e quantidade total de nitrogênio da galáxia, embora ligeiros acréscimos (da ordem de 5 a 7%) tenham sido proporcionados na nodulação e na porcentagem de nitrogênio na leguminosa, mediante a adição de 90kg de enxofre por hectare (Quadro 2).

A aplicação dos níveis de gesso em qualquer dos dois solos estudados não resultou em variações estatisticamente significativas ( $P < 0,05$ ) na produ-

ção de matéria seca, na massa nodular e na porcentagem e quantidade total de nitrogênio da soja-pepene *tinaro* (Quadro 3). Entretanto, conquanto não tenham significância estatística (ao nível de 5%), cabe ressaltar que o emprego de gesso à base de 30kg de enxofre por hectare proporcionou os expressivos aumentos (em relação ao nível 0) de 15, 14 e 26% na produção de matéria seca, no nitrogênio total e na nodulação dessa leguminosa cultivada no solo PVIs (Nova Odessa) (Quadro 3). Essa elevação na massa nodular seguiu a equação de segundo grau:

$$Y = 8,088 + 0,142X - 0,001X^2$$

A centrosema cultivada na Areia Quartzosa (Brotas) (Quadro 4), e mediante o emprego de 60kg de enxofre por hectare, mostrou variações positivas, em relação à dose 0, na produção de matéria seca, na quantidade total de nitrogênio e na nodulação, de ordem de 19, 12 e 13% respectivamente. Essas variações não chegaram à significância estatística, dentro do nível de probabilidade testado ( $P < 0,05$ ), o que também ocorreu com o teor de nitrogênio na leguminosa (embora este tenha mostrado ligeiras reduções com o emprego de gesso na adubação) (Quadro 4). Alterações estatisticamente não significativas para essa leguminosa, com a aplicação de 60kg de enxofre por hectare, também foram verificadas por WERNER & MATTOS<sup>15</sup>.

QUADRO 2. Produção de matéria seca (M.S.), quantidade de nitrogênio total, peso de nódulos secos, porcentagem de nitrogênio e de enxofre, relação nitrogênio/enxofre e porcentagem de cálcio na parte aérea da galáxia submetida a cinco níveis de enxofre e cultivada nos solos de Brotas (Areia Quartzosa) e de Nova Odessa (PVIs). Média de quatro repetições

Níveis de gesso kg S/ha	M.S. g/vaso	N total mg/vaso	Nodulação <sup>a</sup> mg/vaso	N %	S %	N/S	Ca %
Solo de Brotas							
0	6,03	143	18,95	2,38	0,07	32	1,32
30	6,67	152	19,34	2,26	0,14	17	1,54
60	7,33	175	20,50	2,38	0,15	16	1,54
90	6,59	147	20,46	2,25	0,21	11	1,82
120	6,89	162	20,36	2,36	0,27	9	1,91
d.m.s.							
( $P < 0,05$ )	1,82	48	1,50	0,40	0,06	8	0,32
C.V. (%)	12,1	13,7	3,3	7,8	15,7	20,1	9,0
Solo de Nova Odessa							
0	9,59	159	14,81	1,66	0,06	28	1,24
30	8,89	152	14,86	1,71	0,07	21	1,23
60	8,62	141	14,49	1,63	0,09	18	1,35
90	9,60	166	15,91	1,74	0,09	20	1,33
120	9,48	165	15,26	1,75	0,09	20	1,47
d.m.s.							
( $P < 0,05$ )	1,31	37	2,94	0,36	0,02	8	0,12
C.V. (%)	6,3	10,4	8,7	9,6	11,9	16,3	4,3

(a) Dados transformados em raiz quadrada.



QUADRO 3. Produção de matéria seca (M.S.), quantidade de nitrogênio total, peso de nódulos secos, porcentagem de nitrogênio e de enxofre, relação nitrogênio/enxofre e porcentagem de cálcio na parte aérea da soja-perene submetida a cinco níveis de enxofre e cultivada nos solos de Brotas (Areia Quartzosa) e de Nova Odessa (PVIs). Médias de quatro repetições

Níveis de gesso kg S/ha	M.S. g/vaso	N total mg/vaso	Nodulação <sup>a</sup> mg/vaso	N %	S %	N/S	Ca %
Solo de Brotas							
0	6,92	162	16,70	2,35	0,09	27	1,41
30	6,46	150	17,26	2,34	0,18	14	1,46
60	6,81	153	17,26	2,23	0,24	10	1,35
90	6,14	140	16,26	2,26	0,31	8	1,46
120	6,78	157	17,47	2,30	0,31	8	1,45
d.m.s.							
(P < 0,05)	2,07	48	4,10	0,30	0,12	8	0,19
C.V. (%)	13,9	13,9	10,7	5,9	24,3	26,8	6,0
Solo de Nova Odessa							
0	10,76	173	10,42	1,63	0,05	37	1,09
30	12,34	197	13,11	1,59	0,07	23	1,12
60	10,97	180	13,65	1,63	0,11	15	1,09
90	9,86	155	10,19	1,58	0,15	11	1,20
120	10,34	168	8,60	1,62	0,14	12	1,24
d.m.s.							
(P < 0,05)	3,58	68	5,38	0,26	0,04	7	0,14
C.V. (%)	14,6	17,1	21,3	7,2	17,6	16,7	5,6

(a) Dados transformados em raiz quadrada.

QUADRO 4. Produção de matéria seca (M.S.), quantidade de nitrogênio total, peso de nódulos secos, porcentagem de nitrogênio e de enxofre, relação nitrogênio/enxofre e porcentagem de cálcio na parte aérea da centrosema submetida a cinco níveis de enxofre. Médias de três repetições para o solo de Brotas (Areia Quartzosa) e de quatro repetições para o de Nova Odessa (PVIs).

Níveis de gesso kg S/ha	M.S. g/vaso	N total mg/vaso	Nodulação <sup>a</sup> mg/vaso	N %	S %	N/S	Ca %
Solo de Brotas							
0	5,84	172	23,84	2,97	0,18	16	1,61
30	6,01	153	24,05	2,55	0,21	13	1,57
60	6,97	192	26,94	2,75	0,25	11	1,65
90	6,71	184	26,75	2,75	0,25	11	1,74
120	6,62	188	26,64	2,84	0,27	11	1,71
d.m.s.							
(P < 0,05)	1,60	48	4,89	0,50	0,11	8	0,30
C.V. (%)	11,1	12,0	8,4	8,1	16,6	23,4	8,1
Solo de Nova Odessa							
0	14,06	321	29,51	2,28	0,12	19	1,26
30	12,04	278	28,07	2,30	0,14	17	1,38
60	10,64	219	24,82	2,06	0,15	13	1,47
90	11,01	222	24,32	1,98	0,16	12	1,41
120	11,42	230	27,79	2,01	0,18	11	1,58
d.m.s.							
(P < 0,05)	3,69	105	7,82	0,35	0,04	4	0,17
C.V. (%)	13,9	18,4	12,9	7,5	10,6	12,4	5,4

(a) Dados transformados em raiz quadrada.

O emprego dos níveis de gesso no solo PVIs (Nova Odessa) resultou em respostas negativas e lineares da centrosema, em termos de produção de matéria seca, de quantidade total e de porcentagem de nitrogênio na planta, que podem ser expressas pelas respectivas equações:

$$Y = 13,099 - 0,021X; Y = 301,650 - 0,796X$$

$$Y = 2,302 - 0,003X.$$

A nodulação, embora decrescendo mediante os níveis de gesso (em termos relativos ao nível 0), não mostrou efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para os componentes linear e quadrático.

#### Teor de enxofre e relação nitrogênio: enxofre nas plantas

De modo geral, os teores obtidos para o enxofre nas quatro leguminosas estudadas e nos dois solos (Quadros 1 a 4), estão numa faixa de valores semelhantes aos obtidos por ANDREW<sup>1</sup>, GALLO et alii<sup>5</sup> e JONES & QUAGLIATO<sup>6</sup>. Também, as médias das porcentagens de enxofre nas plantas cultivadas na Areia Quartzosa (Brotas) tiveram um valor mais alto que as do solo PVIs (Nova Odessa), e a centrosema mostrou nítida tendência em possuir os mais altos teores desse elemento, em qualquer desses solos.

Com exceção do siratro no solo PVIs (Nova Odessa) e da centrosema na Areia Quartzosa (Brotas), as demais combinações leguminosa-solo mostraram variação no teor de enxofre na parte aérea da planta com os níveis de gesso estudados (Quadros 1 a 4), a exemplo do que obtiveram ANDREW<sup>1</sup> e JONES & QUAGLIATO<sup>6</sup>. O siratro e a galáxia desenvolvidos na Areia Quartzosa (Brotas) já tiveram suas porcentagens de enxofre significativamente aumentadas, respectivamente 0,07 para 0,16 e 0,14% S, com a aplicação de gesso à base de 30kg de S/ha, embora os seus teores máximos e significativamente superiores aos verificados nos dois níveis iniciais de gesso ainda ocorressem com o emprego de 120kg de S/ha. A necessidade de adubação com 120kg de S/ha, para fazer elevar significativamente as porcentagens de enxofre na planta, em relação à ausência dessa adubação ou à aplicação de 30kg de S/ha, foi verificada com a soja-perene cultivada nos dois solos e com a galáxia ou com a centrosema desenvolvidas no solo PVIs (Nova Odessa). A galáxia, a soja-perene e a centrosema exibiram alta significância ( $P < 0,01$ ) para o efeito linear das doses de gesso nos teores de enxofre nas plantas, e cujas equações são as seguintes:

Solo Areia Quartzosa (Brotas):

$$\text{Galáxia: } Y = 0,0760 + 0,00155X$$

$$\text{Soja-perene: } Y = 0,1095 + 0,00193X$$

$$\text{Centrosema: } Y = 0,1899 + 0,00072X$$

Solo de PVIs (Nova Odessa):

$$\text{Galáxia: } Y = 0,0631 + 0,00027X$$

$$\text{Soja-perene: } Y = 0,0496 + 0,00087X$$

$$\text{Centrosema: } Y = 0,1235 + 0,00048X$$

O siratro cultivado na Areia Quartzosa (Brotas) mostrou significativo ( $P < 0,01$ ) efeito do componente quadrático dos níveis de gesso nas porcentagens de enxofre na leguminosa, sendo a respectiva equação de regressão:

$$Y = 0,0806 + 0,00209X - 0,00001X^2.$$

Em termos da relação nitrogênio:enxofre, o que se verifica é uma ampla variação entre as espécies e significativas alterações mediante os níveis de gesso estudados (Quadros 1 a 4). De forma similar ao obtido por JONES & QUAGLIATO<sup>6</sup>, no terceiro corte do ensaio e na ausência de aplicação de enxofre, o siratro cultivado na Areia Quartzosa (Brotas), quando não se adubou com gesso, teve o mais alto valor absoluto para a relação N:S. Aliás, essa espécie, em termos médios, mostrou em qualquer dos solos os maiores valores para essa relação.

Exceto para o siratro cultivado no solo de PVIs (Nova Odessa), constataram-se diminuições significativas na relação N:S das leguminosas, com a elevação das doses de gesso (Quadros 1 a 4). As alterações nessa relação, em função dos níveis de gesso, ora seguiram um efeito linear, ora um efeito quadrático, sendo ilustradas nas equações a seguir:

Solo Areia Quartzosa (Brotas):

$$\text{Siratro: } Y = 37,555 - 0,472X + 0,0027X^2$$

$$\text{Galáxia: } Y = 30,933 - 0,399X + 0,0018X^2$$

$$\text{Soja-perene: } Y = 26,399 - 0,429X + 0,0023X^2$$

$$\text{Centrosema: } Y = 14,870 - 0,040X$$

Solo PVIs (Nova Odessa):

$$\text{Galáxia: } Y = 26,565 - 0,071X$$

$$\text{Soja-perene: } Y = 36,382 - 0,514X + 0,0026X^2$$

$$\text{Centrosema: } Y = 18,314 - 0,065X$$

Observando-se os dados obtidos para a relação N:S e de produção de matéria seca das leguminosas, pode-se verificar que há casos como o do siratro, nos solos de Brotas e Nova Odessa, em que a variação estatisticamente significativa em uma dessa variáveis ocorre paralelamente a uma variação significativa na outra (Quadro 1). Entretanto, há também aqueles, como da soja-perene nos dois solos, em que se constata variações significativas na relação N:S, sem se observar qualquer alteração significativa na produção de matéria seca (Quadro 3).

Alguns autores, entre os quais SANCHEZ<sup>13</sup>, tomam o valor da relação N:S igual a 17, definida teoricamente por Dijkshoorn & Van Wijk, como o



valor crítico para diagnosticar possíveis deficiências de enxofre em plantas. No presente trabalho, através das equações de regressão obtidas para a produção de matéria seca e para a relação N:S para o siratro (a espécie mais responsiva aos níveis de gesso aplicado), pode-se verificar que a dose de gesso que proporcionaria a máxima produção da planta resultaria numa relação N.S igual a 19. A galáxia cultivada na Areia Quartzosa (Brotas) teve uma relação N:S igual a 16 quando o nível de gesso forneceu 60kg de S/ha. Realmente, a exemplo do que obtiveram ANDREW<sup>1</sup> e JONES & QUAGLIATO<sup>6</sup>, com leguminosas forrageiras tropicais, o valor para a relação N.S não se fixa em 17 quando se obtêm produções adequadas de matéria seca, em função dos níveis de enxofre, mas varia nas proximidades desse valor. Nesse contexto, ainda ANDREW<sup>1</sup> afirma que a relação M:S sozinha não é recomendada para o propósito de diagnose de carência nutricional de enxofre para leguminosas forrageiras.

### Teor de cálcio nas plantas

A aplicação de níveis de gesso aos solos estudados resultou em significativas alterações nas porcentagens de cálcio na parte aérea das quatro leguminosas, com exceção da soja-perene e da centrosema no solo de Brotas (Quadros 1 a 4).

Em todas as leguminosas desenvolvidas no solo PVIs (Nova Odessa) e na galáxia na Areia Quartzosa (Brotas), o emprego do gesso exerceu um efeito linear positivo e significativo ( $P < 0,01$ ) no teor de cálcio na planta, o qual é ilustrado nas seguintes equações:

Solo de Brotas:

$$\text{Galáxia: } Y = 1,337 + 0,0049X$$

Solo de Nova Odessa:

$$\text{Siratro: } Y = 1,001 + 0,0031X$$

$$\text{Galáxia: } Y = 1,216 + 0,0018X$$

$$\text{Soja-perene: } Y = 1,076 + 0,0013X$$

$$\text{Centrosema: } Y = 1,287 + 0,0022X$$

A porcentagem de cálcio no siratro cultivado na Areia Quartzosa revelou um efeito quadrático dos níveis de gesso aplicado, tendo isso ocorrido em função dos menores valores encontrados para essa porcentagem nas plantas do tratamento 60kg de S/ha ( $\text{Ca} = 1,18\%$ ) (Quadro 1). Assim, a equação que representa esse efeito quadrático é:

$$Y = 1,369 - 0,0038X + 0,00002X^2.$$

A maior disponibilidade de cálcio para as plantas, mediante os níveis de gesso, era de esperar, pois esse adubo, em sua composição, tem uma concentração de cálcio 25% maior que a de enxofre, de tal forma que nas doses estudadas o cálcio foi aplicado à base de 0; 37,5; 75,0; 112,5 e 150kg/ha.

### Análise química do solo

No quadro 5 são apresentados os dados obtidos na análise química (realizada na Seção de Fertilidade de Solo do Instituto Agrônomo, Campinas) das amostras de solo coletadas antes do plantio e após o corte das forrageiras, em ambos os solos estudados.

Além das diferenças normais e esperadas nos valores absolutos para os parâmetros avaliados entre solos e entre os níveis de calagem aplicados para o cultivo das leguminosas forrageiras, pode-se notar, no quadro 5, uma redução (em torno de 30%) no teor de matéria orgânica em ambos os solos do dia do plantio das leguminosas (16 de novembro) para a data de seu corte (6 de janeiro). Essa redução certamente terá ocorrido em função de uma mineralização da matéria orgânica beneficiada pelas condições favoráveis de umidade e temperatura durante a condução do experimento (MALAVOLTA<sup>9</sup> e SANCHEZ<sup>13</sup>). Com a mineralização da matéria orgânica, parte do enxofre nela contido também teria sido mineralizado, o que, de certa forma, teria contribuído para a não verificação de respostas ao enxofre em algumas forrageiras estudadas (talvez as espécies menos exigentes nesse elemento), especialmente no solo PVIs (Nova Odessa).

Os parâmetros pH e cálcio trocável no solo sofreram variação com os níveis de gesso aplicado nos vasos, sendo os seus resultados apresentados no quadro 6. Com relação aos valores obtidos para o pH em ambos os solos, pode-se notar que os níveis de gesso aplicado proporcionaram mínimas variações do solo dos vasos que receberam calagem para elevar o pH a 6,5. Enquanto isso, os solos com acidez corrigida com base no alumínio trocável sofreram nítidas reduções no valor do pH, à medida que se aumentou a dose de gesso.

Os teores de cálcio trocável nos solos estudados mostraram elevações com a adição das doses de gesso, em qualquer dos níveis de calagem aplicados. Cabe ainda salientar que os valores apresentados no quadro 6 são provenientes de amostras coletadas ao final do cultivo das leguminosas, que extraíram cálcio do solo durante o seu crescimento.

Redução nos valores do pH e aumento nos teores de cálcio trocável no solo, mediante a aplicação de gesso, também foram observados por COLOZZA et alii\*.

(\* ) COLOZZA, M. T.; LIMA, S. A. A.; WERNER, J. C.; MONTEIRO, F. A. Informação pessoal com base no trabalho "Efeitos da aplicação de gesso e calcário dolomítico em dois solos ácidos cultivados com soja-perene".



QUADRO 5. Resultados de análise química de amostras de solo coletadas momentos antes do plantio e imediatamente após o corte das leguminosas forrageiras nos solos de Brotas (Areia Quartzosa) e de Nova Odessa (PVIs). Médias de duas amostras retiradas antes do plantio e de dez após o corte

Parâmetros avaliados	Solo de Brotas				Solo de Nova Odessa			
	Antes do plantio		Após o corte		Antes do plantio		Após o corte	
	Cal p/ pH 6,5 <sup>a</sup>	Cal p/ Al <sup>3+b</sup>	Cal p/ pH 6,5 <sup>a</sup>	Cal p/ Al <sup>3+b</sup>	Cal p/ pH 6,5 <sup>a</sup>	Cal p/ Al <sup>3+b</sup>	Cal p/ pH 6,5 <sup>a</sup>	Cal p/ Al <sup>3+b</sup>
M.O. (%)	1,95	1,90	1,35	1,40	2,50	2,60	1,70	1,73
pH	5,60	5,10	6,05	5,45	5,65	5,15	6,13	5,45
Al <sup>3+c</sup>	0,05	0,20	0,00	0,15	0,00	0,25	0,00	0,30
Ca <sup>2+c</sup>	1,20	0,70	1,33	0,77	1,40	0,75	1,31	0,73
Mg <sup>2+c</sup>	0,90	0,30	0,59	0,14	1,30	0,70	0,94	0,34
K <sup>d</sup>	8	8	23	18	54	58	42	40
pd	19	18	38	42	2	2	10	12

(a) Vasos cultivados com soja-perene *tinaroo* e centrosema. (b) Vasos cultivados com siratro e galáxia. (c) Dados em equivalentes-milígrama por 100ml de T.F.S.A. (d) Dados em micrograma por mililitro de T.F.S.A.

QUADRO 6. Resultados de determinação de pH e do cálcio trocável nos solos de Brotas (Areia Quartzosa) e de Nova Odessa (PVIs), em amostras retiradas após o corte das leguminosas forrageiras, em função dos níveis de gesso aplicados. Médias de duas amostras compostas

Níveis de kg S/ha	Solo de Brotas				Solo de Nova Odessa			
	Calagem p/ pH 6,5 <sup>a</sup>		Calagem p/ Al <sup>3+b</sup>		Calagem p/ pH 6,5 <sup>a</sup>		Calagem p/ Al <sup>3+b</sup>	
	pH	Ca <sup>2+c</sup>	pH	Ca <sup>2+c</sup>	pH	Ca <sup>2+c</sup>	pH	Ca <sup>2+c</sup>
0	5,90	1,10	5,75	0,60	6,20	1,20	5,75	0,65
30	6,05	1,25	5,50	0,70	6,20	1,20	5,50	0,65
60	6,10	1,40	5,40	0,85	6,05	1,30	5,40	0,70
90	6,05	1,50	5,35	0,80	6,10	1,45	5,30	0,70
120	6,15	1,45	5,25	0,90	6,10	1,40	5,30	0,95

(a) Vasos cultivados com soja-perene *tinaroo* e centrosema. (b) Vasos cultivados com siratro e galáxia. (c) Dados em equivalentes-milígrama por 100ml de T.F.S.A.

### Sintomas visuais

Cerca de 22 dias após a sementeira das leguminosas, foi constatada na centrosema cultivada na Areia Quartzosa (Brotas) uma deformação dos folíolos, caracterizada por um encrespamento da ponta dos mais velhos e uma alteração total na forma dos mais novos. Com o passar de mais alguns dias, esses sintomas tomaram conta de todas as plantas de centrosema desenvolvidas naquele solo, independentemente dos tratamentos estudados. Como essa sintomatologia não se parecia com os sintomas visuais de deficiência e/ou toxicidade de minerais descritos para essa leguminosa forrageira, recorreu-se ao auxílio de especialistas de vários setores da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", do Instituto Agronômico (Campinas) e do Instituto Biológico, que estiveram verificando

a problemática "in loco". A hipótese tida como mais provável para apontar o agente causal dessa anomalia foi a de resíduo de herbicida(s).

Alguns dias mais tarde, a galáxia desenvolvida na Areia Quartzosa (Brotas) também exibiu sintomatologia semelhante à descrita para a centrosema.

Testando esse solo, do mesmo lote inicial utilizado no experimento com níveis de gesso, o pesquisador Dr. Álvaro S. Costa (Seção de Virologia do Instituto Agronômico, Campinas) não conseguiu repetição da sintomatologia em centrosema, nem em algodoeiro, feijoeiro, soja ou tomateiro.

Entretanto, mediante aplicação de produto à base do ácido 2,4-D a 1% em vasos cultivados com centrosema, os pesquisadores Luciano S. P. Cruz e Leão Leideman (Seção de Herbicidas do Instituto



Biológico) obtiveram sintomas idênticos aos verificados no presente trabalho.

Cabe acrescentar que um bloco do ensaio de vasos com a centrosema na Areia Quartzosa foi deixado dentro da casa de vegetação após a data de corte do experimento com as doses de gesso, veri-

cando-se um contínuo desenvolvimento vegetativo da leguminosa que, inclusive, chegou a produzir vagens e sementes normais, embora os sintomas foliares continuassem a ocorrer.

As figuras 1 e 2 ilustram os sintomas visuais observados no presente experimento com a centrosema e galáxia.

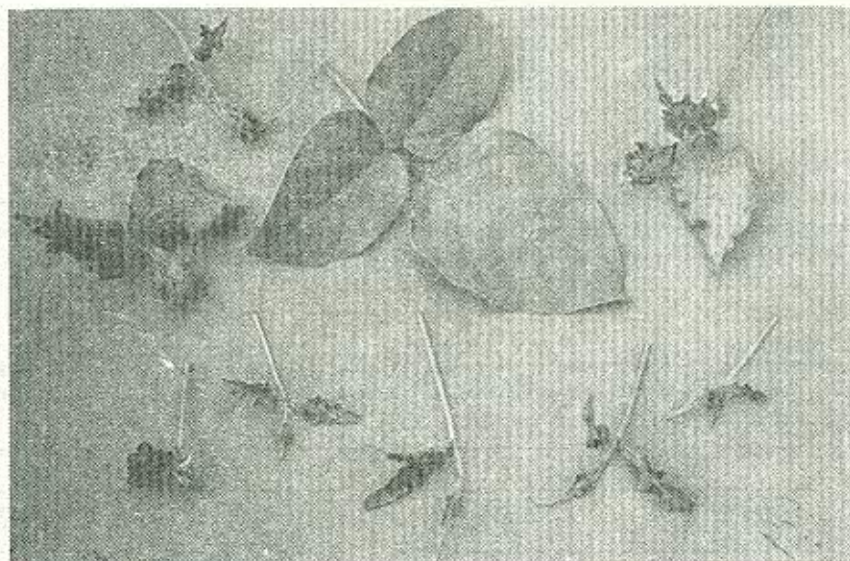


Fig. 1. Folíolos deformados da centrosema cultivada no solo de Brotas. Ao centro, uma folha normal.

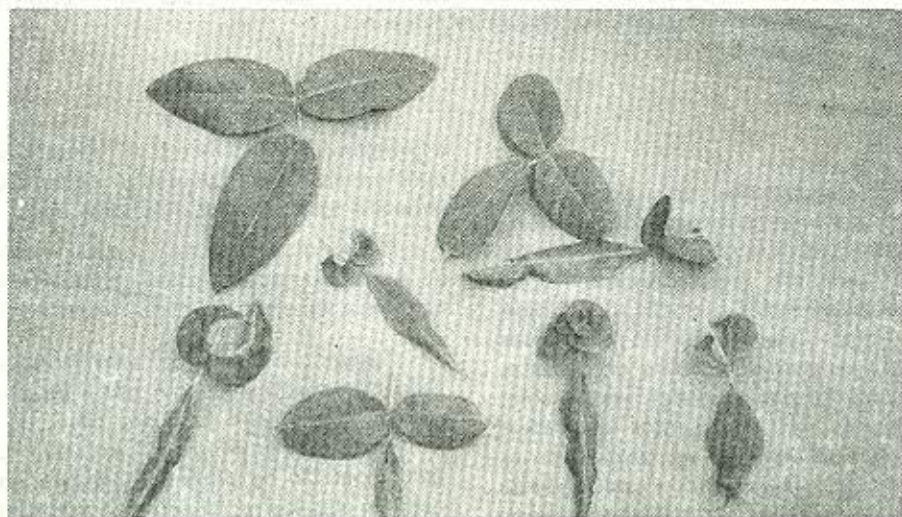


Fig. 2. Folíolos deformados de galáxia cultivada no solo de Brotas. No canto superior direito, uma folha normal.



## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

1. Com o siratro cultivado no solo Areia Quartzosa (Brotas), foram obtidas as respostas mais expressivas aos níveis de gesso aplicados, em termos de produção de matéria seca, quantidade total de nitrogênio e nodulação. As respostas aos níveis de gesso, para essas três variáveis, seguiram uma equação de segundo grau cujos pontos de máximo devem ocorrer entre 76 e 86kg de S/ha;
2. A aplicação de gesso na dose de 60kg de S/ha resultou em significativas elevações na nodulação da galáxia desenvolvida na Areia Quartzosa (Brotas) e tendência de aumento de produção de matéria seca na parte aérea e quantidade de nitrogênio total desta leguminosa;
3. As porcentagens de enxofre e de cálcio na parte aérea do siratro e da galáxia cultivados no solo de Brotas, e da galáxia, da soja-perene e da centrosema, no de Nova Odessa, foram significativamente aumentadas mediante o emprego dos níveis de gesso. O mesmo ocorreu para o teor de enxofre da soja-perene na Areia Quartzosa e para o teor de cálcio no siratro no PVIs;
4. A mineralização de parte da matéria orgânica nos solos poderia ter contribuído para a não verificação de mais respostas significativas aos níveis de enxofre estudados, especialmente no PVIs;
5. O gesso fez baixar o pH do solo nos vasos que receberam calagem para neutralizar o alumínio trocável dos solos, independentemente do nível de calagem aplicado;
6. Na centrosema e na galáxia cultivadas no solo de Brotas, ocorreram deformações nos folíolos, que não foram relacionadas aos níveis de gesso, semelhantes àquelas obtidas com a aplicação de herbicidas à base de 2,4-D.

**SUMMARY:** A pot experiment was carried out in a greenhouse in the Instituto de Zootecnia at Nova Odessa, State of São Paulo. Four forage legumes (siratro, galactia, perennial soybean and centro) were grown in Psamment soil from Brotas (cerrado region) and in a Red-Yellow Podzolic soil Laras variation from Nova Odessa. These species grew since November until January (Spring-Summer). Five levels of sulphur (0; 30; 60; 90 and 120kg/ha) as gypsum were applied. The best responses to sulphur were obtained with siratro grown in the Psamment soil. Maximum values for dry matter production, nitrogen content and dry weight of nodules in siratro were obtained with applications of 76 to 86kg S/ha. Galactia grown in the soil from Brotas increased its nodulation with the level of 60kg S/ha. The mineralization of the organic matter during the experimental period would have released mineral sulphur to the soil and would have prevented other responses to the levels of sulphur, specially in the Podzolic soil. Gypsum resulted in a reduction of soil pH in the pots that received lime to neutralize exchangeable aluminum and increased soil exchangeable calcium irrespective to the limestone level. Centro and galactia grown in the soil from Brotas showed deformed leaflets. These symptoms were not related to the treatments studied but they were similar to those obtained with the application of 2,4-D herbicide on the plant tops.

## AGRADECIMENTOS

Aos professores e pesquisadores Eurípedes Malavolta, Hiroshi Kimati, Paulo N. Camargo, Ricardo Victoria Filho, Álvaro Santos Costa, Luciano S. P. Cruz, Carlos Alberto L. dos Santos e Leão Leiderman, pela atenção e preocupação científica na busca de explicação para o agente causal dos sintomas verificados durante o experimento.

Ao estatístico Antonio Álvaro Duarte de Oliveira, pela colaboração na fase de análise estatística dos dados.

À Ultrafertil S.A. — Indústria e Comércio de Fertilizantes, pela concessão de parte dos recursos necessários à condução do presente trabalho.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - ANDREW, C. S. The effect of sulphur on the growth, sulphur and nitrogen concentrations, and critical sulphur concentrations of some tropical and temperate pasture legumes. *Austr. J. agric. Res.*, Melbourne, Vic., 28(5):807-20, sept. 1977.
- 2 - ——— Influence of nutrition on nitrogen fixation and growth of legumes. In: AUSTRÁLIA. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Division of Tropical Pastures. **A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pastures; a symposium.** Farnham Royal, Bucks, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1962. p. 130-46. (Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops, Bulletin 46).
- 3 - BATAGLIA, O. C. Determinação indireta de enxofre em plantas por espectrofotometria de absorção atômica. *Ci. Cult.*, São Paulo, 28(6):672-5, junho, 1976.
- 4 - EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas.** Trad. por E. Malavolta. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341 p.
- 5 - GALLO, J. R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O. C.; FURALANI, P. R.; FURLANI, A. M. C.; MATTOS, H. B.; SARTINI, H. J.; FONSECA, M. P. Composição química inorgânica de forrageiras no Estado de São Paulo. *B. Indústria. anim.*, São Paulo, 31(1):115-37, jan./jun. 1974.
- 6 - JONES, M. B. & QUAGLIATO, J. L. Respostas de quatro leguminosas tropicais e da alfafa e vários níveis de enxofre. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 5:359-63, 1970.
- 7 - ———; ———; FREITAS, L. M. M. Respostas de alfafa e algumas leguminosas tropicais à aplicação de nutrientes minerais, em três solos de campo cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 5:209-14, 1970.
- 8 - LOTT, W. L.; NERY, J. P.; GALLO, J. R.; MEDCALF, J. C. **A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro.** New York, IBEC Research Institute, 1956. 40 p. (Boletim, 9).
- 9 - MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola.** São Paulo, Ceres, 1976. 528p.
- 10 - ———; ROMERO, J. P.; LIEM, T. H.; VITTI, G. C. **Gesso agrícola: seu uso na adubação e correção do solo.** São Paulo, Departamento de Serviços Técnicos Agronômicos da Ultrafértil, 1979. 32 p. (Divulgação Técnica, 7)
- 11 - PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 4. ed. Piracicaba, Nobel, 1970. 430 p.
- 12 - ROBSON, A. D. Mineral nutrients limiting nitrogen fixation in legumes. In: ANDREW, C. S. & KAMPRATH, E. J., ed. **Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils.** Melbourne, CSIRO, 1978. p. 277-93.
- 13 - SANCHES, P. A. **Properties and management of soils in the tropics.** New York, John Wiley, 1976. 618 p.
- 14 - SARRUGE, J. R. & HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas.** Piracicaba, ESALQ/USP, 1974. 56 p.
- 15 - WERNER, J. C. & MATTOS, H. B. Estudos de nutrição de centrosema, *Centrosema pubescens* Benth. *B. Indústria. anim.*, São Paulo, 29(2): 375-91, jul./dez. 1972.