

RESPOSTAS DE QUATRO LEGUMINOSAS TROPICAIS E DA ALFAFA A VÁRIOS NÍVEIS DE ENXÔFRE¹

MILTON B. JONES² e JOÃO L. QUAGLIATO³

Sinopse

Quatro leguminosas tropicais e alfafa foram cultivadas num solo deficiente em enxôfre em casa de vegetação, tendo sido aplicado enxôfre em várias proporções. Foram feitos três cortes e os totais de nitrogênio e de enxôfre foram determinados no material colhido.

Tôdas as espécies examinadas aumentaram a produção de matéria seca na proporção do aumento de suprimento de enxôfre. Este efeito se tornou mais pronunciado no 3.º corte em tôdas as leguminosas menos o *Stylosanthes*, cujo desenvolvimento deve ter sido limitado por outro fator. A concentração total de enxôfre nas leguminosas tropicais foi, em geral, mais alta e variou menos do que para a alfafa. A concentração de nitrogênio tendeu a aumentar com a aplicação de níveis crescentes de enxôfre.

INTRODUÇÃO

A importância do uso do enxôfre como nutriente mineral em solos brasileiros foi ressaltada num trabalho realizado por McClung *et al.* (1961), que conduziram uma série de experimentos de campo em solos de campo cerrado do Brasil Central, tendo usado o algodão como cultura indicadora. Em termos de frequência de resposta, o enxôfre, como fator limitante, ficou em segundo lugar, após o calcário. A julgar pela incidência da clorose no tratamento em que não se usou enxôfre, quase todos os solos testados eram pelo menos ligeiramente deficientes nesse elemento.

As reservas minerais de enxôfre em solos de campo cerrado são consideradas muito baixas. Com o cultivo continuado, provavelmente a gravidade da deficiência de enxôfre se tornaria mais aguda. As pastagens formadas nesse solo muito provavelmente sofreriam sérias deficiências de enxôfre se as disponibilidades de nitrogênio fôssem mantidas em níveis adequados. McClung e Quinn (1959) demonstraram que uma pastagem formada de *Paspalum notatum*, que tinha sido intensamente fertilizada com nitrogênio durante cerca de 18 meses, respondeu à fertilização com en-

xôfre e fósforo tanto isoladamente como em combinação. O tratamento combinado aumentou a produção de matéria seca até seis vezes. Usando-se sulfato de sódio ou de cálcio como fonte de enxôfre, obtiveram-se imediata correção da clorose e maior crescimento.

Em trabalhos realizados por McClung e Freitas (1959) e por McClung *et al.* (1959) ficou demonstrado que, enquanto se encontravam deficiências agudíssimas de enxôfre em solos de campo cerrado, os solos superficiais de terras cobertas com mata virgem também respondiam a enxôfre.

Lott *et al.* (1960) constataram haver, no Brasil, deficiência de enxôfre no café. Chegaram à conclusão de que tal deficiência tende provavelmente a se tornar mais freqüente com a intensificação do uso de fertilizantes, a menos que cuidadosamente se escolham materiais que contenham enxôfre. Em um estudo conduzido em casa de vegetação, analisaram-se fôlhas para verificação do teor de enxôfre-sulfato, tendo-se encontrado valores médios de 50 ppm para plantas extremamente deficientes, 93 ppm para plantas pouco deficientes e 221 ppm para plantas normais.

Em um ensaio de pastoreio com bovinos, conduzido por Quinn *et al.* (1961), não houve resposta visível ao enxôfre durante o primeiro ano após a formação da pastagem. Tal se verificou tanto nos locais onde não se aplicou nitrogênio como naqueles em que foram usados 200 kg desse nutriente por hectare. Entretanto, no início da segunda estação, o aspecto clorótico da forragem nas parcelas com alto teor de nitrogênio denotava a deficiência de enxôfre.

¹ Recebido 25 jun. 1969, aceito 9 jan. 1970.

Conduzido como um projeto da Aliança para o Progresso sob o contrato USAID/IRI no Brasil.

² Eng.º Agrônomo contratado pela Universidade da Califórnia, Hoiland, Califórnia, EUA. Especialista em Forrageiras do Instituto de Pesquisas IRI no Brasil, quando em licença especial da Universidade da Califórnia, de dez. 1963 a jan. 1965.

³ Zootecnista do Centro de Nutrição Animal e Pastagens da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, Nova Odessa, SP. Falecido em dezembro de 1966.

A importância do uso das leguminosas em áreas deficientes em nitrogênio tem sido enfatizada repetidas vezes e promete contribuir grandemente para o incremento da produção de carne no Brasil. Entretanto, a fim de se atingir este objetivo, devem-se conhecer e satisfazer as necessidades de nutrientes dessas leguminosas tropicais. Dispõe-se de muito poucas informações sobre a resposta de leguminosas tropicais a níveis variáveis de enxofre. O objetivo deste estudo foi comparar a produção, o teor e a absorção de enxofre e as concentrações de S-SO₄, bem como os níveis de proteína de quatro leguminosas e da alfafa, quando afetadas por vários níveis de enxofre.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de um latossolo vermelho escuro, segundo descrição de Mikkelsen *et al.* (1963), coletadas na região de campo cerrado próxima a Orlândia, no Estado de São Paulo, foram levadas para o Centro de Nutrição Animal e Pastagens de Nova Odessa e submetidas a estudo em casa de vegetação. O solo foi secado ao ar, peneirado, tendo sido colocadas 3950 g em cada um de 100 vasos revestidos de sacos plásticos. Em todos os vasos foram colocados os seguintes elementos, nas doses indicadas entre parênteses, equivalentes a kg por hectare: P (175), K (220), Ca (1700), Mg (157), Mo (0,25) B (1,1), Zn (2) e Cu (2). Os compostos usados como fonte desses nutrientes foram: KH₂PO₄, CaO, MgO, (NH₄)₂MoO₇·4H₂O, H₃BO₃, quelato de zinco e quelato de cobre. Estes compostos foram dissolvidos em água, sendo adicionados ao solo em solução, exceto no caso do CaO e MgO, que foram adicionados a seco. Todos os fertilizantes foram inteiramente misturados ao solo.

Em 11 de setembro de 1964 as seguintes leguminosas foram semeadas em potes e tratadas com enxofre, nas doses de 0, 10, 20, 30 e 60 kg/ha, aplicado em forma de H₂SO₄: *Stylosanthes gracilis*, *Centrosema pubescens*, *Glycine javanica*, *Phaseolus atropurpureus* (siratro) e *Medicago sativa* (alfafa). O esquema experimental consistia em parcelas divididas em blocos ao acaso, com as espécies sendo os tratamentos principais, e as doses de enxofre, os subtratamentos, em quatro repetições. Cerca de duas semanas após a semeadura, procedeu-se ao desbaste de modo a ficarem cinco plantas em cada vaso. A umidade do solo foi mantida próximo à capacidade de campo através da pesagem diária de cada vaso e da adição de água para manutenção de um peso constante.

As concentrações de enxofre-sulfato foram determinadas (Johnson & Nishita 1952) nas primeiras folhas

maduras colhidas como amostras de cada espécie, exceto no caso de *S. gracilis*, em que foi usada a ponta de crescimento. Estas amostras foram colhidas a 9 de novembro e a 25 de janeiro. As produções de matéria seca das forrageiras foram determinadas a 9 de novembro, 14 de dezembro e 25 de janeiro. As concentrações totais de enxofre e nitrogênio no material colhido foram determinadas pelo método de Johnson e Nishita (1952) e pelo de Kjeldahl, respectivamente. As repetições foram combinadas para as análises de S e por isto não houve análise estatística para o total e para os dados de sulfato-enxofre.

RESULTADOS

Ao fim do experimento, verificou-se que as respostas de todas as espécies aos vários níveis de enxofre foram estatisticamente significativas. Entretanto, a

QUADRO 1. Efeito das diversas doses de enxofre na produção de leguminosas cultivadas em casa de vegetação, em um latossolo vermelho escuro da região de Orlândia, SP

Dose de S (kg/ha)	Data da colheita			Total
	9 nov.	14 dez.	25 jan.	
	Produção (g/vaso)			
	<i>Stylosanthes gracilis</i>			
0	5,5	8,0	3,1	16,6
10	8,0	9,2	3,3	20,5
20	8,8	8,3	3,4	20,5
30	8,0	8,5	3,2	19,7
60	9,5	8,9	3,6	21,9
	<i>Centrosema pubescens</i>			
0	12,3	3,9	5,8	22,0
10	14,5	5,0	6,5	26,0
20	12,5	5,1	8,2	25,8
30	11,8	5,0	8,2	25,0
60	12,0	5,5	8,6	26,1
	<i>Glycine javanica</i>			
0	3,5	9,1	4,3	26,9
10	12,8	9,0	7,9	29,7
20	12,5	10,4	8,6	31,5
30	11,0	9,6	8,8	29,4
60	13,3	10,8	10,1	34,2
	<i>Phaseolus atropurpureus</i>			
0	13,0	6,9	3,3	23,2
10	13,5	9,0	6,7	29,2
20	12,5	9,3	9,2	31,0
30	12,8	10,0	11,3	34,1
60	15,3	9,4	12,4	37,1
	<i>Medicago sativa</i>			
0	15,0	6,6	2,1	23,7
10	17,2	9,8	3,3	30,3
20	19,3	13,5	6,5	39,3
30	17,8	13,9	8,5	40,2
60	17,8	14,0	10,5	42,3

L. S. D. (0,05) para Enxofre x Espécie x Data = 1,7.

época e a magnitude das respostas foram bem diferentes para cada espécie.

No caso da *Stylosanthes gracilis*, a adição de enxofre aumentou as produções da primeira colheita, não continuando a haver aumento acentuado daí por diante como demonstrado no Quadro 1. As diferenças entre os vários níveis de enxofre foram pequenas verificando-se mais ou menos o mesmo crescimento com a adição de elevadas e pequenas doses desse nutriente.

A *Centrosema pubescens* não pareceu responder à adição de enxofre até a terceira colheita, o mesmo acontecendo com a *Glycine javanica*.

O *Phaseolus atropurpureus* apresentou ao tempo da segunda colheita, alguma resposta ao enxofre, e na terceira a resposta obtida teve magnitude muito maior

QUADRO 2. Efeito de várias doses de enxofre sobre a percentagem de S determinada em diversas leguminosas

Dose de S (kg/ha)	Data da colheita		
	9 nov.	14 dez.	25 jan.
	% de S		
	<i>Stylosanthes gracilis</i>		
0	0,195	0,102	0,096
10	0,151	0,145	0,096
20	0,204	0,180	0,130
30	0,235	0,177	0,140
60	0,240	0,214	0,209
	<i>Centrosema pubescens</i>		
0	0,134	0,165	0,162
10	0,126	0,160	0,176
20	0,166	0,210	0,174
30	0,148	0,213	0,188
60	0,158	0,218	0,195
	<i>Glycine javanica</i>		
0	0,110	0,056	0,072
10	0,115	0,078	0,081
20	0,131	0,107	0,093
30	0,173	0,115	0,107
60	0,218	0,128	0,145
	<i>Phaseolus atropurpureus</i>		
0	0,113	0,143	0,071
10	0,131	0,121	0,083
20	0,101	0,153	0,097
30	0,123	0,143	0,102
60	0,116	0,170	0,120
	<i>Medicago sativa</i>		
0	0,061	0,060	0,057
10	0,070	0,064	0,059
20	0,082	0,095	0,057
30	0,112	0,076	0,066
60	0,169	0,107	0,075

do que a das outras leguminosas tropicais utilizadas no estudo.

A *Medicago sativa* respondeu ao enxofre em tôdas as colheitas e a magnitude da resposta foi constantemente maior do que a de qualquer outra leguminosa usada no experimento.

No Quadro 2 mostra-se a percentagem de enxofre existente no tecido das plantas por ocasião de cada colheita. De modo geral, essa percentagem foi ficando maior com o aumento das doses de enxofre aplicadas, diminuindo conforme a data da colheita se adiantava. Esta tendência não foi muito pronunciada na primeira colheita das leguminosas tropicais, mas tornou-se mais nítida quando da terceira colheita. Parece que a alfafa era muito mais sensível à defi-

QUADRO 3. Efeito das diversas doses de enxofre sobre a concentração de S-SO₄ nas primeiras folhas maduras das extremidades das leguminosas

Dose de S (kg/ha)	Data da amostragem	
	9 nov.	25 jan.
	ppm de SO ₄	
	<i>Stylosanthes gracilis</i>	
0	581	193
10	737	215
20	1430	279
30	1303	451
60	1691	1091
	<i>Centrosema pubescens</i>	
0	681	250
10	1164	161
20	1252	193
30	1303	258
60	1447	294
	<i>Glycine javanica</i>	
0	232	117
10	268	117
20	361	141
30	513	141
60	404	208
	<i>Phaseolus atropurpureus</i>	
0	148	94
10	121	117
20	193	258
30	265	141
60	287	164
	<i>Medicago sativa</i>	
0	241	125
10	255	47
20	394	58
30	468	129
60	574	171

ciência de enxôfre que as leguminosas tropicais. Parece também que mesmo as dosagens mais altas de enxôfre registradas na terceira colheita de *M. sativa* foram insuficientes, indicando os níveis encontrados deficiência desse nutriente. Talvez as leguminosas tropicais fossem mais eficazes na extração de enxôfre do solo já que seus níveis eram, de modo geral, mais elevados que os encontrados na *M. sativa*.

No Quadro 3, são apresentadas as concentrações de enxôfre-sulfato em amostragens das várias leguminosas, feitas em duas datas. Na primeira colheita, os níveis de sulfato-enxôfre foram bastante elevados comparados com os valores em 25 de janeiro, particularmente em folhas de *S. gracilis* e *C. pubescens*. O decréscimo em sulfato-enxôfre, com o tempo, foi

QUADRO 4. Efeito de várias doses de enxôfre sobre a percentagem de N em diversas leguminosas

Dose de S (kg/ha)	Data da colheita		
	9 nov.	14 dez.	25 jan.
	Stylosanthes gracilis		
0	2,59	2,00	2,84
10	2,19	2,74	3,00
20	2,35	2,93	3,19
30	2,25	2,96	3,33
60	2,43	3,01	3,08
	Centrosema pubescens		
0	1,41	3,82	2,55
10	1,47	3,61	2,58
20	1,38	3,73	2,78
30	1,33	4,06	2,94
60	1,60 ^a	3,94	2,69
	Glycine javanica		
0	1,95	3,04	1,95
10	1,97	3,44	2,52
20	1,66	3,30	2,86
30	2,02	3,54	2,90
60	2,39	3,55	3,06
	Phaseolus atropurpureus		
0	2,88	3,01	2,41
10	2,90	3,45	2,61
20	2,96	3,71	2,95
30	3,10	3,72	3,09
60	2,59	3,62	3,23
	Medicago sativa		
0	2,33	1,97	2,19
10	2,44	2,05	2,24
20	2,37	2,25	2,21
30	2,23	2,24	2,47
60	2,56	2,35	2,08

^a Não está nodulado.
L.S.D. (0,05) para Enxôfre x Espécie x Data = 0,31.

muito mais acentuado do que o decréscimo dos valores totais de enxôfre.

Calculando-se a correlação entre teores de sulfato e produção foram obtidos os coeficientes $r = 0,82^{**}$, $0,85^{**}$, $0,63^*$, $0,53$ e $0,68$ para *S. gracilis*, *C. pubescens*, *G. javanica*, *P. atropurpureus* e *M. sativa*, respectivamente.

No Quadro 4 está registrada a percentagem média de nitrogênio encontrada em cada espécie quando afetada pelo nível de enxôfre. Por ocasião da primeira colheita, a percentagem de nitrogênio aumentou apenas na *G. javanica*, onde tinham sido aplicados 60 kg de enxôfre por hectare. Na segunda colheita, a aplicação de enxôfre pareceu aumentar a percentagem de nitrogênio em tôdas as espécies com exceção de *C. pubescens*. Na terceira colheita, pelo menos

QUADRO 5. Efeito das diversas doses de S sobre as proporções entre N e S nas leguminosas

Dose de S (kg/ha)	Data da colheita		
	9 nov.	14 dez.	25 jan.
	Proporção N/S		
	Stylosanthes gracilis		
0	13,3	25,5	29,6
10	14,5	18,9	31,3
20	11,5	18,3	24,5
30	9,5	16,7	23,8
60	10,1	14,1	14,8
	Centrosema pubescens		
0	10,5	23,1	14,2
10	11,7	22,6	14,7
20	8,3	17,8	16,0
30	9,0	19,1	15,6
60	10,7	18,1	13,9
	Glycine javanica		
0	17,7	54,3	46,8
10	17,1	44,1	31,1
20	12,7	30,8	30,8
30	11,7	30,8	27,1
60	11,0	27,7	21,1
	Phaseolus atropurpureus		
0	25,5	21,1	33,9
10	22,1	28,5	31,4
20	20,2	23,5	30,4
30	25,2	26,0	30,3
60	22,3	20,0	25,0
	Medicago sativa		
0	38,2	28,6	47,4
10	34,9	32,1	38,0
20	28,9	23,7	38,8
30	19,9	20,5	37,4
60	15,2	22,0	27,7

um ou mais tratamentos com enxôfre revelaram-se com teor significativamente mais alto de nitrogênio que o tratamento sem enxôfre.

No Quadro 5 apresenta-se a proporção entre N e S afetada pelas doses de enxôfre. Na primeira colheita estas proporções foram baixas para *S. gracilis* e *C. pubescens*; médias para *G. javanica*; pouco mais altas para *P. atropurpureus*; e bem elevadas para *M. sativa*, exceto nos tratamentos em que o nível de enxôfre foi mais alto. Com o tempo, os valores tenderam a aumentar; os mais elevados foram regularmente constatados para *M. sativa* e *P. atropurpureus*, tendo também se registrado nos tratamentos com baixos níveis de enxôfre.

Dijkshoorn *et al.* (1960), trabalhando com azevém (*Lolium perenne*), levantaram a hipótese de que, como as proteínas vegetais comuns produzem uma proporção de N para S igual a 17, somente quando os valores dessa proporção são inferiores a 17 há deficiência de enxôfre. Se o valor 17 na proporção entre N e S tiver qualquer significância como indicador de deficiência de enxôfre, então, conforme a amostragem de 25 de janeiro, tôdas as leguminosas mostrariam deficiência de enxôfre, com exceção de *C. pubescens*, em todos os níveis de enxôfre, e do *S. gracilis*, ao nível de 60 kg de enxôfre por hectare. Usando-se os valores de S-SO₄ para indicar o teor de enxôfre,

alguns dos resultados obtidos nesta data para *C. pubescens* parecem baixos e todos os de *S. gracilis* parecem altos, exceto no tratamento em que não se usou enxôfre. Parece ser necessário um trabalho de pesquisa mais profundo para esclarecer exatamente qual o fator que melhor determina o teor de enxôfre nas leguminosas tropicais.

REFERENCIAS

- Dijkshoorn, W., Lampe, J.E.M. & Van Burg, P.F.J. 1960. A method of diagnosing the sulfur nutrition status of herbage. *Plant and Soil* 13:277-241.
- Johnson, L.M. & Nishita, H. 1952. Microestimation of sulfur. *Anal. Chem.* 24:736-742.
- Lott, W.L., McClung, A.C. & Medcalf, J.C. 1960. Sulfur deficiency in coffee. IRI Research Institute, Inc., Bull. 22.
- McClung, A.C. & Freitas, L.M.M. de. 1959. Sulfur deficiency in soils from Brazilian campos. *Ecology* 40:315-317. (Também impressa como IRI Technical Note 2)
- McClung, A.C., Freitas, L.M.M. de & Lott, W.L. 1959. Analyses of several Brazilian soils in relation to plant responses to sulfur. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 23:221-224. (também impressa como IRI Bull. 17)
- McClung, A.C., Freitas, L.M.M. de, Mikkelsen, D.S. & Lott, W.L. 1961. Cotton fertilization on campo cerrado soils - State of São Paulo, Brasil. IRI Research Institute, Inc., Bull. 27.
- McClung, A.C. & Quinn, L.R. 1959. Sulfur and phosphorus responses of Batatais grass (*Paspalum notatum*). IRI Research Institute, Inc., Bull. 18.
- Quinn, L.R., Mott, G.O. & Bisschoff, W.V.A. 1961. Fertilization of Colonial Guinea grass pastures and beef production with Zebu steers. IRI Research Institute, Inc., Bull. 24.
- Mikkelsen, D.S., L.M.M. de Freitas & A.C. McClung (1963). Effects of liming and fertilizing cotton, corn and soybeans on campo cerrado soils, State of São Paulo, Brazil. IRI Research Institute, Inc., Bull. 29.

RESPONSE OF FOUR TROPICAL LEGUMES AND ALFAFA TO VARYING LEVELS OF SULFUR

Abstract

Four tropical legumes and alfalfa were grown on a sulfur deficient soil in the greenhouse with various rates of S applied. Plants were harvested at three dates and total S and N determined on harvested plant material. The first fully matured leaves were sampled for sulfate-sulfur determination at two dates.

All of the species tested increased in dry matter production as the supply of S increased. However, the time at which the response occurred and the magnitude of the responses were different for each species. Total S and sulfate-S concentrations in the tropical legumes were generally higher and varied less than in alfalfa. Total S value decreased less with time than SO₄-S values. Nitrogen concentration tended to increase with increasing levels of applied S.