

# EFEITO DE CÁLCIO, ENXOFRE E OUTROS NUTRIENTES NO RENDIMENTO E NODULAÇÃO DA LEUCAENA LEUCOCEPHALA EM UM SOLO DE CERRADO<sup>1</sup>

CLÁUDIO SANZONOWICZ<sup>2</sup> e WALTER COUTO<sup>3</sup>

RESUMO - Num experimento em casa de vegetação, em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso (Haplustox), testou-se a resposta a vários nutrientes, da (*Leucaena leucocephala* Lam de Vit. cv. Cunningham). Utilizaram-se os níveis equivalentes a 0 e 500 ppm de CaCO<sub>3</sub>, 0 e 40 ppm de K, 0 e 15 ppm de S, 0 e 10,2 ppm de Mg, 0 e 1 ppm de Cu, 0 e 1 ppm de Zn, 0 e 0,5 ppm de B, 0 e 0,25 ppm de Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O, e uma adubação básica de 50 ppm de P em relação a solo seco. Os maiores aumentos na produção de matéria seca na parte aérea e de raízes, número e peso total de nódulos, foram devidos a Ca e S, observando-se uma interação entre Ca x S. O Cu aumentou o rendimento da matéria seca na parte aérea somente na ausência de K. A aplicação de CaCO<sub>3</sub> aumentou os teores de Ca e reduziu o Mg; no entanto, as quantidades totais de Ca e Mg no tecido das plantas foram aumentadas. No solo, a aplicação de CaCO<sub>3</sub> elevou o pH de 4,3 para 5,0 e causou um aumento no teor de Ca de 0,8 para 1,4 me/100 ml, e uma redução nos teores de Mg e Al de 0,6 para 0,4 me/100 ml e de 0,81 para 0,47 me/100 ml, respectivamente. O S aumentou as quantidades absorvidas de Ca e Mg pelas plantas. A aplicação de K, Mg, Zn, Mo e B não afetou o rendimento de matéria seca, e nem o número e peso total de nódulos. Cu aumentou somente o peso de raízes.

Termos para indexação: adubação, micronutrientes, potássio, magnésio, cobre, zinco, boro e molibdênio.

## EFFECT OF CALCIUM, SULPHUR AND OTHER NUTRIENTS ON DRY MATTER YIELD AND NODULATION OF LEUCAENA LEUCOCEPHALA IN A "CERRADO" SOIL

ABSTRACT - An experiment was conducted in the greenhouse at the Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, DF., in which the response of (*Leucaena leucocephala* Lam de Vit. cv. Cunningham) to several nutrients was tested in a Dark Red Latosol (Haplustox). Levels used were 0 and 500 ppm of CaCO<sub>3</sub>, 0 and 40 ppm of K, 0 and 15 ppm of S, 0 and 10.2 ppm of Mg, 0 and 1 ppm of Cu, 0 and 1 ppm of Zn, 0 and 0.5 ppm of B, 0 and 0.25 ppm of Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O and a basic application of 50 ppm of P. The highest increases in dry matter yield, root weight and number and total weight of root nodules were observed when Ca and S were applied. An interaction between calcium x sulfur was also observed. Copper increased dry matter yield only in the absence of K. The application of CaCO<sub>3</sub> increased Ca content and reduced Mg content in plants but total Ca and Mg uptake were increased. Calcium carbonate increased soil pH from 4.3 to 5.0 while exchangeable Ca increased from 0.8 to 1.4 me/100 ml of soil. Exchangeable Mg and Al decreased from 0.6 to 0.4 me/100 ml of soil and from 0.81 to 0.47 me/100 ml of soil respectively. S application increased Ca and Mg uptake. K, Mg, Zn, Mo and B did not affect either dry matter yield or number and weight of nodules. Cu increased root weight only.

Index terms: fertilization, micronutrients, potassium, sulphur, magnesium, copper, zinc, boro and molibdenium.

### INTRODUÇÃO

A região dos cerrados ocupa cerca de 150 milhões de hectares e concentra quase a metade do rebanho bovino brasileiro. Uma das maiores limitações à exploração pecuária nessa região é a

falta de uma alimentação adequada no período da seca. Neste período, as pastagens naturais e quase a totalidade das espécies cultivadas paralisam o seu desenvolvimento e diminuem o seu valor nutritivo (Kornelius et al. 1978). Segundo Hill (1971), uma maneira de aumentar a quantidade e o teor de proteína na alimentação animal é introduzir uma leguminosa como a *Leucaena leucocephala*, que possui alta produtividade, palatabilidade e percentagem de proteína quando comparada com as forrageiras disponíveis, além de possuir capacidade de resistir a repetidas desfolhações.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 10 de fevereiro de 1981.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) - EMBRAPA, Caixa Postal 70.0023, CEP 73300 - Planaltina, DF.

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D., Convênio EMBRAPA (CPAC) e CIAT.

Há enorme interesse em torno da utilização da *Leucaena* como uma espécie para a formação dos assim chamados "bancos de proteína" para serem usados estrategicamente no período da seca, quando a maioria das forrageiras utilizadas na região para a criação do gado praticamente paralisam o crescimento e decrescem em qualidade nutritiva. Ao contrário de muitas outras leguminosas recomendadas para pastagens nas regiões tropicais, a *Leucaena* desenvolve-se na forma de um arbusto ou de uma árvore. Apesar de ser uma espécie originária de solos básicos, segundo Hutton & Andrew (1978) e Jones (1980) a *Leucaena* pode crescer bem em vários tipos de solo, com exceção definida para os solos muito ácidos (com baixa saturação de bases) e para os solos mal drenados, sendo particularmente bem adaptada aos solos argilosos calcários.

Estudos realizados por Lopes (1975) quanto à fertilidade natural dos solos sob vegetação de cerrados mostraram que a maioria apresenta pH em água abaixo de 5, e que mais de 90% das 518 amostras superficiais apresentaram baixos teores de Ca, Mg, K, P e Zn. Na maioria destes solos, houve ainda uma saturação de alumínio acima de 20%, nível a partir do qual a maioria das culturas são prejudicadas e portanto apresentam uma redução de rendimento.

O objetivo deste trabalho foi o de identificar, além do fósforo, outros elementos que estariam limitando o desenvolvimento da *Leucaena* no tocante à produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, como também no número e peso de nódulos.

#### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - CPAC-, Planaltina, DF. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho-Escuro de textura argilosa fase cerradão subcaducifólio relevo plano, descrito pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1978).

Utilizou-se como esquema experimental um fatorial fracionado 2<sup>8</sup>, proposto por Cochran & Cox (1957), em dois blocos.

Os vasos continham 4 kg de solo tamizado e homogeneizado em peneira com malha de 2 mm. Foi feita uma adubação básica em todos os vasos, com 50 ppm de P na

forma de NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O, e a seguir foram adicionados os níveis de 0 e 500 ppm de CaCO<sub>3</sub>. Após a mistura do fósforo e do CaCO<sub>3</sub> com o solo de cada vaso, fez-se a aplicação dos demais nutrientes, separadamente e na forma de soluções, na razão de 0 e 40 ppm de K (KCl), 0 e 15 ppm de S (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 0 e 10,2 ppm de Mg (MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O), 0 e 1 ppm de Cu (CuCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O), 0 e 1 ppm de Zn (ZnCl<sub>2</sub>), 0 e 0,5 ppm de B (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>.10H<sub>2</sub>O), 0 e 0,25 ppm de Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O, aplicados de acordo com a combinação dos elementos propostos pelo delineamento experimental. Todos esses nutrientes adicionados eram reagentes analíticos e foram aplicados um dia antes do plantio. A seguir, foram semeadas cinco sementes, por vaso, de *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit. cultivar Cunningham. As sementes foram escarificadas manualmente através de meios mecânicos e inoculadas com o inoculante de turfa contendo a estirpe CIAT-843 (CB-81). O desbaste foi feito 40 dias após o plantio, deixando-se três plantas por vaso. Dez dias após o desbaste aplicaram-se 4 ml, por vaso, de uma suspensão de *Rhizobium*, que foi distribuída ao redor das plantas. A suspensão foi preparada no setor de microbiologia do solo do CPAC, com as estirpes DF-10 e DF-15.

Os vasos eram molhados diariamente, sendo que uma vez por semana era feita a uniformização do peso através de pesagens dos mesmos.

Os vasos foram distribuídos ao acaso, fazendo-se, após a germinação das plantas, sorteio semanal dos mesmos.

O corte de avaliação foi feito aos 96 dias após a semeadura, a 5 cm acima do nível do solo. Após a colheita, a parte aérea foi levada a estufa para secagem a 65°C, até peso constante. A seguir, as amostras foram moídas e levadas ao laboratório para a determinação das percentagens de cálcio, magnésio e potássio. Logo após a colheita, foi feita a retirada das raízes dos vasos para a avaliação da produção de matéria seca, número e peso total de nódulos.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Produção de matéria seca** - A análise de variância mostrou efeito significativo do CaCO<sub>3</sub>, S, Cu e das interações entre Ca x S e K x Cu na produção de matéria seca da *Leucaena*.

Nota-se, na Tabela 1, que a aplicação de 500 ppm de CaCO<sub>3</sub> aumentou mais de três vezes a produção de matéria seca da parte aérea e das raízes. Os resultados coincidem com as observações realizadas por Hutton & Andrew (1978), segundo as quais, apesar de ser a *Leucaena* originária de solos calcários, pode desenvolver-se bem com a aplicação de 1.250 kg/ha de calcário.

A aplicação de 15 ppm de S praticamente dobrou a produção de matéria seca, tanto da parte aérea como das raízes. Estudos realizados por

Southern (1967), citados por Hill (1971), em Nova Guiné, têm mostrado que este gênero é muito sensível à deficiência de S. Segundo Freitas (1971), é importante a inclusão de S como nutriente para o estabelecimento de leguminosas, pois os solos tropicais são deficientes neste elemento, o qual, além de outras funções que desempenha na planta, é um constituinte essencial das proteínas.

Os maiores aumentos na produção de matéria seca da parte aérea e das raízes foram verificados na presença de Ca e S (Tabela 2). Com a aplicação de  $\text{CaCO}_3$ , a parte aérea aumentou 240% e as raízes de 300% na presença de S, enquanto que na ausência de S, os aumentos foram de 217 e 157%, respectivamente, para a parte aérea e raízes. Em relação à adição de S, houve um aumento de pro-

TABELA 1. Produção de matéria seca (MS) e de raízes (MSR), número de nódulos por vaso (NUN), peso de nódulos (PNO), teor de cálcio (Ca), e magnésio (Mg) e conteúdo total (t) no tecido da parte aérea das plantas na ausência e presença de  $\text{CaCO}_3$ , S, Cu e Mg.

Tratamento	Dose	MS	MSR	NUN	PNO	Ca	Mg	Cat	Mgt
	ppm	g/vaso		nº/vaso	mg/vaso	%		mg/vaso	
$\text{CaCO}_3$	0	1,6	0,8	0,3	0,5	0,65	0,31	10,2	5,2
$\text{CaCO}_3$	500	5,3	2,9	13,1	22,9	1,10	0,26	57,5	13,8
S	0	2,5	1,2	0,0	0,0	ns*	ns	25,2	6,7
S	15	4,4	2,5	13,4	23,4			42,5	12,3
Cu	0		1,6			ns	ns	ns	ns
Cu	1	ns	2,1	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mg	0						0,27		8,8
Mg	10,2	ns		ns	ns	ns	0,30	ns	10,2

\* Valores não significativos pelo Teste F ao nível de 5%.

Os valores na mesma coluna, quando comparados na presença e ausência do elemento, são significativos pelo Teste F ao nível de 5%.

TABELA 2. Produção de matéria seca na parte aérea (MS) e de raízes (MSR), número de nódulos (NUN), peso total de nódulos por vaso (PNO), teor de cálcio (Ca) e a quantidade absorvida de cálcio (Cat), e potássio (Kt) pelo tecido das plantas em função das interações Ca x S e K x Cu.

Elementos		MS	MSR	NUN	PNO	Ca	Cat	Kt
dose	dose	g/vaso		nº/vaso	mg/vaso	%	mg/vaso	
$\text{CaCO}_3$		g/vaso		nº/vaso	mg/vaso	%	mg/vaso	
	S							
500	15	6,8	4,0	45,9	26,1	1,07	72,6	110,9
0	15	2,0	1,0	0,9	0,6	0,65	12,6	35,7
500	0	3,8	1,8	0,0	0,0	1,13	42,4	58,9
0	0	1,2	0,7	0,0	0,0	0,66	8,0	18,7
K		g/vaso		nº/vaso	mg/vaso	%	mg/vaso	
	Cu							
40	1	3,0	1,8	11,9	5,9	0,95	32,9	47,1
40	0	3,4	1,6	12,1	7,4	0,84	33,3	57,5
0	1	4,1	2,4	15,5	10,0	0,80	35,8	63,5
0	0	3,3	1,7	7,4	3,3	0,92	33,6	56,1
D.M.S. (0,05)		0,7	1,9	12,7	7,2	0,14	3,13	3,8

dução de matéria seca da parte aérea de 79 e 67%, enquanto que as raízes tiveram um acréscimo de 122 e 43%, respectivamente, na presença e ausência de  $\text{CaCO}_3$ . Estudos realizados por Couto & Sanzonowicz (1979), testando a resposta do centrosema e do calopogônio à fertilização com  $\text{CaCO}_3$  e S, já tinham observado uma resposta acentuada a estes dois elementos, apesar de não ter sido constatada nenhuma interação entre estes nutrientes.

A aplicação de 1 ppm de Cu aumentou somente o peso de raízes, sem causar nenhum efeito no desenvolvimento da parte aérea. No entanto, na ausência de K, houve um aumento ao redor de 36,7% na produção de matéria seca da parte aérea (Tabela 2). Estudos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1980) neste mesmo tipo de solo mostraram que houve resposta do *Eucalyptus camaldulensis* à aplicação de Cu. Os outros micronutrientes, B, Co, Fe, Mn, Mo e Zn não tiveram nenhum efeito no desenvolvimento desta espécie. Por outro lado, Couto & Sanzonowicz (1979) não obtiveram nenhuma resposta do centrosema e do calopogônio à aplicação de Cu, neste solo.

Não se observou nenhuma resposta da *Leucaena* à aplicação de K, B, Mg, Zn e Mo. Porém, outros trabalhos realizados por Couto & Sanzonowicz (1979) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1980), num tipo de solo igual ao utilizado neste ensaio, obtiveram resposta de leguminosas forrageiras a Mo e à interação entre S e Mo.

**Nodulação** - A análise de variância mostrou um efeito significativo da aplicação de  $\text{CaCO}_3$  e S, e da interação Ca x S no número e peso total de nódulos por vaso (Tabelas 1 e 2). Observa-se que, nos tratamentos em que não foi aplicado o  $\text{CaCO}_3$ , praticamente não houve nenhuma nodulação, o que tem limitado o desenvolvimento das plantas. Segundo Norris (1967 e 1973), a não-ocorrência ou a falta de adaptação da *Leucaena* a solos ácidos - já que é uma espécie de ocorrência natural em solos neutros ou pouco ácidos -, é porque as estirpes de *Rhizobium*, além de serem específicas para a *Leucaena*, somente são efetivas em solos bem supridos de cálcio. A seleção de estirpes mais adaptadas a solos ácidos, como a CB-81, que nodula bem em pH de 5,5 (Hutton & Andrew 1978),

e a seleção no CPAC de estirpes ainda mais tolerantes, DF-10 e DF-15, que se adaptam bem em um pH de 4,8 (Vargas<sup>4</sup>), talvez tenham possibilitado uma boa resposta da forrageira à aplicação de 500 ppm de  $\text{CaCO}_3$ , onde o pH do solo foi elevado de 4,3 a 5,0.

Observa-se, na Tabela 1, que não houve nodulação nos tratamentos que não receberam o S, mesmo nas parcelas em que foi aplicado o  $\text{CaCO}_3$ . O número e o peso total de nódulos por vaso aumentou ainda mais quando na presença do  $\text{CaCO}_3$  e do S. A importância do S no metabolismo das leguminosas é bem conhecida, pois entre outras funções, entra na formação da nitrogenase, enzima esta responsável pela fixação de  $\text{N}_2$  pelas bactérias nos nódulos das raízes.

Os outros elementos que foram aplicados ao solo, tais como o K, Mg, Zn, Mo, Cu e B, não tiveram nenhum efeito no número e peso total de nódulos por vaso.

**Nutrientes na parte aérea da planta** - As concentrações e as quantidades absorvidas de Ca e Mg, estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

A análise de variância mostrou que a aplicação de 500 ppm de  $\text{CaCO}_3$  elevou a percentagem de Ca e diminuiu o Mg; no entanto, as quantidades absorvidas de Ca e Mg pelo tecido das plantas também foram aumentadas. Hutton & Andrew (1978) não observaram nenhuma modificação da percentagem de Mg em *Leucaena* em nível semelhante de  $\text{CaCO}_3$  ao utilizado neste experimento; contudo, observaram um aumento na quantidade de cátions totais e na concentração de Ca no tecido da *Leucaena*.

A adição de S ao solo não teve nenhum efeito nos teores de Ca e Mg, mas aumentou as quantidades totais destes elementos absorvidas pelo tecido das plantas. O aumento das quantidades absorvidas de Ca e de Mg se deveu a uma maior produção de matéria seca nos tratamentos que receberam o S.

A aplicação de Mg, apesar de não ter causado nenhum efeito no desenvolvimento da *Leucaena*, aumentou o teor e a quantidade dele absorvido pelas plantas.

4

Comunicação pessoal do Dr. Milton A.T. Vargas.

TABELA 3. Características químicas do solo no final do experimento na ausência e presença de CaCO<sub>3</sub> e de K.

Elementos	Dose	pH	K	Ca	Mg	Al	Alsat
	ppm	1:1	ppm	me/100		ml	%
CaCO <sub>3</sub>	0	4,3	94	0,8	0,6	0,81	37
CaCO <sub>3</sub>	500	5,0	69	1,4	0,4	0,47	21
K	0	4,8	62	ns*	ns	ns	ns
K	40	4,6	101				

\* Valores não significativos (Teste F 5%).

As demais médias diferem entre si quando comparadas na presença e ausência do elemento pelo Teste de F (5%).

**Nutrientes no solo** - A análise de variância mostrou efeito significativo do CaCO<sub>3</sub> na elevação do pH e na quantidade de Ca; por outro lado, diminuiu a quantidade de K, Mg e Al, e, conseqüentemente, baixou a saturação de Al (Tabela 3). Efeitos semelhantes da adição de CaCO<sub>3</sub>, neste tipo de solo, foram observados por Sanzonowicz et al. (1980).

A diminuição do K e Mg disponível no solo, na presença de CaCO<sub>3</sub>, se deve à maior retirada destes elementos pelas plantas, já que nestes tratamentos houve grande produção de matéria seca, não somente de parte aérea mas também de raízes.

#### CONCLUSÕES

1. A aplicação de CaCO<sub>3</sub> e S aumentou a produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, bem como o número e peso total de nódulos.

2. O CaCO<sub>3</sub> elevou o pH e a quantidade de Ca, e diminuiu as quantidades de Mg e a saturação de alumínio no solo.

3. Não houve nodulação nas raízes das plantas na ausência de S.

4. Aumentou a produção de matéria seca de raízes com a aplicação de Cu, na ausência de K.

5. A aplicação de K, Mg, Zn, Mo e B não teve nenhum efeito no desenvolvimento da *L. leucocephala* cv. Cunningham.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. Milton A.T. Vargas pelo auxílio prestado na área de microbiologia do solo.

#### REFERÊNCIAS

- COCHRAN, W.G. & COX, G.M. Factorial experiments, in fractional replication. In: ————. *Experimental design*, 2.ed. New York, J. Wiley, 1957. Cap. 6, p.244-92.
- COUTO, W. & SANZONOWICZ, C. Deficiências de nutrientes para o estabelecimento de leguminosas em solos de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 17, Manaus, 1979. Anais... Manaus, 1979. p.52.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. Levantamento e reconhecimento dos solos do Distrito Federal. Rio de Janeiro, 1978. 455p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 53).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Planaltina, DF. Relatório técnico anual. Brasília, 1980. 172p.
- FREITAS, L.M.M. Adubação de leguminosas tropicais. In: AS LEGUMINOSAS NA AGRICULTURA TROPICAL. Anais... IPEACS. 1971. p.193-210.
- HILL, G.D. *Leucaena leucocephala* for pastures in the tropics. *Herb. Abstr.*, 41(2):111-9, 1971.
- HUTTON, E.M. & ANDREW, C.S. Comparative effects of calcium carbonate on growth, nodulation, and chemical composition of four *Leucaena leucocephala* lines, *M. lathyroides* and *L. bainesii*. *Aust. J. Exp. Agr. Anim. Husb.*, 18:81-8, 1978.
- JONES, R.J. *Leucaena*; alfafa tropical. São Paulo, Manah S/A, 1980.
- KORNELIUS, E.; SAUERESSIG, M.G. & GOEDERT, W.J. Establecimiento y manejo de praderas en los cerrados del Brasil. In: ————. *Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos*. Cali. CIAT, 1978. p.159-79.
- LOPES, A.S. A survey of the fertility status of soils under "cerrado vegetation in Brazil". Raleigh, North Carolina State University, 1975. 138p. Tese Mestrado.
- NORRIS, D.O. The intelligent use of inoculants and lime pelleting for tropical legumes. *Trop. Grassl.*, 1:107-21. 1967.

- NORRIS, D.O. Seed pelleting to improve nodulation of tropical and sub-tropical legumes. 5. The contrasting to lime pelleting of two *Rhizobium* strains on *Leucaena leucocephala*. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb., 13:98-101, 1973.
- SANZONOWICZ, C.; VARGAS, M.A.T. & LOBATO, E. Tolerância da *Leucaena leucocephala* à acidez em um solo de cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO. 14, Cuiabá, 1980. Anais . . . Cuiabá, 1980. p.31.