

INFLUÊNCIA DE MAGNÉSIO, MICRONUTRIENTES E CALAGEM NO DESENVOLVIMENTO E FIXAÇÃO SIMBIÓTICA DE NITROGÊNIO NA SOJA PERENE VAR. TINAROO (*Glycine wightii*) EM SOLO DE CERRADO¹

CONÇALO E. DE FRANÇA², ANTONIO F. C. BAHIA FILHO² e MARGARIDA M. DE CARVALHO³

SINOPSE.— Foi realizado um ensaio em casa de vegetação para estudar o efeito de micronutrientes, magnésio e calagem no desenvolvimento e fixação simbiótica de N em soja perene var. Tinaroo (*Glycine wightii*) em um latossolo vermelho-escuro fase cerrado.

O delineamento experimental utilizado foi um fatorial 2⁵ em blocos ao acaso com três repetições. Foram estudadas as seguintes variáveis: peso seco, N total, peso de nódulos e teores de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea.

Em face dos dados obtidos concluiu-se que a calagem teve um efeito pronunciado no peso seco, N total e nos teores de N, P, Ca e Mg das plantas. O peso dos nódulos diminuiu com a calagem quando não foi aplicado boro. A aplicação de magnésio não afetou qualquer variável estudada.

Nos tratamentos com calagem, o boro aumentou a produção de matéria seca, N total e peso de nódulos, tendo diminuído os teores de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea. A interação calagem × zinco foi significativa somente no peso seco das plantas e seu teor de P e K.

O molibdênio, quando em ausência de calagem, aumentou o N total e percentual nas plantas.

INTRODUÇÃO

Em estudo realizado em latossolo vermelho-escuro fase cerrado, França e Carvalho (1970) obtiveram resposta à calagem e micronutrientes com cinco leguminosas tropicais. A resposta a micronutrientes, entretanto, fez-se notar com mais intensidade na soja perene, var. Tinaroo (*Glycine wightii*). Resposta à calagem também foi verificada posteriormente em um latossolo vermelho-escuro fase mata (Carvalho *et al.* 1971), sendo que, neste solo, não foi evidenciada resposta a micronutrientes através das leguminosas estudadas.

Embora sejam conhecidos os benefícios da calagem para as leguminosas, sua importância no suprimento de Ca para o *Rhizobium* não é grande. Norris (1959), examinando um grande número de estirpes de *Rhizobium*, concluiu que este não é um organismo sensível a cálcio, sendo maior a sua exigência em magnésio. As respostas à calagem são, na verdade, respostas a magnésio tornado disponível pelo fenômeno de troca de cátions. Vincent (1962), em estudos quantitativos de crescimento de *Rhizobium*, verificou que a concentração total de Ca + Mg, necessária ao máximo crescimento, era cerca de vinte vezes maior que a concentração específica de Ca e cinco vezes maior que a de Mg. Por outro lado, as leguminosas tropicais apresentam maior capacidade de extrair e assimilar Ca de solos com baixo teor deste elemento, quando comparadas com as leguminosas tempe-

radas (Norris 1967). Entretanto, Norris (1959) admite que a calagem pode beneficiar as espécies hospedeiras ineficientes, das seguintes maneiras: a) fornecendo suprimento de Ca em quantidade suficiente, para a nodulação; b) tornando Mo disponível ao sistema simbiótico dentro do nódulo; c) neutralizando a acidez nociva para as estirpes de bactérias ácido-intolerantes; d) tornando o Mg disponível às bactérias ineficientes através da troca de cátions.

O molibdênio é um dos micronutrientes mais intensamente estudados, em sua função para a nodulação. Segundo Anderson e Spencer (1949), o molibdênio tem dupla ação sobre as leguminosas. Quantidades diminutas são exigidas para permitir a utilização de nitratos pelas plantas, enquanto maiores quantidades são necessárias no processo de fixação simbiótica.

Vincent (1965) relata inúmeros trabalhos demonstrando um estímulo pelo molibdênio à fixação, a existência de altas concentrações deste microelemento nos nódulos e um teor de N fixado por unidade de peso de substância nodular cerca de duas vezes e meia maior em nódulos com Mo normal em relação a nódulos com Mo deficiente.

De acordo com Freitas (1970), as primeiras respostas a molibdênio em latossolo vermelho foram observadas por McClung e Freitas (1959), através de *Medicago sativa*, cultivada em vasos. Ainda em latossolo vermelho, Francis (1968) relatou aumentos de produção de *Stylosanthes gracilis*, com a aplicação de molibdênio.

Em estudo sobre a influência do boro na nodulação, Mulder (1948) observou que baixos níveis desse elemento impediram a nodulação de uma cultura inoculada de ervilhas, provocando deficiência de nitrogênio na parte aérea. O fornecimento adequado de boro permitiu a nodulação e crescimento normal da planta. Verificou

¹ Aceito para publicação em 18 ago. 1972.

² Eng.º Agrônomo da Seção de Solos do Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Oeste (IPEACO), Caixa Postal 151, Sete Lagoas, Minas Gerais, e bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq).

³ Eng.º Agrônomo do Setor de Agrostologia do IPEACO e bolsista do CNPq.

que o requerimento de boro da planta hospedeira é bastante superior ao necessário à nodulação e ao sistema rizobial. Estas conclusões estão em desacordo com as anteriores de Brenchley e Thornton (1925), os quais observaram que o boro foi requerido para o processo de fixação simbiótica em maior concentração do que para o crescimento da planta hospedeira.

Quagliato e Nutti (1969), em ensaios realizados em vasos com solos de Pirassununga e Nova Odessa, estudando níveis crescente de calcário, na ausência e na presença de dois micronutrientes (B e Zn para o 1.º solo e B e Mo para o 2.º), obtiveram aumentos de produção com a adição dos micronutrientes em qualquer dos níveis de calagem. No ensaio com solo de Pirassununga, no qual se fez a contagem do número de nódulos, estes aumentaram acentuadamente com a aplicação de B e Zn em todos os níveis de calagem.

No presente trabalho procurou-se verificar quais os micronutrientes que limitam o desenvolvimento das leguminosas forrageiras em latossolo vermelho-escuro fase cerrado, bem como a sua relação com a calagem.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em casa de vegetação utilizando-se um solo classificado como latossolo vermelho-escuro fase cerrado, coletado na área da sede do Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Oeste (IPEACO), Sete Lagoas, Minas Gerais.

A análise química do solo estudado foi feita nos laboratórios do IPEACO, tendo apresentado os seguintes resultados: pH em água, 4,30; Al, 0,62 mE/100 g; Ca, 1,31 mE/100 g; Mg, traços; K, 1,00 mE/100 g; Na, 0,09 mE/100 g; C, 1,295%; M.O., 2,228%; P₂O₅, 0,740 mg/100 g; N total, 0,160%.

Foi adotado o delineamento fatorial 2⁵ distribuído em blocos ao acaso com três repetições. Os tratamentos foram constituídos pela ausência ou presença de calagem, Mg, B, Zn e Mo e suas respectivas combinações.

Foi aplicada a seguinte adubação básica: P, 100 ppm na forma de CaHPO₄.2H₂O; K, 100 ppm na forma de K₂SO₄ e uma solução de micronutrientes que continha sulfato de cobre 7,9 g/l, sulfato ferroso 18,0 g/l e ácido cítrico 10,05 g/l como agente estabilizador da solução. Desta solução aplicou-se 1 ml/kg de solo. Incubou-se o

solo com CaCO₃ determinando-se assim a necessidade de calagem.

O pH médio dos tratamentos que receberam calagem, determinado após a colheita, foi de 5,70, para uma calagem correspondente a 6 t/ha de CaCO₃ p.a.

Os níveis dos nutrientes testados foram:

Mg: 100 kg/ha de sulfato de magnésio (MgSO₄.7 H₂O);
Mo: 1,2 kg/ha de molibdato de sódio (NaMoO₄.2 H₂O);
B: 3,5 kg/ha de ácido bórico (H₃BO₃);
Zn: 10 kg/ha de sulfato de zinco (ZnSO₄).

Como recipientes para o solo utilizaram-se sacos de polietileno com capacidade de 3 kg de solo. A leguminosa indicadora foi soja perene variedade Tinaroo, cujas sementes foram inoculadas com inoculante selecionado no Setor de Microbiologia do Solo do Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Sul (IPEACS) e formado por uma mistura de estirpes K-25 I 1a, C5-1 e D 4b.

Foi efetuado o plantio em 24.7.69, semeando-se vinte sementes por vaso; após o desbaste ficaram seis plantas. A colheita foi feita em 25.9.69 sendo a parte aérea cortada rente ao solo, secada a 65°C até peso constante, pesada e moída, determinando-se posteriormente os teores de N, P, K, Ca e Mg. As determinações de N, P, K e Mg foram efetuadas de acordo com os métodos descritos por Lott *et al.* (1956) e as de Ca de acordo com o método descrito por Lott *et al.* (1961). Os nódulos foram colhidos, secados ao ar e pesados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram considerados os efeitos dos nutrientes isoladamente e suas interações na produção de matéria seca, N total, peso de nódulos e nos teores de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea.

Os dados de pesos de nódulos foram transformados para $\log(X+1)$ e os teores dos elementos estudados na parte aérea para $\arcsen \sqrt{\%}$. Os resultados da análise de variância para N total, matéria seca e peso de nódulos são apresentados no Quadro 1 e para os teores de nutrientes na parte aérea, no Quadro 2. Os desdobramentos efetuados para as diferentes interações encontradas são apresentados nos Quadros 3 e 4. No Quadro 5 são mostrados os dados de peso seco, N total e peso de nódulos obtidos.

QUADRO 1. Valores de F^a e efeito dos tratamentos na produção de N total, matéria seca e peso de nódulos

Fontes de variação	N Total		Matéria seca		Peso de nódulos ^b	
	F	Efeito	F	Efeito	F	Efeito
Calagem	599,18**	+	523,17**	+	26,00**	—
Mg	n.s.		n.s.		n.s.	
B	32,19**	+	177,35**	+	20,26**	+
Mo	9,44*	+	n.s.		n.s.	
Zn	17,95**	+	19,41**	+	4,07*	+
Ca x Mg	n.s.		n.s.		n.s.	
Ca x B	14,62**	+	131,88**	+	12,92**	+
Ca x Zn	n.s.		4,29*	+	n.s.	
Ca x Mo	9,34**	—	n.s.		n.s.	
Mg x B	n.s.		n.s.		n.s.	
Mg x Zn	n.s.		n.s.		n.s.	
Mg x Mo	n.s.		n.s.		5,92*	—
B x Zn	n.s.		n.s.		n.s.	
B x Mo	n.s.		n.s.		n.s.	
Zn x Mo	n.s.		n.s.		n.s.	
C.V. ^c	15,18%		14,63%		30,53%	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade, ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade, n.s. = não significativo.

^b Análise feita com dados transformados em $\log(x+1)$.

^c Coeficientes de variação.

QUADRO 2. Valores de F* e efeito dos tratamentos sobre os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio

Fontes de variação	Percentagem de N		Percentagem de P		Percentagem de K		Percentagem de Ca		Percentagem de Mg	
	F	Efeito	F	Efeito	F	Efeito	F	Efeito	F	Efeito
Calagem	26,51**	+	220,58**	+	n.s.		2.273,34**	+	273,16**	+
Mg	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
B	51,70**	-	10,61**	-	13,70**	-	68,09**	-	6,22*	-
Zn	n.s.		18,14**	-	18,23**	-	n.s.		4,86*	-
Mo	25,90**	+	7,46**	-	6,12*	+	n.s.		n.s.	
Ca x Mg	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
Ca x B	54,00**	-	7,84**	-	18,05**	-	26,16**		n.s.	
Ca x Zn	n.s.		8,62**	-	9,06**	-	n.s.		n.s.	
Ca x Mo	7,67**	-	n.s.		n.s.		15,60**	+	n.s.	
Mg x B	n.s.		4,40*	+	n.s.		n.s.		n.s.	
Mg x Zn	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
Mg x Mo	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
B x Zn	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
B x Mo	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
Zn x Mo	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
C.V. ^b	7,02%		7,34%		4,54%		3,40%		6,66%	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade, ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade, n.s. = não significativo.
 b Coeficientes de variação.

QUADRO 3. Desdobramento das interações verificadas para N total, matéria seca e peso de nódulos^a

Fontes de variação	N Total		Matéria seca		Peso de nódulos ^b	
	F	Efeito	F	Efeito	F	Efeito
Efeito B/Cal ₀	n.s.		n.s.		n.s.	
Efeito B/Cal ₁	45,10**	+	307,58**	+	31,42**	+
Efeito Cal./B ₀	213,28**	+	64,83**	+	36,27**	-
Efeito Cal./B ₁	400,53**	+	590,27**	+	n.s.	
Efeito Zn/Cal ₀			n.s.			
Efeito Zn/Cal ₁			21,00**	+		
Efeito Cal./Zn ₀			216,18**	+		
Efeito Cal./Zn ₁			311,28**	+		
Efeito Mo/Cal ₀	17,63**	+				
Efeito Mo/Cal ₁	n.s.					
Efeito Cal./Mo ₀	379,09**	+				
Efeito Cal./Mo ₁	229,44**	+				
Efeito Mo/Mg ₀					5,05*	+
Efeito Mo/Mg ₁					n.s.	
Efeito Mg/Mo ₀					4,55*	+
Efeito Mg/Mo ₁					n.s.	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade, ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade, n.s. = não significativo.
 b Análise feita com dados transformados em log (x + 1).

QUADRO 4. Desdobramento das interações verificadas para os teores de N, P, K, Ca e Mg na planta^a

Fontes de variação	Percentagem de N		Percentagem de P		Percentagem de K		Percentagem de Ca ^b	
	F	Efeito	F	Efeito	F	Efeito	F	Efeito
Efeito B/Cal ₀	n.s.		n.s.		n.s.		4,91*	-
Efeito B/Cal ₁	105,70**	-	18,35**	-	31,60**	-	89,34**	-
Efeito Cal./B ₀	78,10**	+	155,81**	+	5,23*	+	1.393,68**	+
Efeito Cal./B ₁	n.s.		72,61	+	13,85**	-	905,87**	+
Efeito Zn/Cal ₀			n.s.		n.s.			
Efeito Zn/Cal ₁			24,19**	-	26,60**	-		
Efeito Cal./Zn ₀			158,23**	+	n.s.			
Efeito Cal./Zn ₁			70,98	+	8,10**	-		
Efeito Mo/Cal ₀	30,93**	+					8,76**	-
Efeito Mo/Cal ₁	n.s.						6,89*	+
Efeito Cal./Mo ₀	31,38**	+					956,11**	+
Efeito Cal./Mo ₁	n.s.						1.330,99**	+
Efeito B/Mg ₀			14,35**	-				
Efeito B/Mg ₁			n.s.					
Efeito Mg/B ₀			n.s.					
Efeito Mg/B ₁			n.s.					

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade, ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade, n.s. = não significativo.
 b Análises feitas com dados transformados em arco sen $\sqrt{\%}$.

QUADRO 5. Efeito da calagem, magnésio, molibdênio, boro e zinco na produção de N total, matéria seca e peso de nódulos (média de três repetições)

Tratamentos	N total (mg/vaso)		Matéria seca (mg/vaso)		Peso de nódulos (mg/vaso)	
	- Calagem	+ Calagem	- Calagem	+ Calagem	- Calagem	+ Calagem
Mg	32,89	49,55	1,93	2,10	76,67	45,87
Mo	33,08	66,48	1,70	2,27	120,00	41,00
B	25,19	85,77	1,73	5,00	56,00	55,67
Zn	20,41	68,24	1,27	3,33	73,67	11,33
Mg + Mo	24,30	60,15	1,33	2,63	66,33	10,33
Mg + B	23,87	71,38	1,50	4,87	98,33	97,00
Mg + Zn	29,71	75,05	1,97	3,10	118,67	37,33
Mo + B	34,55	69,72	1,67	4,03	107,00	97,33
Mo + Zn	33,64	68,41	1,77	2,87	123,33	33,33
B + Zn	29,38	80,44	1,97	4,93	117,33	67,00
Mg + Mo + B	39,27	73,70	2,10	4,50	136,00	45,50
Mg + Mo + Zn	43,55	66,04	2,20	2,90	139,00	13,00
Mg + B + Zn	29,95	79,67	2,00	4,90	118,33	118,67
Mo + B + Zn	42,21	85,21	2,20	5,10	141,33	74,33
Mg + Mo + B + Zn	43,61	84,58	2,20	5,20	110,00	128,00
T.	27,08	60,69	1,97	2,57	77,00	1,33

Efeito da calagem

A calagem aumentou significativamente todas as variáveis estudadas, com exceção do teor de K na parte aérea, e diminuiu o peso de nódulos (Quadros 1 e 2). O efeito negativo da calagem sobre o peso de nódulos ocorreu apenas quando na ausência de boro (Quadro 3).

Ruschel *et al.* (1966), estudando a influência da calagem e micronutrientes em feijão (*Phaseolus vulgaris*), verificaram que o efeito do boro dependia do cálcio disponível no solo. Assim, o nível de 5 kg/ha de ácido bórico, com calagem deficiente, prejudicou o crescimento da planta, enquanto 3,75 kg/ha de ácido bórico com 2 t/ha de calcário aumentaram o crescimento da planta e a fixação de N. Portanto, para que ocorra um desenvolvimento normal das plantas, é necessário que haja um certo equilíbrio entre a absorção de cálcio e a de boro, fato este comprovado anteriormente por Jones e Scarseth (1944). Em solos com elevado teor de cálcio, como por exemplo quando submetidos a calagem, as plantas necessitam também de um teor mais elevado de boro.

Tem sido atribuído ao boro um papel no processo de divisão celular, sendo necessário, portanto, para manter o crescimento dos pontos meristemáticos. Como a forma-

ção de nódulos após a infecção resulta num processo ativo de divisão celular, supõe-se que a calagem em ausência de boro acarrete uma redução deste processo, tendo como consequência a diminuição do peso de nódulos.

No Quadro 6 são apresentados os teores dos nutrientes na parte aérea, em função dos tratamentos estudados. Observa-se que embora não tenha havido um efeito significativo da aplicação do calcário sobre os teores de potássio, houve tendência para diminuição dos níveis.

Efeito do magnésio

Os resultados da análise da variância (Quadros 1 e 2) mostram que não houve resposta à aplicação de magnésio sobre nenhuma das variáveis estudadas. Entretanto, observa-se que, apesar de a análise química do solo haver revelado apenas traços de Mg, a aplicação de calcário aumentou significativamente os teores de Mg na parte aérea, e esses teores de Mg (Quadro 6) são semelhantes aos encontrados para trevo branco por McNaught *et al.* (1968) e Rolt (1968). Leva isto a supor-se a presença de magnésio neste solo sob forma assimilável pela planta mas que não é extraível pelo método usado na análise do solo.

QUADRO 6. Efeito da calagem, magnésio, molibdênio, boro e zinco nos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio (média de três repetições)

Tratamentos	Porcentagem de N		Porcentagem de P		Porcentagem de K		Porcentagem de Ca		Porcentagem de Mg	
	- Cal.*	+ Cal.	- Cal.	+ Cal.	- Cal.	+ Cal.	- Cal.	+ Cal.	- Cal.	+ Cal.
Mg	1,63	2,53	0,200	0,376	2,12	2,43	0,720	1,654	0,208	0,288
Mo	1,90	2,78	0,203	0,396	2,49	2,82	0,692	1,714	0,174	0,300
B	1,46	1,54	0,208	0,290	2,22	2,20	0,775	1,360	0,181	0,240
Zn	1,60	2,04	0,228	0,332	2,33	2,06	0,775	1,483	0,164	0,306
Mg + Mo	1,80	2,34	0,198	0,308	2,23	2,41	0,730	1,672	0,195	0,268
Mg + B	1,58	1,46	0,208	0,344	2,27	2,15	0,660	1,277	0,204	0,272
Mg + Zn	1,52	2,43	0,190	0,322	2,02	2,30	0,730	1,530	0,196	0,281
Mo + B	2,09	1,73	0,191	0,289	2,50	2,30	0,655	1,483	0,168	0,266
Mo + Zn	1,94	2,44	0,197	0,265	2,39	2,21	0,705	1,636	0,181	0,248
B + Zn	1,52	1,60	0,208	0,263	2,21	1,91	0,707	1,348	0,164	0,266
Mg + Mo + B	2,04	1,69	0,212	0,287	2,50	2,08	0,662	1,350	0,184	0,273
Mg + Mo + Zn	2,03	2,42	0,189	0,265	2,31	2,26	0,640	1,690	0,176	0,255
Mg + B + Zn	1,51	1,61	0,204	0,248	2,05	2,11	0,683	1,348	0,181	0,243
Mo + B + Zn	1,88	1,69	0,173	0,244	2,22	1,90	0,610	1,394	0,156	0,233
Mg + Mo + Zn	1,98	1,66	0,164	0,305	2,27	1,75	0,462	1,392	0,171	0,273
T.	1,38	2,41	0,184	0,420	2,01	2,51	0,655	1,636	0,167	0,308

* Calagem.

No Quadro 2 observa-se que houve uma interação significativa magnésio \times boro, para o teor de fósforo na matéria seca da parte aérea. O desdobramento dessa interação (Quadro 4) mostrou que, na ausência de magnésio, o boro teve um efeito negativo sobre o teor de P. Esse efeito desapareceu quando o magnésio foi aplicado.

Efeito do boro

O boro teve efeito marcante na produção de matéria seca, N total e peso de nódulos, enquanto que diminuiu os teores de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea. Esse decréscimo foi menor para o teor de Mg do que para os teores dos outros elementos. O boro foi o micronutriente que, quando aplicado isoladamente, determinou os maiores acréscimos sobre a produção de matéria seca, N total e peso dos nódulos.

Hallsworth (1958), discutindo um trabalho de Brenchley e Thornton (1925), sugeriu que o efeito do boro sobre a quantidade de N fixado pelas plantas seria primariamente o resultado de sua ação na planta hospedeira, ao invés de sê-lo na bactéria ou sistema simbiótico.

Neste trabalho, Brenchley e Thornton (1925), estudando *Vicia faba*, verificaram que a adição 0,4 ppm de boro aumentou o N percentual, o N total fixado e o número de nódulos. Verificaram também que a níveis de 2,0 e 5,0 ppm de boro houve um decréscimo no teor de N na matéria seca.

No presente trabalho, a aplicação de boro diminuiu não apenas o teor de N na matéria seca, mas também os teores de P, K, Ca e Mg. Provavelmente, trata-se de um efeito de diluição, tendo em vista o aumento na produção de matéria seca ocasionado pela aplicação de boro. Houve uma interação calagem \times boro para produção de matéria seca, N total e peso de nódulos (Quadro 1). Com o desdobramento dessas interações (Quadro 3), verificou-se que somente na presença da calagem o boro teve efeito sobre o desenvolvimento da planta, produção de nódulos e fixação de N.

A interação calagem \times boro ainda foi significativa para os teores de N, P, K e Ca na matéria seca. Na ausência da calagem, o boro teve efeito significativo (5%) e negativo no teor de Ca. Com calagem, este efeito do boro se notou também nos teores de N, P e K.

Efeito do molibdênio

A aplicação do molibdênio aumentou significativamente o N total e os teores de N e K na matéria seca e diminuiu o teor de P na matéria seca (Quadros 1 e 2). Desta forma, a influência do molibdênio se fez sentir mais especificamente na fixação simbiótica. Kliever e Kennedy (1960), estudando três leguminosas, encontraram resposta à aplicação de molibdênio, a qual refletiu-se na produção e teor de N na parte aérea e raízes.

Ruschel *et al.* (1966), trabalhando com feijão, verificaram que o molibdênio diminuiu o número de nódulos, aumentando no entanto o nitrogênio fixado por nódulo.

A análise estatística (Quadros 1 e 2) revelou algumas interações do molibdênio principalmente em relação à calagem. Verifica-se que o molibdênio teve efeito na fixação simbiótica (Quadro 3), medindo em termos de N total nas plantas, apenas quando na ausência de calagem. A ocorrência deste fato deve-se provavelmente à

liberação, pela calagem, do molibdênio do solo que, devido à acidez excessiva, pH 4,30, encontrava-se em forma não assimilável pelas plantas.

Resultado semelhante foi encontrado por Freitas *et al.* (1960) com a cultura da soja var. Pelikano, em um latossolo também de campo cerrado. Obtiveram resposta a molibdênio apenas quando não foi aplicado calcário ou quando foi utilizado somente um quarto da sua necessidade.

Como, dentro de certos limites, maior teor de determinado nutriente disponível no solo corresponde a um teor mais elevado na planta, observa-se que os dados encontrados por Santos (1971) estão em concordância com a hipótese de que a calagem promoveu a liberação do molibdênio. Esse autor encontrou para soja perene var. Tinaroo um valor médio de 0,41 ppm de molibdênio na matéria seca com aplicação de calagem contra 0,36 ppm na testemunha sem calagem, para um latossolo vermelho-amarelo, e de 0,81 e 0,34 ppm para um latossolo vermelho-escuro, ambos os solos sob vegetação de cerrado.

Houve ainda uma interação negativa molibdênio \times magnésio, no peso de nódulos (Quadro 1). Quando não foi aplicado o magnésio, o molibdênio contribuiu para aumentar o peso de nódulos.

Efeito do zinco

Houve um efeito altamente significativo e positivo, resultante da aplicação de zinco, sobre a produção de matéria seca, N total e peso de nódulos. Sobre os teores de P, K e Mg na parte aérea, o efeito do zinco foi significativo e negativo. Jones *et al.* (1970) reportaram aumento de produção de *Glycine javanica* em dois dos três solos tratados com zinco. Numa das amostras, um regossolo de Pirassununga, a resposta foi também observada para *Stylosanthes gracilis*, não o sendo todavia para *Centrosema pubescens* e *Phaseolus atropurpureus*.

Houve uma interação calagem \times zinco positiva para a produção de matéria seca.

O desdobramento dessa interação (Quadro 3) indicou que houve efeito de zinco sobre a produção de matéria seca somente em presença de calagem.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos no ensaio, pode-se chegar às seguintes conclusões:

1) houve um efeito marcante de calagem aumentando o peso seco da planta e os seus teores de N, P, Ca e Mg; o peso dos nódulos foi reduzido pela calagem quando não foi aplicado boro;

2) não ocorreu efeito significativo da aplicação de Mg, em nenhuma das variáveis estudadas;

3) o boro elevou significativamente a produção de matéria seca, nitrogênio total e peso de nódulos, enquanto reduziu os teores de N, P, K, Ca e Mg da planta, em presença de calagem;

4) a aplicação de zinco, principalmente com calagem, também aumentou significativamente a produção de matéria seca, N total e peso de nódulos, sendo que teve efeito negativo nos teores de P, K e Mg da planta; a interação zinco \times cálcio foi significativa na produção de matéria seca e teores de P e K;

5) o molibdênio, quando em ausência de calagem, afetou a fixação simbiótica de N, aumentando-lhe os valores percentual e total na planta.

REFERÊNCIAS

- Anderson, A.J. & Spencer, D. 1949. Molybdenum and sulphur in symbiotic nitrogen fixation. *Nature* 164:273-274. In *Chilean Nitrate Educative Bureau* (ed.) *Bibliography of literature on the minor elements*, 4th ed. Vol. 2, New York, p. 90.
- Brenchley, W.E. & Thornton, H.C. 1925. *Proc. Roy. Soc. (B)* 98:373. (Citado por Hewitt 1958)
- Carvalho, M.M.de, França, G.E.de, Bahia Filho, A.F.C. & Mozzer, O.L. 1971. Ensaio exploratório de fertilização de seis leguminosas tropicais em um latossolo vermelho-escuro, fase mata. *Pesq. agropec. bras.*, Sér. Agron., 6:285-290.
- França, G.E.de & Carvalho, M.M.de 1970. Ensaio exploratório de fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de cerrado. *Pesq. agropec. bras.* 5:147-153.
- Francis, W.C. 1968. Report to soil fertility - Soil Testing Technical Comitee. Edited by Skogley, E.O. USAID/Brasil, Rio de Janeiro. 14 p.
- Freitas, L.M.M.de 1970. Adubação de leguminosas tropicais. *Sem. Metodol. Planej. Pesq. Leg. trop.* IPEACS, Rio de Janeiro. 28 p.
- Freitas, L.M.M.de, McClung, A.C. & Lott, W.L. 1960. Experimentos de adubação em dois solos de campo cerrado. *Boim 21*, IBEC Res. Inst., Matão, S. Paulo.
- Hallsworth, E.G. 1958. Nutritional factors affecting nodulation, p. 183-201. In Hallsworth, E.G. (ed.) *Nutrition of legumes*. Academic Press, New York.
- Hewitt, E.J. 1958. Some aspects of mineral nutrition of legumes, p. 15-42. In Hallsworth, E.G. (ed.) *Nutrition of legumes*. Academic Press, New York.
- Jones, H.E. & Searseth, G.D. 1944. The calcium-boron balance in plants as related to boron needs. *Soil Sci.* 57:15-24.
- Jones, M.B., Quagliato, J. & Freitas, L.M.M.de 1970. Resposta de alfafa e algumas leguminosas tropicais a aplicações de nutrientes minerais, em três solos de campo cerrado. *Pesq. agropec. bras.* 5:209-214.
- Kliewer, W.M. & Kennedy, W.Y. 1960. Studies on response of legumes to molybdenum and lime fertilization on Mardin Silt Loam soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 24(5):377-380.
- Lott, W.L., Nery, J.P., Gallo, J.R. & Medcalf, J.C. 1956. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. *Boim 9*, IBEC Res. Inst., Matão, S. Paulo. 40 p.
- Lott, W.L., McClung, A.C., Vita, R.de & Gallo, J.R. 1961. Levantamento de cafeais em São Paulo e Paraná pela análise foliar. *Boim 26*, IBEC Res. Inst., Matão, S. Paulo. 72 p.
- McClung, A.C. & Freitas, L.M.M.de 1959. Sulphur deficiency in soils from Brazilian campos. *Ecology* 40(2).
- McNaught, K.J., Dorofaeff, F.D. & Karlovsky, J. 1968. Effect of magnesium fertilizers and season on levels of inorganic nutrients in a pasture on Hamilton clay loam. I. Magnesium and calcium. *N.Z.J. agric. Res.* 11(3):533-550.
- Mulder, E.G. 1948. *Pl. Soil* 1:179-212. (Citado por Hewitt 1958)
- Norris, D.O. 1959. The role of calcium and magnesium in the nutrition of *Rhizobium*. *Aust. J. agric. Res.* 10(5):651-698.
- Norris, D.O. 1967. The intelligent use of inoculant and lime pelleting for tropical legumes. *Trop. Grasslands* 1(2):107-121.
- Quagliato, J.L. & Nutti, P. 1969. Efeito da calagem e micronutrientes na produção de leguminosas forrageiras, em solos de cerrado. I Encontro de Técnicos da Região Centro-Sul para discussão de problemas relacionados às leguminosas forrageiras, Nova Odessa, S. Paulo. (Mimeo.)
- Rolt, W.F. 1968. Some effects of lime and molybdenum on the growth of white clover in Autea clay. *N.Z.J. agric. Res.* 11(1):193-205.
- Ruschel, A.P., Britto, D.P.P.de S. & Döbereiner, J. 1966. Fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Influência do magnésio, do boro, do molibdênio e de calagem. *Pesq. agropec. bras.* 1:141-145.
- Santos, H.L. 1971. Efeitos de zinco, boro, molibdênio e calagem na soja perene (*Glycine javanica* L.) em solos sob vegetação de cerrado, em condições de estufa. Tese M.Sc., Univ. Fed. Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.
- Vincent, J.M. 1962. Influence of calcium and magnesium on the growth of *Rhizobium*. *J. gen. Microbiol.* 28:653-663. (Citado por Vincent 1965)
- Vincent, J.M. 1965. Environmental factors in the fixation of nitrogen, p. 387-435. In Bartholomew, W.V. & Clark, F.E. (ed.) *Soil nitrogen*. Am. Soc. Agronomy.

ABSTRACT- França, G.E.de; Bahia Filho, A.F.C.; Carvalho, M.M.de [Effect of magnesium, micro-nutrients and lime on growth and symbiotic nitrogen fixation in perennial soybean (*Glycine wightii*) in a "cerrado" soil.]. Influência de magnésio, micronutrientes e calagem no desenvolvimento e fixação simbiótica de nitrogênio na soja perene var. tinaroo (*Glycine wightii*) em solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia*, (1973) 8, 197-202 [Pt, en] IPEACO, Caixa Postal 151, Sete Lagoas, MG, Brazil.

A greenhouse experiment was carried out with perennial soybeans in a dark-red latosol, using a 2^o factorial design, with 3 replications. The objective of this experiment was to study the effect of micro-nutrients, magnesium and lime on growth and symbiotic N₂ fixation in perennial soybeans. The following criteria were used to determine the best treatment: dry matter production, total N, nodule weight and % of N, P, K, Ca and Mg in the stems and leaves.

Lime had a positive effect on dry matter production with a corresponding increase in total N and % N, P, Ca and Mg. Lime, in the absence of boron, decreased nodule weight.

No effect was observed on the variables measured in the study where Mg was added. Boron, in the presence of lime, increased dry matter production, total N and nodule weight. On the other hand, the application of this micronutrient decreased the levels of N, P, K, Ca and Mg in the plant. Zinc also increased dry matter production, total N and nodule weight. Its effect on the % P, % K and % Mg in the plant was negative. Molybdenum in absence of lime increased symbiotic nitrogen fixation by the plant as measured by % and total N.