

RESPOSTAS DE *Neonotonia wightii* À CALAGEM E  
APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES

Valdinei T. Paulino<sup>1</sup>

Eurípedes Malavolta<sup>2</sup>

Newton L. Costa<sup>3</sup>

INTRODUÇÃO

A produção animal baseada em pastagens constitui sistema capaz de fornecer proteína de boa qualidade a baixo custo, e é missão da pesquisa entender e ensinar as técnicas capazes de garantir esse objetivo. Nas condições das pastagens tropicais a liberação do nitrogênio, através da mineralização da matéria orgânica, é frequentemente insuficiente para atender às necessidades da produção. Então, só é possível mantê-la em bom nível pela adição de N ao sistema.

As leguminosas forrageiras, capazes de fixar biologicamente o nitrogênio atmosférico e de convertê-lo em amônia, representam alternativa econômica, em comparação com o fertilizante nitrogenado, com resultados promissores e mensuráveis, tanto em termos de forragem como de produção animal.

As áreas destinadas às atividades pecuárias ocorrem predominantemente em condições de solos de cerrado, naturalmente ácidos e pobres em nutrientes minerais.

Após revisar muitos trabalhos realizados com leguminosas, ANDREW (1978) afirma que elas diferem na sua capacidade de nodular e de crescer, quando variam o pH e o nível de Ca no solo. SALINAS & SANCHEZ (1976) concluíram que em condições adversas de fertilidade se destacaram co

<sup>1</sup> Pesquisador do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa - SP, Brasil. Bolsista do CNPq.

<sup>2</sup> Professor Catedrático e Voluntário. CENA-ESALQ/USP. Piracicaba-SP.

<sup>3</sup> Pesquisador da EMBRAPA/CPAF, Porto Velho-RO, Brasil.

mo tolerantes a baixos níveis de pH: *Stylosantes humilis*, *Centrosema pubescens* e, como mais exigentes de pH mais elevado: *Neonotonia wightii* e *Medicago sativa*. Lembram, ainda, a dificuldade de separar, no solo, os efeitos da toxidez de Al, dos devidos à deficiência de P, o que torna necessária a seleção simultânea a ambas as condições adversas. MUNNS & FOX (1977a) acrescentaram que a tendência atribuída a diferentes espécies de responderem à calagem depende da relativa importância do Al, Mn, pH, Ca, Mo e de outros fatores relacionados com o pH, em cada solo particular, e, também, do comportamento de cada espécie e de seu *Rhizobium* associado. O insucesso na implementação de leguminosas forrageiras é determinado, muitas vezes, pelo suprimento insuficiente de micronutrientes, tais como o molibdênio e o cobalto. O molibdênio participa ativamente como componente da nitrogenase, enzima responsável pela fixação biológica do nitrogênio (NICHOLAS, 1975). O cobalto é componente da vitamina B12; na sua ausência, haveria um bloqueio na síntese de succinilcoenzima-A. Dessa forma, haveria uma inibição na síntese de leghemoglobina e, conseqüentemente, ocorreria diminuição na fixação de N<sub>2</sub> (MENGEL & KIRKBY, 1982).

A determinação dos níveis de molibdênio e de cobalto dos solos suficientes para atender às necessidades das plantas deve ponderar os seguintes aspectos: as quantidades presentes são extremamente baixas, há influência das características químicas dos solos (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1984), e a importância da reserva das sementes (GURLEY & GIDDENS, 1969), que pode mascarar uma deficiência do solo.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de níveis de calagem e da aplicação dos micronutrientes (molibdênio e cobalto) sobre os rendimentos forrageiros, a fixação do nitrogênio, a nodulação e a composição química da leguminosa forrageira soja perene, cultivada em Latossolo Vermelho-Escuro álico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Estação Experimental Central do Instituto de Zootecnia, em Nova Odessa-SP, Brasil. Foi estudado um Latossolo Vermelho-Escuro Álico de textura argilo-arenosa, com a seguinte composição: pH = 4,2; P = 10 ppm; K = 0,22 meq/100 g; Ca = 0,70 meq/100 g; Mg = 0,45 meq/100 g; H+Al = 6,10 meq/100 g; matéria orgânica = 4,10%; areia grossa = 14%; areia fina = 44%; limo = 3% e argila = 39%.

A leguminosa forrageira estudada foi Soja-Perene Tinaroo (*Neonotonia wightii*). Usou-se um fatorial de 2 níveis de Cobalto x 2 de Molibdênio x 3 de Calagem, em 4 blocos casualizados. Os níveis de Cobalto e de Molibdênio eram ausência e presença. Os de Calagem eram: ausência, quantidade suficiente para elevar a 35% o índice de saturação por bases, e quantidade suficiente para elevar a 70% esse índice. As unidades experimentais eram vasos com capacidade de 5,0 kg de solo seco. Foi aplicado calcário calcinado com PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) de 130%, com 44% de CaO e 20% de MgO. A mistura solo e corretivo foi incubada e se manteve a umidade próxima à capacidade de campo.

Aos 10 dias de idade as plântulas de leguminosas foram inoculadas com 1 ml por planta de uma suspensão de células de *Rhizobium* específico, com aproximadamente 10<sup>8</sup> bactérias por ml.

Na TABELA I são apresentadas as quantidades e fontes dos nutrientes aplicados na época da semeadura.

Aos 47 dias do plantio, foi realizado o primeiro corte da leguminosa. O segundo e último corte foi realizado com 45 dias de rebrota.

O material da parte aérea e das raízes foi seco (65°C) em estufa de circulação forçada de ar, durante 48 horas, e pesado separadamente. Os nódulos foram destacados do sistema radicular, purificados e contados. O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método Micro-Kjeldahl descrito por BREMMER (1965). As concentrações de

fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, ferro, cobre, manganês, zinco, molibdênio foram determinadas segundo o método descrito por SARRUGE & HAAG (1974), e o cobalto conforme método relatado por BATALIA et alii (1983).

**TABELA I.** Doses e fontes dos nutrientes utilizados.

Nutrientes	Quantidades (ppm)	Fontes
P	125	Superfosfato Simples
S	170	Superfosfato Simples
K	150	KCl
B	0,75	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
Cu	0,75	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O
Zn	1,50	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
Fe	5,00	FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
Co	0,10	CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O
Mo	0,20	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Crescimento e Nodulação

As análises da variância evidenciaram efeitos significativos da Calagem sobre a produção de matéria seca da parte aérea (ambos os cortes), das raízes e da planta inteira, número e peso seco de nódulos. A interação Calagem × Molibdênio também apresentou efeito significativo sobre a produção de matéria seca no primeiro corte. As demais interações não apresentaram efeitos significativos.

A aplicação de níveis de calcário, até a dose equivalente a 2,79 t/ha (calculada para elevar o índice de satú

ração por bases a 70%) incrementou linear e significativamente as produções de matéria seca na parte aérea (ambos os cortes), nas raízes e na planta inteira, e também na nodulação (peso seco e número de nódulos) (TABELA II).

**TABELA II.** Produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea, das raízes e da planta inteira, nodulação (mg/vaso e número) da soja perene em Latossolo Vermelho-Escuro Álico em dois níveis de calagem. Significância do teste F para os componentes linear e quadrático. Dados transformados em  $\sqrt{x + 1}$ .

Tratamentos	Matéria seca (g/vaso)				Nodulação	
	1º Corte	2º Corte	Raízes	Planta inteira	Peso	Nº
Sem calagem	5,59	1,69	1,32	3,01	17	9
Calagem 1 <sup>(a)</sup>	6,69	3,23	1,63	4,86	113	53
Calagem 2 <sup>(b)</sup>	7,92	6,04	1,69	7,73	209	105
Reg. linear	**	**	**	**	*	*
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns, \*, \*\* = respectivamente, não significativo, significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade.

(a) Calagem para elevação do índice de saturação por bases a 35%, equivalente a 0,93 t/ha.

(b) Calagem para elevação do índice de saturação por bases a 70%, equivalente a 2,79 t/ha.

Esses resultados concordam com a maioria dos estudos realizados com essa espécie. Comparando-se a produção de matéria seca da parte aérea no nível 0 de calagem (pH 4,1) com a do nível 2 (pH 5,3) observou-se, no segundo corte, que a produção de matéria seca na ausência de calagem representou somente 28% da obtida com calagem. Esses

resultados confirmam a sensibilidade da Soja-Perene à acidez do meio (SOUTO & DOBEREINER, 1969; JONES & FREITAS, 1970) e a resposta positiva à aplicação de calcário (QUAGLIATO & NUTI, 1969; LOVADINI, 1972; MUNNS & FOX, 1977a).

A Interação Calagem × Molibdênio teve efeito significativo sobre a produção de matéria seca do primeiro corte. O desdobramento dessa interação mostrou que a Calagem teve efeito positivo e linear, incrementando a produção de matéria seca tanto na presença como na ausência de aplicação de Molibdênio. Por outro lado, o emprego do Molibdênio, na ausência de Calagem, incrementou a produção de matéria seca da Soja-Perene neste corte. Em tal condição, a baixa disponibilidade do Molibdênio presente no solo explica os efeitos positivos da adição desse elemento. Com a prática da Calagem deve ter ocorrido elevação na disponibilidade do Mo presente no solo ou do adicionado. Efeitos favoráveis da aplicação de Molibdênio sobre a produção de matéria seca da Soja-Perene também foram observados por JONES et alii (1970); WERNER & MATTOS (1974).

A nodulação (peso seco e número de nódulos) da Soja-Perene foi significativamente aumentada pela Calagem. Resultados semelhantes foram constatados por MUNNS et alii (1977). Na ausência de calagem, a Soja-Perene teve uma nodulação inexpressiva (TABELA II). Além de influenciar o desenvolvimento das plantas, a calagem deve ter melhorado o suprimento de cálcio e de magnésio para os nódulos. Segundo VIDOR et alii (1983), maiores quantidades de cálcio são exigidas no início do processo de infecção radicular; a partir daí, menos cálcio é necessário para o crescimento e manutenção dos nódulos. No entanto, como a bactéria necessita de muito menos cálcio que a planta, a formação dos nódulos falharia muito antes de a bactéria ser afetada e, sendo o efeito do cálcio na formação e funcionamento dos nódulos dependente do seu teor na planta, é necessário amplo suprimento deste nutriente. No presente trabalho, na ausência de Calagem, o pH situou-se em torno de 4,1; porém, com a aplicação de calcário proposta para elevação do índice de saturação por bases a 70% (2,79 t de calcário por hectare), que levou a valores de pH de 5,3,

proporcionou condições satisfatórias para uma razoável nodulação.

Em solos ácidos, a nodulação das leguminosas é também inibida ou reduzida pela presença de Al na solução do solo (CARVALHO et alii, 1981). Tal efeito varia entre espécies e com a concentração de Al na solução do solo. GONTARSKI (informação pessoal), trabalhando com esse mesmo solo, em 1990, obteve, na ausência de calagem, 1,2 meq/100 g de solo. O pH baixo e essa concentração de alumínio sugerem que esse fator tenha contribuído para inibição da nodulação. A importância relativa do Al, Mn, pH, Ca e de outros fatores relacionados com o pH nesse solo, interagindo na associação Soja-Perene/*Rhizobium*, foram responsáveis pela nodulação observada no experimento. Considerando que há interrelação desses fatores, nas condições do presente trabalho, é difícil separar os efeitos isolados de cada um deles. Entretanto, pode-se especular que a alta concentração de  $H^+$  e de  $Mn^{++}$  na solução do solo e o pH baixo também reduziram a nodulação.

### Nitrogênio Total Acumulado

As quantidades totais de nitrogênio acumuladas na parte aérea da soja perene cultivada no solo LEa em função dos níveis de calagem são apresentados nas TABELAS III e IV. No geral, as quantidades de N total acumuladas na parte aérea aumentaram com a calagem. No solo LEa observou-se efeito significativo da Interação Calagem  $\times$  Molibdênio no primeiro corte e da Calagem em ambos os cortes. O desdobramento dessa interação revelou que a Calagem, tanto em presença como em ausência de Molibdênio, incrementou significativa e linearmente as quantidades de N acumuladas na parte aérea. Por outro lado, a aplicação de Mo, na ausência de calagem, não proporcionou incrementos significativos sobre as quantidades totais de N acumulado. Com o emprego da calagem, o uso de Mo mostrou efeito expressivo, aumentando as quantidades totais de N da soja perene (primeiro corte) (TABELA IV). A falta de resposta a esse micronutriente na ausência de calagem permite supor que, nas condições ácidas (pH final 4,1) o Molibdênio

**TABELA III.** Quantidades totais de nitrogênio acumuladas (mg/vaso) na parte aérea da soja perene em Latossolo Vermelho-Escuro Álico.

Tratamentos	Nitrogênio Total Acumulado	
	1ª Corte	2ª Corte
Sem calagem	171,0	41,0
Calagem 1	203,0	93,0
Calagem 2	235,0	178,0
Reg. linear	**	**
Reg. quadr.	ns	ns

ns, \*\* = respectivamente, não significativo; significância do teste F ao nível de 1% de probabilidade.

**TABELA IV.** Produção de matéria seca (g/vaso) e quantidades totais de nitrogênio (mg/vaso) da soja perene.

Tratamentos	Matéria Seca		N Total	
	1ª Corte	2ª Corte	1ª Corte	2ª Corte
	Sem Mo	Com Mo	Sem Mo	Com Mo
Sem calagem	5,17 b	6,25 a	172 a	180 a
Calagem 1	6,42 a	6,46 a	190 b	210 a
Calagem 2	7,53 b	8,32 a	222 b	257 a

Médias seguidas pelas mesmas letras comparadas na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5%.



teria sido adsorvido às partículas do solo (KAMPRATH, 1972), tais como óxidos de ferro e alumínio, conforme descrito por REISENAUER et alii (1962). Estes propuseram que a disponibilidade relativamente alta de manganês no solo, também possa influenciar a falta de resposta ao molibdênio.

A aplicação de níveis crescentes de calcário proporcionou incremento na produção de matéria seca, que parece associado à maior fixação de  $N_2$ , conforme indicado pelos teores de N na parte aérea (TABELA V). Respostas à calagem, devido ao estímulo na fixação de  $N_2$ , também foram observadas por FRANÇA et alii (1973b) e por MUNNS et alii (1977).

TABELA V. Teores de nitrogênio, fósforo e potássio (%) na parte aérea da soja perene em Latossolo Vermelho-Escuro Álico.

Tratamentos	Nitrogênio		Fósforo		Potássio	
	1ª corte	2ª corte	1ª corte	2ª corte	1ª corte	2ª corte
Sem calagem	3,34	2,47	0,31	0,29	2,88	2,79
Calagem 1	3,11	2,85	0,30	0,29	2,72	2,57
Calagem 2	2,87	2,98	0,31	0,29	2,58	2,48
Reg. linear	*	**	ns	ns	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns, \*, \*\* = respectivamente, não significativo; significância do teste F aos níveis de 5% e 1% de probabilidade.

A calagem, produzindo alterações químicas no solo, como, por exemplo, elevação do pH e maior disponibilidade de nutrientes (P, Ca, Mg e Mo), teria beneficiado a fixação de  $N_2$ , aumentando a concentração de N e a produção de

matéria seca na parte aérea. O pH do solo aumentou no final do experimento de 4,4 para 5,3. Esta diferença poderia ter contribuído para incrementar a fixação de  $N_2$  no nível mais elevado de calagem. ANDREW (1978) estudando o efeito do pH sobre a composição química de um grupo de leguminosas tropicais e temperadas, verificou que em plantas noduladas o aumento do pH elevou a concentração de N na maioria das espécies.

O suprimento de cálcio (calcário ou Ca do Superfosfato Simples) elevou seus teores de 0,90 para 2,80 meq/100 g de TFSA, porém, mesmo na ausência de calcário, os teores de cálcio na matéria seca da soja perene situaram-se em torno de 1,40%, e possivelmente não se mostraram limitantes para a produção e fixação de nitrogênio pela soja perene.

#### Teores de Nutrientes

Os teores de macronutrientes na parte aérea da soja perene em dois cortes são apresentados nas TABELAS V e VI.

TABELA VI. Teores de cálcio, magnésio e enxofre (%) na parte aérea da soja perene em Latossolo Vermelho-Escuro Álico.

Tratamentos	Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Sem calagem	1,41	1,71	0,45	0,40	0,38	0,48
Calagem 1	1,48	1,47	0,62	0,38	0,27	0,37
Calagem 2	1,42	1,39	0,77	0,44	0,31	0,28
Reg. linear	ns	**	**	ns	**	**
Reg. quadr.	*	ns	ns	*	**	ns

ns, \*, \*\* = respectivamente, não significativo; significância do teste F aos níveis de 5% e 1% de probabilidade.

A análise da variância revelou efeito significativo da Calagem (ambos os cortes) e da Interação Calagem × Cobalto no primeiro corte sobre os teores de N. As porcentagens de nitrogênio, na presença de calagem, foram superiores às encontradas por SOUTO & DOBEREINER (1969) que obtiveram de 2,04 a 2,25%, ou aos 2,18% obtidos por JONES et alii (1970). A porcentagem de N na parte aérea da planta, no primeiro corte (TABELA V) mostrou sensível redução com a aplicação de calagem. Essa redução foi simultânea a aumentos na produção de matéria seca da parte aérea. Portanto, a redução nos teores de N talvez se deva a diluição do elemento na planta. Já no segundo corte, pode-se observar que a calagem resultou em acréscimos lineares e significativos nos teores de N da parte aérea. Esse resultado corrobora os obtidos por SOARES & VARGAS (1974). Os níveis desse elemento na parte aérea, mesmo com os aumentos na produção de matéria seca, foram mais altos nos níveis mais elevados de calagem. Aumentos similares, devidos à calagem, foram constatados com soja perene por JONES et alii (1970) e por FRANÇA et alii (1973).

O desdobramento da Interação Calagem × Cobalto evidenciou que a calagem só teve efeito significativo na ausência de aplicação de cobalto e reduziu linearmente as porcentagens de nitrogênio, principalmente devido ao efeito de diluição verificado em virtude do maior crescimento com a aplicação de calagem. A aplicação de cobalto teve efeito significativo e depressivo sobre os teores de N na matéria seca da parte aérea apenas na ausência de aplicação de calcário. Trabalhos realizados por MITCHELL (1962) e por MCKENZIE (1975) evidenciaram que, quanto menor o pH, maior a disponibilidade do cobalto do solo. Dessa maneira, o cobalto adicionado mais o originário do solo, mediante a não utilização da calagem, foram suficientes para reduzir os teores de N na parte aérea da soja perene. Com a utilização de calagem e conseqüente redução na disponibilidade do cobalto, os efeitos da utilização do cobalto não foram significativos, embora houvesse tendência de elevar o teor de N na parte aérea.

A calagem teve efeito significativo sobre os teores

de potássio, de cálcio e de magnésio, em ambos os cortes, e sobre o teor de enxofre no segundo corte. A Interação Calagem  $\times$  Cobalto também se mostrou significativa em relação ao conteúdo de enxofre no primeiro corte. As demais interações, bem como as aplicações de molibdênio e de cobalto, não mudaram significativamente a concentração desses macronutrientes. De um modo geral, verificou-se que as concentrações de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre estão dentro dos valores normalmente reportados na literatura (FRANÇA et alii, 1973; WERNER, 1975a). As concentrações de potássio na soja perene decresceram significativamente, em ambos os cortes, em função da calagem (TABELA V). Reduções nos teores de potássio devido à calagem são relatados por MIRANDA (1979). Esses decréscimos seria resultado de uma diluição desse nutriente no interior da planta em consequência dos aumentos de produção de matéria seca com a aplicação da calagem.

O teor de cálcio na parte aérea da soja perene cultivada na ausência de calagem, no segundo corte, apresentou efeito de concentração do elemento. Ao considerar os teores nas plantas cultivadas em presença de calagem, verificou-se que houve decréscimos significativos e lineares no segundo corte. Não é comum observar esse tipo de redução, que é pequena, enquanto que os aumentos na produção de matéria seca foram muito mais expressivos, e que a quantidade de cálcio absorvida, certamente, foi maior com a elevação da calagem (TABELA VI).

Os teores de magnésio na parte aérea no primeiro corte sofreram acréscimos significativos e lineares, enquanto que o segundo corte mostrou variação quadrática, em relação à calagem. Na TABELA VII podem ser observadas as equações de regressão para os teores de potássio, cálcio, magnésio e enxofre em função da calagem. Os teores de enxofre na parte aérea foram mais elevados na ausência de calagem, provavelmente devido ao efeito de concentração desse elemento pois a produção de matéria seca dessa leguminosa foi menor nesse tratamento. Os teores de boro e de ferro (no segundo corte), de cobre (no primeiro corte), de manganês e de zinco (em ambos os cortes) mostraram signifi-

ficativos decréscimos com a elevação das doses de calcário (TABELA VIII). Esses resultados concordam com o relatado por LINDSAY (1972) em relação a diminuição da disponibilidade desses micronutrientes pela calagem, e também com os resultados obtidos por JONES et alii (1970) e por MIRANDA (1979).

Com relação ao manganês, em ausência de calagem, verificaram-se concentrações em torno de 500 ppm de Mn. De acordo com Andrew, citado por JONES et alii (1970) uma concentração maior que 450 ppm de manganês na soja perene deve resultar em toxidez do elemento à planta. Realmente, cerca de 15 dias após a germinação, as primeiras folhas das plântulas de soja perene mostraram clorose nos seus bordos, na ausência de calagem. Essa clorose foi se acentuando, tornando-se bem nítida nos bordos e avançando entre as nervuras. Concomitantemente, surgiram pontos necróticos nas áreas cloróticas. As plantas, com a idade de 30 dias, já apresentavam desenvolvimento bem menor que nos vasos com calagem. Tais sintomas são idênticos aos apresentados por SOUTO & DOBEREINER (1969) e WERNER et alii (1975a) para toxidez de manganês em soja perene.

De acordo com MALAVOLTA et alii (1989) os teores de cobre, ferro e zinco são considerados adequados para o cultivo da soja perene, enquanto que os teores de boro e manganês (na ausência ou no primeiro nível de calagem) são considerados altos.

### Conteúdos de Molibdênio

Foram significativos ( $P < 0,01$ ) os efeitos da calagem, do molibdênio, do cobalto e das Interações Calagem  $\times$  Cobalto e Molibdênio  $\times$  Cobalto sobre o teor de molibdênio na parte aérea da matéria seca do segundo corte. Porém no primeiro corte somente a aplicação do molibdênio mostrou efeito significativo ( $P < 0,01$ ), incrementando os teores desse micronutriente.

O desdobramento da Interação Calagem  $\times$  Molibdênio evidenciou efeito positivo e significativo da calagem tanto na ausência como na presença de aplicação do molibdê-

TABELA VII. Equações de regressão para os efeitos da calagem sobre as diversas variáveis em soja perene.

VARIÁVEL DEPENDENTE	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	
Matéria seca	2º corte	$Y = 1,47 + 0,0621X$
	Planta inteira	$Y = 2,85 + 0,067X$
Nitrogênio total	2º corte	$Y = 35,5 + 1,96X$
Nodulação (número)		$Y = 3,15 + 0,105X$
Nitrogênio (%)	2º corte	$Y = 2,51 + 0,0074X$
Potássio (%)	1º corte	$Y = 2,87 - 0,0043X$
	2º corte	$Y = 2,77 - 0,0044X$
Cálcio (%)	1º corte	$Y = 1,41 + 0,0039X - 0,000053X^2$
	2º corte	$Y = 1,68 - 0,0045X$
Magnésio (%)	1º corte	$Y = 0,46 + 0,0045X$
	2º corte	$Y = 0,39 - 0,0018X + 0,000035X^2$
Enxofre (%)	2º corte	$Y = 0,48 - 0,00029X$
Boro (ppm)	2º corte	$Y = 114,3 - 0,22X$
Cobre (ppm)	2º corte	$Y = 10,1 - 0,019X$
Manganês (ppm)	1º corte	$Y = 550 - 10,1X + 0,051X^2$
	2º corte	$Y = 547 - 10,2X + 0,057X^2$
Zinco (ppm)	1º corte	$Y = 50,4 - 0,28X$
	2º corte	$Y = 57,2 + 0,15X - 0,0047X^2$

Y representa a variável dependente e X é o nível de calagem dentro dos limites estudados.

TABELA VIII. Teores de boro, cobre, ferro, manganês e zinco (ppm) na parte aérea da soja perene em Latossolo Vermelho-Escuro Álico.

Tratamentos	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Sem calagem	75	113	10	9	226	632	550	547	50	57
Calagem 1	72	109	9	8	225	497	256	259	41	56
Calagem 2	73	98	9	9	201	452	87	110	31	45
Reg. linear	ns	**	*	ns	ns	*	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	*

ns; \*; \*\* = não significativo; significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

nio. Examinando-se os conteúdos de molibdênio obtidos na parte aérea, no segundo corte, sem a aplicação de molibdênio, verificou-se que a calagem proporcionou significativos aumentos quadráticos. Por outro lado, em presença de molibdênio, a calagem aumentou linearmente o conteúdo de Mo.

A aplicação de molibdênio resultou em expressivo incremento no conteúdo de Mo na matéria seca da parte aérea no segundo corte, em todos os níveis de calagem, conforme mostram os dados apresentados na TABELA IX. O conteúdo de Mo variou entre o mínimo de 0,03 ppm na ausência de calagem e sem Mo, até o máximo de 4,68 ppm mediante aplicação de Mo e no nível mais elevado de calagem. A simples prática da calagem proporcionou expressivos aumentos no conteúdo de Mo da soja perene nesse solo. Também foi significativa a Interação Molibdênio  $\times$  Cobalto, cujo desdobramento revelou que a utilização de molibdênio contribuiu para elevar significativamente ( $P < 0,01$ ) o conteúdo de Mo na parte aérea da soja (segundo corte), com ou sem aplicação de cobalto. A adição de Co + Mo contribuiu para incrementar efetivamente o conteúdo de molibdênio na soja perene, porém o emprego de cobalto sem molibdênio não alterou significativamente o teor de Mo.

TABELA IX. Teores de molibdênio (ppm) na matéria seca da parte aérea da soja perene em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico.

Calagem	Molibdênio	Molibdênio - ppm	
		1º corte	2º corte
Sem Calagem	Sem	0,15	0,03b
	Com	1,08	2,37a
Calagem 1	Sem	0,24	0,44b
	Com	0,53	3,33a
Calagem 2	Sem	0,43	2,47b
	Com	1,15	4,68a

Médias seguidas pelas mesmas letras dentro de cada nível de calagem não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Ausência de letras indica interação não significativa.



### Molibdênio na Semente

As sementes de soja perene empregadas no presente estudo revelaram concentração média de 2,1 ppm de Mo. Conforme demonstraram MEAGHER *et alii* (1952), a deficiência de Mo nem sempre poderia ser demonstrada em plantas oriundas de sementes produzidas comercialmente, que continham de 0,5 a 5,0 ppm de Mo. A ausência de resposta à aplicação de molibdênio na soja perene em termos de produção de matéria seca, quantidade total de nitrogênio, nodulação, teor de macro e micronutrientes (com exceção do cobalto e do molibdênio) concorda com a observação de MEAGHER *et alii* (1952), e de GURLEY & GIDDENS (1969). Do presente experimento pode-se inferir que, pelo menos parcialmente, o molibdênio contido na semente de soja perene supriu as necessidades de Mo nos dois cortes executados; a outra parte seria o Mo do solo ou impureza dos fertilizantes utilizados.

### Cobalto na Parte Aérea

Mostraram-se significativos os efeitos da calagem, da aplicação de cobalto e a Interação Calagem × Cobalto sobre o teor de cobalto em ambos cortes. Os conteúdos médios de cobalto na parte aérea da soja perene, de maneira geral, estiveram acima de 0,07 ppm, limite mínimo de deficiência de cobalto na matéria seca das forrageiras (JARDIM *et alii*, 1966). O desdobramento da Interação Calagem × Cobalto revelou que a adição de Co, tanto na ausência como no nível médio de calagem, resultou em aumento significativo nos teores de cobalto na parte aérea da soja. Entretanto, no nível mais elevado de calagem, os teores de cobalto foram semelhantes com ou sem o emprego desse micronutriente (TABELA X). Os aumentos mais expressivos nos teores desse micronutriente foram obtidos em ausência da calagem. Este fato é esperado, pois a disponibilidade do cobalto é maior em condições de acidez. Nesse solo a calagem, elevando o pH, resultou em redução linear no teor de cobalto tanto em presença como na ausência da aplicação de cobalto. Efeitos similares foram observados por MITCHELL (1962). Nonível mais elevado de calagem, e sem adi

ção de cobalto, os teores desse micronutriente baixaram a níveis inferiores a 0,07 ppm, valor considerado limiar para a deficiência desse micronutriente.

TABELA X. Teores de cobalto (ppm) na matéria seca da parte aérea da soja perene, no Latossolo Vermelho-Escuro Álico.

Calagem	Cobalto	Cobalto (ppm)	
		1º corte	2º corte
Ausente	Sem	0,14 b	0,11 b
	Com	0,34 a	0,26 a
Calagem 1	Sem	0,11 b	0,14 b
	Com	0,21 a	0,21 a
Calagem 2	Sem	0,03 a	0,07 a
	Com	0,10 a	0,12 a

Médias seguidas pelas mesmas letras, dentro de cada nível de calagem, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Outro fato interessante, observado para essa forrageira, foi que, no geral, os teores de cobalto na matéria seca da parte aérea foram ligeiramente inferiores aos encontrados no Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PAULINO, 1990). Tais variações podem ser atribuídas, provavelmente, a diferentes concentrações originais de cobalto, nos solos e aos seus conteúdos mais elevados de matéria orgânica (3,0% de matéria orgânica) em relação ao Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (1,8% de matéria orgânica). Segundo BLOOMFIELD (1981) aumentos no teor de matéria orgânica do solo são, geralmente, acompanhados por redução na disponibilidade de cobalto.

## CONCLUSÕES

1. A produção, na soja perene, de matéria seca da parte aérea, das raízes e da planta inteira, o nitrogênio

total e a nodulação (número e peso seco dos nódulos) aumentaram significativa e linearmente em função da calagem. Para essas variáveis, os valores máximos seriam obtidos com níveis de calagem superiores ao nível máximo empregado nesse solo.

2. Os teores de macro e micronutrientes na parte aérea sofreram variações significativas com a utilização de calagem.

3. A aplicação de molibdênio resultou em efeitos positivos sobre a produção de matéria seca e sobre o total de nitrogênio acumulado na parte aérea da soja, no primeiro corte.

4. A utilização dos micronutrientes (cobalto e molibdênio) elevou significativamente os teores desses nutrientes na parte aérea da soja perene.

## RESUMO

A Soja Perene Tinaroo (*Neonotonia wightii*) foi cultivada em Latossolo Vermelho-Escuro Álico, com o objetivo de estudar os efeitos da calagem e de micronutrientes (molibdênio e cobalto) sobre a nodulação, a fixação de nitrogênio, a produção de matéria seca e a sua composição. Os níveis de calagem usados foram: ausência, calagem para elevação do índice de saturação por bases a 35%, e nível para elevação desse índice a 70%, em presença ou ausência de aplicações de cobalto e molibdênio. Foram também avaliados os efeitos dos tratamentos sobre as principais características químicas do solo. A calagem elevou o pH, reduziu  $H^+ + Al^{3+}$ , incrementou os teores de cálcio e magnésio trocáveis, e a porcentagem de saturação por bases do solo. A produção de matéria seca na parte aérea, nas raízes e na planta inteira, o nitrogênio total e a nodulação da soja foram significativamente aumentados pela aplicação de calcário. O emprego do molibdênio favoreceu o acúmulo de nitrogênio na parte aérea, beneficiando a fixação biológica, também resultou em acréscimos na produção de matéria seca da soja, no primeiro corte. A calagem resultou em variações significativas na composi—

ção mineral da forragem. A aplicação de molibdênio e de cobalto incrementou significativamente os teores desses micronutrientes. A calagem favoreceu a absorção de molibdênio, porém reduziu a de cobalto.

**Palavras-chave:** Soja Perene, *Neonotonia wightii*, calagem, micronutrientes.

### SUMMARY

The effects of lime and micronutrients (molybdenum and cobalt) application on nodulation, nitrogen fixation, growth and chemical composition were evaluated in perennial soybean Tinaroo (*Neonotonia wightii*) cultivated in Alic Red Dark Latosol. Three levels of lime were used, equivalent to zero, lime to raise the base saturation index of soil to 35%, and lime to raise this index to 70%, with or without Co or Mo. Four complete randomised blocks were used for a factorial experiment with 3 levels of lime  $\times$  2 levels of Mo  $\times$  2 levels of Co, in pots. Lime raised the pH, decreased,  $H^+ + Al^{3+}$ , increased exchangeable Ca and Mg contents and soil base saturation percentage. The dry matter production of shoots, roots and whole plants, total nitrogen, and nodulation were significantly increased by lime. Molybdenum gave favourable effects upon nitrogen accumulated in perennial soybean. Benefitting nitrogen biological fixation, molybdenum caused increases in dry matter production in the first cut. Lime resulted in significant variations in the mineral content, while molybdenum and cobalt applications increased significantly the contents of these micronutrients. Lime increased absorption of molybdenum, but decreased cobalt absorption.

**Key words:** Perennial soybean, *Neonotonia wightii*, lime, micronutrients.

### LITERATURA CITADA

ANDREW, C.S., 1978. Legumes and Acid Soils. In: DOBEREINER, J.; R.H. BORRIS & A. HOLLAENDER. Limitations and Potentials for Biological Nitrogen Fixation in the Tro

- pics. New York, Plenum. p. 137-157.
- BATAGLIA, O.C.; A.M.C. FURLANI; P.R. TEIXEIRA; P.R. FURLANI; J.R. GALLO, 1983. Métodos de Análise Química de Plantas. Bol. Téc. IAC, Campinas, 78: 1-48.
- BLOOMFIELD, C., 1981. Te Translocation of Metals in Soils. In: GREENLAND, D.J. & M.H.B. HAYNES (eds.) *The Chemistry of Soil Processes*. New York, John Wiley. 463p.
- BREMER, J.M., 1965. Total Nitrogen. In: BLACK, C. A. (ed.). *Methods of Soil Analysis*. Madison, American Society of Agronomy. p. 1149-1178.
- CARVALHO, M.M.; D.G. EDWARDS; C.S. ANDREW; C.J. ASHER, 1981. Aluminium Toxicity, Nodulation, and Growth of *Stylosanthes* Species. *Agron. Journal*, Madison, 73: 261-265.
- FRANÇA, G.E.; A.F.C. BAHIA FILHO & M.M. CARVALHO, 1973. Influência de Magnésio, Micronutrientes e Calagem no Desenvolvimento e Fixação Simbiótica de Nitrogênio na Soja Perene var. Tinaroo (*Glycine wightii*) em Solo de Cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.*, Rio de Janeiro, 8:197-202.
- GURLEY, W.H. & J. GIDDENS, 1969. Factors Affecting Uptake, Yield Response, and Carryover of Molybdenum in Soybean Seed. *Agron. Journal*, Madison, 617-619.
- JARDIM, W.R.; A.M. PEIXOTO; C.L. MORAIS; F. SILVEIRA, 1966. Estudo da Comparação Química das Plantas Forrageiras de Pastagens do Brasil Central. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGENS, 9., São Paulo. *Anais*. p. 699-706.
- JONES, M.B.; J.L. QUAGLIATO & L.M.M. FREITAS, 1970. 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: 209-214.
- KABATA-PENDIAS, A. & H. PENDIAS, 1984. *Trace Elements in Soils and Plants*. Boca Raton, CRC Press, Inc. 259p.
- KAMPRATH, E.J., 1972. Soil Acidity and Liming. In: COMMITTEE ON TROPICAL SOILS. *Soils of the Humid Tropics*. Washington, D.C., National Academy of Sciences, p. 136-149.

- LINDSAY, W.L., 1972. Inorganic Phase Equilibria of Nutrients in Soils. In: MORTVEDT, J.J.; P.M. GIORDANO & W.L. LIND. **Micronutrients in Agriculture**. Madison, Soil Science Society of America. p. 41-57.
- LOVADINI, L.A.C., 1972. Comportamento da Soja Perene (*Glycine wightii*) em Solos Ácidos, em Função das Variações de pH, Al Trocável e do Fosfato Aplicado como Fosfato Solúvel. Piracicaba. 94p. (Doutorado-ESALQ/USP).
- MALAVOLTA, E.; J.R. SARRUGE & V.C. BITTENCOURT, 1977. Toxicidade de Alumínio e de Manganês. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., Brasília; Bases para Utilização Agropecuária (Coord. Mário G. Ferri), Belo Horizonte, Editora Itatiaia/EDUSP. p. 275-301.
- McKENZIE, R.M., 1975. Soil Cobalt. In: NICHOLAS, D.J.D. & A.R. EGAN (eds.). **Trace Elements in Soil Plant-Animal Systems**. London, London Academic Press. p. 83-93.
- MEAGHER, W.R.; C.M. JOHNSON & P.R. STOUT, 1952. Molybdenum Requirement of Leguminous Plants Supplied with Fixed Nitrogen. *Plant Physiol.*, Lancaster, 27: 223-230.
- MITCHELL, R.L., 1962. Trace Elements in Soil. In: BEAR, F. E. (ed.). *Chemistry of the Soil*. New York, Reinhold. p.320-368.
- MUNNS, D.N. & A.L. FOX, 1977. Comparative Line Requirement of Tropical and Temperate Legumes. *Plant Soil*, Hague, 46: 533-548.
- NICHOLAS, D.J.D., 1975. In: NICHOLAS, D.J.D. & A.R. EGAN, (eds). **Trace Elements in Soil-Plant-Animal**. New York Academic Press. p. 181-198.
- PAULINO, V.T., 1990. Efeito da Fertilização Fosfatada, da Calagem e Micronutrientes no Desenvolvimento de Plantas Forrageiras. 281p. (Doutorado)
- QUAGLIATO, J.L. & P. NUTI, 1969. Efeito da Calagem e Micronutrientes na Produção de Leguminosas Forrageiras, em Solos de Cerrado. In: ENCONTRO DE TÉCNICOS DA REGIÃO CENTRO-SUL PARA DISCUSSÃO DE PROBLEMAS RELACIONADOS ÀS LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS, 1ª., Nova Odessa. 3p.
- REISENAUER, H.M.; A.A. TABIKH & P.R. STOUT, 1962. Molybdenum Reactions with Soils An Hydrous Oxides of Iron,

- Aluminum and Titanum. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, 26: 23-27.
- SALINAS, J.G. & P.A. SANCHEZ, 1976. Soil Plant Relationships Affecting Varietal and Species Differences in Tolerance to How Available Soil Phosphorus. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 28: 156-168.
- SARRUGE, J.R. & P.H. HAAG, 1974. *Análises Químicas em Plantas*. Piracicaba, ESALQ/USP. 27p.
- SOARES, W.V. & M.A.T. VARGAS, 1974. Ensaio Exploratório de Fertilização com Duas Leguminosas Tropicais e Três Solos de Cerrado do Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14., Santa Maria. *Anais*. p. 448-450.
- SOUTO, S.M. & J. DOBEREINER, 1969. Efeito do Fósforo, Temperatura e Umidade do Solo na Nodulação e no Desenvolvimento de Duas Variedades de Soja Perene. *Pesq. Agropec. Bras.*, Rio de Janeiro, 2: 215-221.
- VIDOR, C.; J. KOLLING; J.R.J. FREIRE; D. SCHOLLES; E. BROSE; M.H.T. PEDROSO, 1983. *Fixação Biológica do Nitrogênio pela Simbiose Rhizobium e Leguminosas*. Porto Alegre, IPAGRO. 52p. (Boletim Técnico, 11).
- WERNER, J.C., 1975. Uso de Micronutrientes em Pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2., Piracicaba, ESALQ/USP. *Anais*. p.87-111.
- WERNER, J.C. & H.B. MATTOS, 1974. Ensaio de Fertilização com Alguns Micronutrientes em Soja Perene, *Glycine wightii* Willd. *Bol. Indústria Anim.*, São Paulo, 31: 313-324.