

Resposta de *Neonotonia wightii* à calagem e aplicação de micronutrientes

V. T. Paulino*, E. Malavolta** e N. de L. Costa***

Introdução

A produção animal baseada em pastagens constitui-se num 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 manter a produção em bom nível, através da adição do N no sistema.

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

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

Andrew (1978), após revisar muitos trabalhos realizados com leguminosas, afirma que elas diferam na sua capacidade de nodular e de crescer, quando variam o pH e o nível de Ca no solo. Salinas and Sánchez (1976) concluíram que sob condições adversas de fertilidade, *Stylosanthes humilis* e *Centrosema pubescens*

se destacaram como tolerantes a baixos níveis de pH; e, como exigentes a pH mais elevado *Neonotonia wightii* e *Medicago sativa*.

Lembram, ainda, a dificuldade de separar no solo os efeitos da toxicidade de Al, devidos à deficiência de P, o que transforma a seleção simultânea a ambas as condições adversas em uma necessidade.

Munns e Fox (1977) acrescentaram que a tendência atribuída a diferentes espécies em responderem à calagem depende da relativa importância do Al, Mn, pH, Ca, Mo e outros fatores relacionados com o pH em cada solo particular, e, também, devido ao comportamento de cada espécie e seu *Rhizobium* associado a cada um desses.

O insucesso na implementação de leguminosas forrageiras é determinado, muitas vezes, pelo suprimento insuficiente de micronutrientes, tais como o Mo e o Co. O Mo participa ativamente como componente da nitrogenase, enzima responsável pela fixação biológica do N (Nicholas, 1975). O cobalto (Co) é componente da vitamina B₁₂ e na sua ausência, haveria um bloqueio na síntese de succinilcoenzima-A. Dessa forma haveria uma inibição na síntese de leghemoglobina e, conseqüentemente, ocorreria uma diminuição de N₂.

A determinação se os níveis de Mo ou de Co nos solos são suficientes ou não para atender às necessidades das plantas, deve ponderar os seguintes aspectos: no solo as quantidades presentes são extremamente baixas, há influência das características químicas dos solos (Kabata-Pendias and Pendias, 1984), a importância da reserva das sementes (Gurley and Giddens, 1969) que podem mascarar uma deficiência no solo.

* Pesquisador do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, Brasil.

** Professor catêdrático e voluntário, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade de São Paulo, Brasil.

*** Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Porto Velho, RO, Brasil.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de níveis de calagem e da aplicação dos micronutrientes Mo e Co sobre os rendimentos forrageiros, fixação do nitrogênio (N), nodulação e composição química da leguminosa forrageira soja perene (*N. wightii*) cv. Tinaroo, cultivada no Latossolo Vermelho-Escuro álico.

Materiais e métodos

O trabalho foi conduzido no casa-de-vegetação na estação experimental central do Instituto de Zootecnia, em Nova Odessa, SP, Brasil. O solo estudado foi um Latossolo Vermelho-Escuro álico de textura argilo-arenosa, que apresentava a seguinte composição: pH = 4.2; P = 10 ppm; 0.22, 0.70 e 0.45 meq/100 g de K, Ca e Mg, respectivamente; H + Al = 6.10 meq/100 g; matéria orgânica = 4.10%; areia grossa = 14%, areia fina = 44%; limo = 3% e argila = 39%.

Os tratamentos foram dispostos em blocos ao acaso em arranjo fatorial, com quatro repetições. Os fatores que compuseram os tratamentos foram Co (presença ou ausência), Mo (presença ou ausência), ausência de calagem, calagem proposta para elevação do índice de saturação por bases a 35%, e calagem proposta para elevação do índice de saturação por bases a 70%. Cada unidade experimental constituiu-se de um vaso com capacidade de 5 kg de solo seco. O calcário aplicado foi um calcário calcinado com Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) de 130%, contendo 44% de CaO e 20% de MgO. A mistura solo e corretivo foi incubada, mantendo-se a umidade próxima à capacidade de campo.

Aos 10 dias de idade as plântulas de leguminosas foram inoculadas com 1 ml/planta de uma suspensão de *Rhizobium* específico com aproximadamente 10^8 bactérias por mililitro. Na Tabela 1 são apresentadas as quantidades e fontes dos nutrientes aplicados na época da semeadura. Aos 47 dias após o plantio foi realizado o primeiro corte da leguminosa; e o segundo corte foi realizado com 45 dias de rebrota.

O material da parte aérea e das raízes foi seco (65 °C) em estufa de circulação de ar forçada durante 48 horas, e pesados separadamente. Os nódulos foram destacados do sistema radicular, purificados e a seguir

Tabela 1. Doses de nutrientes e respectivas fontes utilizadas no cultivo da soja perene. Nova Odessa, SP.

Nutrientes	Quantidades (ppm)	Fontes
P	125	Superfosfato
S	170	Simple
K	150	KCl
B	0.75	H ₃ BO ₃
Cu	0.75	CuSO ₄ .5H ₂ O
Zn	1.50	ZnSO ₄ .7H ₂ O
Fe	5.00	FeSO ₄ .7H ₂ O
Co	0.10	CoCl ₂ .6H ₂ O
Mo	0.20	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O

contados. O teor de N total foi determinado pelo método Micro-Kjeldahl descrito por Bremner (1965). As concentrações de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (Bo), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), molibdênio (Mo) segundo o método descrito por Sarruge e Haag (1974) e o cobalto (Co) conforme método relatado por Batagfia et al. (1983).

Resultados e discussão

Crescimento e nodulação. As análises de variância evidenciaram efeitos significativos da calagem sobre a produção de MS da parte aérea, das raízes e da planta inteira, e número e peso seco de nódulos (Tabela 2). A interação calagem x Mo, também apresentou efeito significativo sobre a produção de MS no primeiro corte. As demais interações não apresentaram efeitos significativos sobre as diversas variáveis estudadas.

A aplicação de níveis de calcário, até a dose equivalente a 2.70 t/ha (calculada para elevar o índice de saturação por bases a 70%) incrementou linear ($P < 0.01$) as produções de MS das partes da planta conforme ilustram os dados da Tabela 2.

Esses resultados concordam com a maioria dos estudos realizados com essa espécie. Comparando-se a produção de MS da parte aérea no nível 0 de calagem (pH 4.1) com o

Tabela 2. Produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea, das raízes, e da planta inteira e nodulação (mg/vaso e número) da soja perene cultivada no Latossolo Vermelho-Escuro álico, sob doses de calcário. Nova Odessa, SP.^a

Doses de calcário (t/ha)	Produção de MS (g/vaso)				Nodulação	
	Corte		Raízes	Pl ^b	mg/vaso	no.
	1	2				
0	5.59	1.69	1.32	3.01	17	9
0.93 ^c	6.69	3.23	1.63	4.86	113	53
2.79 ^d	7.92	6.04	1.69	7.73	209	105
Reg. linear	**	**	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns

a. Para a análise estatística os dados foram transformados em $\sqrt{x + 1}$.

b. Planta inteira.

c. Calagem proposta para elevação do índice de saturação por bases a 35%.

d. Calagem proposta para elevação do índice de saturação por bases a 70%.

*, ** Significância do teste F para os componentes linear e quadrático aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = Não significativo.

nível 2 (pH 5.3) observou-se no segundo corte, que os rendimentos, em termos de produção de MS, na ausência de calagem representaram somente 28% dos obtidos com a aplicação da calagem. Esses resultados confirmam a sensibilidade da soja perene às condições de acidez do meio (Souto e Döbereiner, 1969; Jones et al., 1970) e as respostas positivas a aplicação de calcário (Quagliato e Nuti, 1969; Lovadini, 1972; Munns and Fox, 1977).

A interação calagem x Mo teve efeito significativo sobre a produção de MS do primeiro corte. O desdobramento dessa interação mostrou que a calagem teve efeito positivo e linear, incrementando a produção de MS tanto na presença como na ausência de aplicação de Mo. Por outro lado, o emprego do Mo na ausência de calagem, incrementou a produção da soja perene neste corte. Em tal condição a baixa disponibilidade do Mo 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 Mo sobre a produção de MS da soja perene também foram observados por Jones et al. (1970), e Werner e Mattos (1974).

A nodulação (peso seco e número de nódulos) da soja perene cultivada nesse solo foi significativamente aumentada pela calagem, resultados semelhantes foram constatados por Munns and Fox (1977). Na ausência de calagem, a soja perene teve uma baixa nodulação

(Tabela 2). Além de influenciar no desenvolvimento das plantas, a calagem deve ter melhorado o suprimento de Ca e de Mg para os nódulos. Segundo Vidor et al. (1983) maiores quantidades de Ca são requeridas durante o início do processo de infecção radicular, sendo que a partir daí menos Ca é necessário para o crescimento e manutenção dos nódulos. No entanto, como a bactéria necessita de muito menos Ca que a planta, a formação dos nódulos falharia muito antes da bactéria ser afetada e, sendo o efeito do Ca 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 aplicação de calcário proposta para elevação do índice de saturação por bases a 70% (2.89 t/ha de calcário), resultando 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 al., 1981). Tal efeito varia entre espécies e com a concentração de Al na solução do solo. O pH baixo e essa concentração de Al sugerem que esse fator tenha contribuído para inibição da nodulação. A importância relativa do Al, Mn, pH, Ca e 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 entre esses 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. No geral, as quantidades de N total acumuladas na parte aérea da soja perene aumentaram com a calagem (Tabela 3). Observou-se efeito significativo da interação calagem x Mo no primeiro corte e da calagem em ambos cortes. O desdobramento dessa interação revelou que a calagem, tanto em presença como ausência de Mo, incrementou significativa e linearmente as quantidades de N acumuladas na parte aérea da soja perene.

Por outro lado, a aplicação de Mo na ausência de calagem não proporcionou incrementos significativos sobre as quantidades totais de N acumulados. Com o emprego da calagem, o uso de Mo mostrou efeito expressivo aumentando as quantidades totais de N da soja perene (primeiro corte) cultivada no solo (Tabela 4). A falta de resposta a esse micronutriente na ausência de calagem permite supor que, nas condições ácidas (pH final 4.1) Mo teria sido adsorvido às partículas do solo, tais como óxidos de Fe e Al (Kamprath, 1972), conforme descrito por Reisenauer et al. (1962). Esses autores propuseram que em solo ácido a disponibilidade relativamente alta de Mn no solo, também pode influenciar a não resposta ao Mo.

Tabela 3. Quantidades totais de nitrogênio acumuladas (mg/vaso) na parte aérea da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Nova Odessa, SP.

Doses de calcário (t/ha)	Nitrogênio total acumulado	
	1o. corte	2o. corte
0	171.0	41.0
0.93	203.0	93.0
2.79	235.0	178.0
Reg. linear	**	**
Reg. quadr.	ns	ns

** Significâncias aos nível de 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

ns = Não significativo.

Tabela 4. Produção de matéria seca (g/vaso) e quantidades totais de nitrogênio (mg/vaso) da soja perene, em função dos níveis de calcário e mediante a aplicação ou não de molibdênio. Nova Odessa, SP.

Doses de calcário (t/ha)	MS (g/vaso)		N Total	
	-Mo	+Mo	-Mo	+Mo
0	5.17 b*	6.25 a	172 a	180 a
0.93	6.42 a	6.46 a	190 b	210 a
2.79	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%.

A aplicação de níveis crescentes de calcário proporcionaram incrementos na produção de MS, que parecem estar associados à maior fixação de N_2 , conforme indicado pelos teores de N na parte aérea (Tabela 5). Respostas à calagem, devido ao estímulo na fixação de N_2 , também foram observadas por França et al. (1973) e por Munns and Fox (1977).

A calagem produzindo alterações químicas no solo, como por exemplo elevação do pH, maiores disponibilidades de nutrientes (P, Ca, Mg e Mo) teria beneficiado a fixação de N_2 , aumentando a concentração de N e a produção de MS na parte aérea. O pH do solo aumentou no final do experimento de 4.4 para 5.3. Essa diferença no pH 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 conteúdos de Ca na MS da soja perene situaram-se em torno de 1.40%, que possivelmente não se mostraram limitantes para a produção e fixação de N.

Teores de nutrientes. Os teores de macronutrientes na parte aérea da soja perene em dois cortes são apresentados na Tabelas 5 e 6. Na Tabela 7 pode ser observadas as equações de regressão para as variações nos teores de K, Ca, Mg e S em função da calagem.

A análise de variância revelou efeito significativo da calagem (ambos cortes) e da interação calagem x Co no primeiro corte sobre os teores de N. Os percentagens de N, na presença de calagem, foram superiores as encontrados por Souto e Döbereiner (1969) que obtiveram de 2.04 a 2.25% ou aos 2.18% obtidos por Jones et al. (1970). A porcentagem de N na parte aérea da planta, por ocasião do primeiro corte (Tabela 5) mostrou sensível redução com a aplicação de níveis de calagem. Essa redução foi simultânea a aumentos na produção de MS da

parte aérea, portanto a redução nos teores de N possivelmente se deve a diluição do elemento na planta.

Já no segundo corte pode-se observar que a calagem resultou em acréscimos lineares e significativos sobre os teores de N da parte aérea no segundo corte. Esse resultado corrobora com os obtidos por Soares e Vargas (1974). Os valores percentuais desse elemento na parte aérea, mesmo com os aumentos na produção de MS, foram mais altos nos níveis mais elevados

Tabela 5. Teores (%) de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico em função dos níveis de calcário. Nova Odessa, SP.

Doses de calcário (t/ha)	Nitrogênio Corte		Fósforo Corte		Potássio Corte	
	1	2	1	2	1	2
0	3.34	2.47	0.31	0.29	2.88	2.79
0.93	3.11	2.85	0.30	0.29	2.72	2.57
2.79	2.87	2.98	0.31	0.29	2.58	2.48
Reg. linear	*	**	ns	ns	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*, ** Significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = Não significativo.

Tabela 6. Teores (%) de cálcio, magnésio e enxofre na parte aérea da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico, em função dos níveis de calcário. Nova Odessa, SP.

Doses de de calcário (t/ha)	Cálcio Corte		Magnésio Corte		Enxofre Corte	
	1	2	1	2	1	2
0	1.41	1.71	0.45	0.40	0.38	0.48
0.93	1.48	1.47	0.62	0.38	0.27	0.37
2.79	1.42	1.39	0.77	0.44	0.31	0.28
Reg. linear	ns	**	**	ns	**	**
Reg. quadr.	*	ns	ns	*	**	ns

*, ** Significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = Não significativo.

Tabela 7. Equações de regressão para os efeitos dos níveis de calcário sobre as diversas variáveis em soja perene. Nova Odessa, SP.

Variável dependente		Equação de regressão*
Matéria seca	2o. corte	$Y = 1.47 + 6.21 \times 10^{-2} X$
	Planta inteira	$Y = 2.85 + 6.7 \times 10^{-2} X$
Nitrogênio total	2o. corte	$Y = 35.5 + 1.96 X$
Nodulação número		$Y = 3.15 + 1.05 \times 10^{-1} X$
Nitrogênio (%)	2o. corte	$Y = 2.51 + 7.40 \times 10^{-3} X$
Potássio (%)	1o. corte	$Y = 2.87 - 4.30 \times 10^{-3} X$
	2o. corte	$Y = 2.77 - 4.40 \times 10^{-3} X$
Cálcio (%)	1o. corte	$Y = 1.41 + 3.90 \times 10^{-3} X - 5.30 \times 10^{-5} X^2$
	2o. corte	$Y = 1.68 - 4.50 \times 10^{-3} X$
Magnésio (%)	1o. corte	$Y = 0.46 + 4.50 \times 10^{-3} X$
	2o. corte	$Y = 0.39 - 1.80 \times 10^{-3} X + 3.50 \times 10^{-5} X^2$
Enxofre (%)	2o. corte	$Y = 0.48 - 2.90 \times 10^{-4} X$
Boro (ppm)	2o. corte	$Y = 114.3 - 2.20 \times 10^{-1} X$
Cobre (ppm)	1o. corte	$Y = 10.1 - 1.90 \times 10^{-2} X$
Manganês (ppm)	1o. corte	$Y = 550 - 10.1 X + 5.10 \times 10^{-2} X^2$
	2o. corte	$Y = 547 - 10.2 X + 5.70 \times 10^{-2} X^2$
Zinco (ppm)	1o. corte	$Y = 50.4 - 2.8 \times 10^{-1} X$
	2o. corte	$Y = 57.2 + 1.5 \times 10^{-1} X - 4.70 \times 10^{-3} X^2$

Onde: Y = Representa a variável dependente, e X o nível de calcário dentro dos limites estudados.

* 16 observações por cada nível de calcário.

de calagem. Aumentos similares, devido à calagem, foram constatados com soja perene por Jones et al. (1970) e por França et al. (1973).

O desdobramento da interação calagem x Co evidenciou que a calagem só teve efeito significativo na ausência de aplicação de Co, reduzindo linearmente as porcentagens de N, principalmente devido ao efeito de diluição verificado em virtude do maior crescimento com a aplicação de níveis de calagem. A aplicação de Co teve efeito significativo e depressivo sobre os teores de N na MS da parte aérea apenas na ausência de aplicação de calcário. Trabalhos realizados por Mitchell (1962) e por McKenzie (1975) evidenciaram que, quanto menor os valores de pH, maior a disponibilidade do Co do solo. Dessa maneira, o Co 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. Mediante a utilização de níveis de calcário e, consequentes reduções nas disponibilidades do Co, os efeitos da utilização desse micronutriente foram não significativos, embora mostrassem tendência de elevar os conteúdos de N na parte aérea da soja perene.

A calagem teve efeito significativo em ambos cortes sobre os teores de K, Ca e Mg, e sobre os teores de S no segundo corte. As interações calagem x Co também mostraram-se significativas em relação aos conteúdos de S no primeiro corte. As demais interações, bem como as aplicações de Mo e de Co não demonstraram significância sobre as concentrações desses macronutrientes. De um modo geral, verificou-se que as concentrações de P, K, Ca, Mg e S estão dentro dos valores normalmente reportados na literatura (França et al., 1973; Werner, 1975).

As concentrações de K na soja perene decresceram significativamente em ambos cortes, em função da calagem (Tabela 5). Esses decréscimos nos teores de K seriam resultados de uma diluição desse nutriente no interior da planta em consequência dos aumentos de produção de MS com a aplicação da calagem.

O teor de Ca na parte aérea da soja perene cultivada na ausência de calagem, apresentou no segundo corte um efeito de concentração do elemento. Ao se 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-se esse tipo de redução, porém sendo ela de baixa magnitude, enquanto que os aumentos na produção de MS foram muito mais expressivos, a quantidade de Ca absorvida, certamente, foi maior com a elevação da calagem (Tabela 6).

Os teores de Mg na parte aérea de soja perene no primeiro corte sofreram acréscimos significativos a lineares, enquanto que no segundo corte mostrou variações quadráticas em relação à calagem.

Os teores de S na parte aérea da soja perene foram mais elevados na ausência de calagem, provavelmente devido ao efeito de concentração desse elemento pois a produção de MS dessa leguminosa foi menor nesse tratamento.

Os teores de Bo e Fe (no segundo corte), Cu (no primeiro corte), Mn e Zn (em ambos cortes) na soja perene mostraram significativos decréscimos com a elevação das doses de calcário (Tabela 8). 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 al. (1970).

Com relação aos teores de Mn, em ausência de calagem, verificaram-se concentrações em torno de 500 ppm de Mn. De acordo com Andrew, citado por Jones et al. (1970), uma concentração maior que 450 ppm de Mn na soja perene deve resultar em toxicidade do elemento à planta. Realmente, cerca de 15 dias após a germinação das plantas, 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, e as plantas com a idade de 30 dias já apresentavam desenvolvimento bem menor que as plantas com calagem. Esses sintomas são idênticos aos apresentados por Souto e Döbereiner (1969), Werner (1975) para toxicidade de Mn em soja perene.

De acordo com Malavolta et al. (1977) os teores de Cu, Fe e Zn são considerados adequados para o cultivo da soja perene, enquanto que os teores de Bo e Mn (na ausência ou no primeiro nível de calagem) são considerados altos.

Conteúdos de molibdênio. Foram significativos ($P < 0.01$) os efeitos da calagem, da aplicação de Mo, de Co e, das interações calagem x Co, e Mo x Co sobre os conteúdos de Mo na parte aérea da planta do segundo corte, porém no primeiro corte somente a aplicação de Mo mostrou efeito significativo ($P < 0.01$) incrementando os teores desse micronutriente.

O desdobramento da interação calagem x Mo evidenciou efeito positivo ($P < 0.05$) da calagem tanto na ausência como na presença de aplicação de Mo. Examinando-se os conteúdos de Mo obtidos na parte aérea da soja perene, no segundo corte, sem a aplicação de Mo, verificou-se que o emprego da calagem proporcionou significativos incrementos que obedeceram um efeito quadrático, por outro lado, em presença de Mo a calagem aumentou linearmente os conteúdos deste nutriente.

Tabela 8. Teores de micronutrientes (ppm) na parte aérea da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico, em função das doses de calcário. Cortes 1 e 2. Nova Odessa, SP.

Doses de calcário (t/ha)	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0	75	113	10	9	226	632	550	547	50	57
0.93	72	109	9	8	225	497	256	259	41	56
2.79	73	98	9	9	201	452	87	110	31	45
Reg. linear	ns	**	*	ns	ns	*	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	*

*, ** Significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = Não significativo.

Tabela 9. Teores de molibdênio (ppm) na matéria seca da parte aérea da soja perene no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico, em função das doses de calcário, com (+) ou sem (-) aplicação de molibdênio. Nova Odessa, SP.

Doses de calcário (t/ha)	Molibdênio	Mo da parte aérea (ppm)	
		Corte	
		1	2
0	-	0.15	0.03 b*
	+	1.08	2.37 a
0.93	-	0.24	0.44 b
	+	0.53	3.33 a
2.79	-	0.43	2.47 b
	+	1.15	4.68 a

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

A aplicação de Mo como era esperado, resultou em expressivos incrementos na MS da parte aérea de soja perene no segundo corte em todos os níveis de calagem (Tabela 9). Os conteúdos de Mo variaram entre o mínimo de 0.03 ppm obtidos na ausência de calagem e sem o uso de Mo, até o máximo de 4.68 ppm mediante a aplicação de Mo e no nível mais elevado de calagem. A simples prática da calagem proporcionou expressivos aumentos nos conteúdos de Mo da soja perene nesse solo.

Para a soja perene também foi significativa a interação de Mo x Co cujo desdobramento revelou que a utilização de Mo contribuiu para elevar significativamente ($P < 0.01$) seus conteúdos na parte aérea da soja perene (no segundo corte) mediante o emprego ou não de Co. A adição conjunta de Co + Mo contribuiu para incrementar efetivamente os conteúdos deste último na soja perene, porém o emprego de Co sem Mo não alterou significativamente os conteúdos de Mo.

Molibdênio na semente. Analisando-se os conteúdos de Mo nas sementes de soja perene empregadas no presente estudo, obteve-se uma concentração média de 2.1 ppm. Conforme demonstrou Meagher et al. (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 a aplicação de Mo na soja perene em termos de produção de MS seca, quantidades totais de N, nodulação,

teores de macronutrientes e de micronutrientes (com exceção ao Co e ao Mo) concordam com a observação de Meagher et al. (1952) e Gurley and Giddens (1969). Do presente experimento pode-se inferir que pelo menos parcialmente o Mo contido na semente de soja perene supriu as necessidades durante os dois cortes executados, a outra parte seria o Mo do solo ou como impureza dos fertilizantes utilizados.

Cobalto na parte aérea. Em ambos cortes mostraram-se significativos os efeitos da calagem, da aplicação de Co e a interação calagem x Co sobre os conteúdos de Co.

Os conteúdos médios de Co na parte aérea da soja perene estiveram acima de 0.07 ppm, considerado como limite mínimo de deficiência de Co nas forrageiras por Jardim et al. (1966).

O desdobramento da interação calagem x Co, revelou que a adição de Co tanto na ausência como no nível médio de calagem, resultou em aumentos significativos nos teores de Co na parte aérea da soja perene. Entretanto, no nível mais elevado de calagem os teores de Co foram semelhantes mediante o emprego ou não desse micronutriente (Tabela 10). Observa-se que os aumentos mais expressivos nos teores desse micronutrientes foram obtidos em ausência da calagem. Esse fato é esperado pois a disponibilidade do Co é maior em condições de acidez. Nesse solo a calagem, elevando o pH, resultou em reduções lineares nos teores de Co tanto em sua presença como na sua ausência. Efeitos similares foram observados por Mitchell (1962). No nível mais elevado de calagem, e sem adição de Co, os conteúdos desse micronutriente baixaram a níveis inferiores a 0.07 ppm de Co, considerado limiar para deficiência desse micronutriente.

Outro fato interessante observado para essa forrageira foi que os conteúdos de Co na MS da parte aérea de soja perene cultivada nesse solo foram ligeiramente inferiores aos encontrados no solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (Paulino, 1990). Tais variações podem ser atribuídas, provavelmente, as diferentes concentrações originais de Co, entre diferentes solos, e aos conteúdos mais elevados de matéria orgânica (3.0%) nesse solo em relação ao solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (1.8% de M.O.). Segundo Bloomfield (1981) aumentos no conteúdo de Mo dos solos são, geralmente, acompanhados por reduções na disponibilidade do Co.

Tabela 10. Teores de cobalto (ppm) na matéria seca da parte aérea da soja perene, no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico, em função das doses de calcário e da aplicação (+) ou não (-) do cobalto. Cortes 1 e 2. Nova Odessa, SP.

Doses de calcário (t/ha)	Cobalto	Co da parte aérea (ppm)	
		1	2
0	-	0.14 b*	0.11 b
	+	0.34 a	0.26 a
0.93	-	0.11 b	0.14 b
	+	0.21 a	0.21 a
2.79	-	0.03 a	0.07 a
	+	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%.

Conclusões

1. A produção de MS da parte aérea, nas raízes e na planta inteira, e N total e nodulação (número e peso seco dos nódulos) de soja perene aumentaram significativamente e linearmente em função da calagem. Para essas variáveis, os valores máximos seriam obtidos com doses de calcário superiores ao nível máximo empregado para essa leguminosa nesse solo.
2. Os teores de macro e micronutrientes na parte aérea da soja perene sofreram variações significativas com a utilização de doses de calcário.
3. A aplicação de Mo resultou em efeitos positivos sobre a produção de MS e quantidades totais de N acumuladas na parte aérea da soja perene no primeiro corte.
4. A utilização dos micronutrientes (Co e Mo) elevou significativamente os conteúdos desses nutrientes na parte aérea da soja perene.

Resumen

En un Latosol Rojo Oscuro de la estación experimental del Instituto de Zootecnia en Nova

Odessa, São Paulo, Brasil, se determinó el efecto de la aplicación de cal y los micronutrientes molibdeno (Mo) y cobalto (Co), en la nodulación y la composición química de la soja perenne forrajera (*Neonotonia wightii*). El ensayo se realizó en casa de malla y se aplicaron los niveles de cal necesarios para elevar el índice de saturación de bases a 35% y a 70%, con o sin la aplicación de Mo y Co. Los tratamientos se dispusieron en bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

La aplicación de cal elevó el pH, el contenido de Ca y Mg y la saturación de bases del suelo, y disminuyó la saturación de Al. Igualmente, la cal favoreció la producción de MS de la parte aérea y de las raíces de la planta, y la nodulación y fijación de N. La aplicación de Mo favoreció la fijación biológica de N y su concentración en la planta de soja perenne. La aplicación de Co favoreció su contenido en la planta. La cal favoreció la concentración de Mo en la planta, pero disminuyó la absorción de Co.

Summary

Lime and the micronutrients molybdenum (Mo) and cobalt (Co) were applied to perennial soybean cv. Tinaroo (*Neonotonia wightii*), cultivated in alic Red Dark Latosol, to evaluate their effects on nodulation, nitrogen fixation, growth, and chemical composition. Lime was applied, with and without Mo or Co, at three rates: zero, enough to raise the base saturation index of the soil to 35%, and again for a 70% index. The 12 treatments were arranged in a complete random block design with four replications in pots.

The lime raised pH and decreased $H^+ + Al^{3+}$, thus increasing exchangeable Ca and Mg and the soil base saturation percentage. The lime also significantly increased DM production of shoots, roots, and the whole plant; the total N in the plant, and nodulation. Mo applications favorably affected total N accumulated in the soybean and, by benefiting nitrogen fixation, increased DM production even by the first cut.

The lime also caused significant variations in the plant's mineral composition. It favored Mo absorption, but decreased Co absorption. Mo and Co applications significantly increased the plant's contents of these micronutrients.

Referencias

- Andrew, C. S. 1978. Legumes and acid soils. In: Dobereiner, J.; Borris, R. H.; and Hollaender, A. (eds.). Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics. Plenum, Nueva York. p. 137-57.
- Bataglia, O. C.; Furlani, A. M.; Teixeira, P. R.; Furlani, P. R.; e Gallo, J. R. 1983. Métodos de análise química de plantas. Bol. Téc. Instituto Agronômico de Campinas (IAC) 78:1-48.
- Bloomfield, C. 1981. The translocation of metals in soils. In: Greenland, D. J. and Haynes, M. H. (eds.). The Chemistry of Soil Processes, John Wiley and Sons, Nueva York. 463 p.
- Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen. In: Black, C. A. (ed.). Methods of soil analysis. American Society of Agronomy. p. 1149-1178.
- Carvalho, M. M.; Edwards, D. G.; Andrew, C. S.; and Asher, C. J. 1981. Aluminium toxicity, nodulation, and growth of *Stylosanthes* species. Agron. J. 73:261-265.
- França, G. E.; Bahia Filho, A. F.; e Carvalho, M. M. 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. Pesqui. Agropecu. Bras. 8:197-202.
- Gurley, W. H. and Giddens, J. 1969. Factors affecting uptake, yield response, and carryover of molybdenum in soybean seed. Agron. J. 617-619.
- Jardim, W. R.; Peixoto, A. M.; Moraes, C. L.; e Silveira, F. 1966. Estudo da comparação química das plantas forrageiras de pastagens do Brasil Central. Anais do Noveno Congresso Internacional de Pastagens. São Paulo. p. 699-706.
- Jones, M. B.; Quagliato, J. L.; e Freitas, L. M. 1970. Respostas de alfalfa e algumas leguminosas tropicais a aplicação de nutrientes minerais, em três solos de Campo Cerrado. Pesqui. Agropecu. Bras. 5:209-214.
- Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. 1984. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Inc., Florida. 269 p.
- Kamprath, E. J. 1972. Soil acidity and liming. In: Committee on Tropical Soils. Soils of the humid tropics. National Academy of Sciences. Washington, D. C. p. 136-149.
- Lindsay, W. L. 1972. Inorganic phase equilibria of nutrients in soils. In: Mortvedt, J. J.; Giordano, P. M.; and Lind, W. L. (eds.). Micronutrients in agriculture. Soil Sci. Soc. p. 41-57.
- Lovadini, L. A. 1972. Comportamento da soja perene (*Glycine wightii* Verdc) em solos ácidos, em função das variações da pH, Al tracável e do fósforo aplicado como fosfato solúvel. Tese Ph.D. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ). 94 p.
- Malavolta, E.; Sarruge, J. R.; e Bittencourt, V. C. 1977. Toxidez de alumínio e de manganês. Em: Simpósio sobre o Cerrado, 4. Simpósio sobre o Cerrados bases para utilização agropecuária. Belo Horizonte. Universidade de São Paulo, São Paulo. p. 275-301.
- McKenzie, R. M. 1975. Soil cobalt. In: Nicholas, D. J. and Egan, A. R. (eds.). Trace elements in soil plant-animal systems. London Academic Press. p. 83-93.
- Meagher, W. R.; Johnson, C. M.; and Stout, P. R. 1952. Molybdenum requirement of leguminous plants supplied with fixed nitrogen. Plant Physiol 27:223-230.
- Mitchell, R. L. 1962. Trace elements in soil. In: Bear, F. E. (ed.). Chemistry of the soil. Reinhold Publ. Corp., Nueva York. p. 320-368.
- Munns, D. N. and Fox, A. L. 1977. Comparative lime requirement of tropical and temperate legumes. Plant Soil 46:533-548.
- Nicholas, D. 1975. Trace elements in soil-plant-animal system. Academic Press, Nueva York. p. 181-198.
- Paulino, V. T. 1990. Efeito da fertilização fosfatada da calagem e micronutrientes no desenvolvimento de plantas forrageiras. Ph. D. theses.
- Quagliato, J. L. e Nuti, P. 1969. Efeito da calagem e micronutrientes na produção de leguminosas forrageiras em solos de Cerrado. Em: Primer Encontro de técnicos da Região Centro-Sul para discussão de problemas relacionados as leguminosas forrageiras. Nova Odessa. 3 p.
- Reisenauer, H. M.; Tabikh, A. A.; and Stout, P. R. 1962. Molybdenum reactions with soils and hydrous oxides of iron, aluminum and titanium. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 26:23-27.
- Salinas, J. G. and Sánchez, P. A. 1976. Soil plant relationships affecting varietal and species differences in tolerance to how available soil phosphorus. Cienc. Cult. (São Paulo) 28:156-168.

- Sarruge, J. R. e Haag, P. H. 1974. Análises químicas em plantas. Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz (ESALQ), Piracicaba, Brasil. 27 p.
- Soares, W. V. e Vargas, M. A. 1974. Ensaio exploratório de fertilização com duas leguminosas tropicais e três solos de cerrado do Distrito Federal. Em: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 14. Santa Maria. Anais. p. 448-450.
- Souto, S. M. e Döbereiner, J. 1969. Efeito do fósforo, temperatura e umidade do solo na nodulação e no desenvolvimento de duas variedades de soja perene. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 2:215-221.
- Vidor, C.; Kolling, J.; Freire, J. R.; Scholles, D.; Brose, E.; e Pedroso, M. H. 1983. Fixação biológica do nitrogênio pela simbiose *Rhizobium* e leguminosas. IPAGRO, Porto Alegre. Boletim Técnico no. 11. 52 p.
- Werner, J. C. 1975. Uso de micronutrientes em pastagens. Em: Simpósio sobre manejo da pastagem, 2. Piracicaba, SP. Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz (ESALQ), Brasil. p. 87-111.
- _____ e Mattos, H. B. 1974. Ensaio de fertilização com alguns micronutrientes em soja perene, *Glycine wightii*. *Bol. Ind. Anim.* 31:313-324.