

EFEITOS DA APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES E DE NÍVEIS DE CALAGEM EM LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS. I. SOJA PERENE TINAROO E SIRATRO CULTIVADO EM VASOS (1)

(Effects of liming and micronutrient addition on forage legumes. I. Perennial soybean and siratro grown in pots)

FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO (2), EURÍPIDES MALAVOLTA (3)
e JOAQUIM CARLOS WERNER (4)

RESUMO: Em casa de vegetação do Instituto de Zootecnia em Nova Odessa (SP), cultivaram-se soja-perene tinaroo (*Glycine wightii* Verdc. cv. Tinaroo) e siratro (*Macroptilium atropurpureum* DC. cv. Siratro), num solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras. Foram estudados quatro níveis de calagem (0; 0,83; 1,66 e 2,49t/ha) e, dentro de cada nível, o efeito de molibdênio ou boro + cobre + zinco, segundo a técnica do fatorial. Os tratamentos foram dispostos em blocos ao acaso com três repetições. A produção de matéria seca, a nodulação e o nitrogênio total na soja-perene foram crescentes até a maior dose de calcário dolomítico. Os máximos valores para essas variáveis seriam obtidos com níveis de calagem superiores aos empregados. Em ausência de calagem, a soja-perene exibiu sintomas visuais de toxidez de manganês. Para o siratro, o máximo valor da quantidade total de nitrogênio seria obtido com o emprego de uma tonelada de calcário por hectare, que correspondeu a pH = 5,18; Al³⁺ trocável = 0,35 e.mg/100ml; V = 27,2% e saturação em alumínio 24,8%, por ocasião do plantio da leguminosa. Entre os micronutrientes, o molibdênio foi o que proporcionou as respostas mais favoráveis às duas leguminosas, enquanto o emprego de boro, cobre e zinco em conjunto resultou em efeitos positivos ao siratro, quando em presença da maior dose de calcário. A calagem resultou em significativas variações na composição mineral das leguminosas e a aplicação de boro + cobre + zinco juntos proporcionou elevação do teor de boro nas duas espécies estudadas.

INTRODUÇÃO

É ponto bem estabelecido que o fornecimento de nitrogênio, de forma adequada e contínua, constitui fator chave na produtividade e valor nutritivo de uma pastagem.

Alternativamente, o nitrogênio pode ser acrescentado à pastagem pelo emprego de adubo mineral ou de aproveitamento do potencial de fixação biológica do nitrogênio, pelas leguminosas forrageiras. Dada a problemática atual da produção do adubo nitrogenado a partir de derivados do petróleo, tem-se dado grande ênfase à pesquisa com leguminosas forrageiras.

Entre os fatores que afetam a fixação de nitrogênio pelas leguminosas, um dos principais é a nutrição mineral do sistema leguminosa-*Rhizobium*.

No contexto da nutrição mineral, têm sido enfatizados os aspectos relativos à calagem e ao emprego de micronutrientes nos solos tropicais.

A afirmação de que "não há justificativa para propor que as leguminosas tropicais precisem de calagem porque o solo é ácido, pois elas são capazes de prosperar e nodular quase normalmente em solos nitidamente ácidos" não é nova, segundo NORRIS^{5,0}. Para essa afirmação, ANDREW & NORRIS⁵, ao compararem o desenvolvimento de leguminosas tropicais e temperadas, também apresentaram nítida evidência de que o grupo das tropicais tolera mais as condições de solos ácidos.

Todavia, MUNNS & FOX^{4,5}, que trabalharam com maior número de espécies tropicais e tempe-

(1) Parte do projeto IZ-435 e da dissertação apresentada pelo primeiro autor à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba (SP), para obtenção do grau de Mestre em Solos e Nutrição de Plantas. Parte do acordo IZ/NESTLÉ. Recebido para publicação a 24 de julho de 1981.

(2) Da Seção de Nutrição de Plantas Forrageiras, Divisão de Nutrição Animal e Pastagens.

(3) Do Departamento de Química da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

(4) Da Divisão de Nutrição Animal e Pastagens.

radas, verificaram não haver diferença distinta entre os dois grupos, estando a resposta à calagem mais diretamente ligada à espécie considerada.

Esse contexto de resposta controversa à calagem e a necessidade de obtenção de dados para micronutrientes, quando se relaciona calagem com micronutrientes para leguminosas forrageiras tropicais, bem realçam a importância do assunto aqui tratado.

1) Acidez do solo

A) *Acidez e necessidade de calagem em solos tropicais*

De acordo com MALAVOLTA⁴¹, admite-se atualmente que a acidez potencial do solo seja constituída pela fração trocável correspondente ao alumínio adsorvido ao complexo de troca e pela fração titulável devida ao íon hidrogênio ligado à matéria orgânica e, possivelmente, aos polímeros de alumínio.

YUAN⁷⁷ trabalhou com alguns solos arenosos e estabeleceu que, em condições de elevada acidez, há predominância dos íons hidrogênio sobre o alumínio: com o aumento do pH, o alumínio passa a predominar sobre o hidrogênio e, acima de pH 5,8, ambos tornam-se insignificantes.

Para COLEMAN & THOMAS¹⁷, o alumínio trocável é um cátion relevante nas condições de solo ácido, com o que concordam KAMPRATH³³ e MALAVOLTA⁴¹.

TISDALE & NELSON⁶⁵ mostram que a hidrólise do alumínio é a responsável pelo baixo pH das soluções contendo o íon alumínio.

Conforme CATANI & ALONSO¹⁵; COLEMAN & THOMAS¹⁷; DEFELIPO et alii¹⁸; MALAVOLTA⁴¹; VAN RAIJ⁶⁹ e WERNER & MATTOS⁷⁵, existe uma série de métodos de determinar a necessidade de calagem dos solos. Entre eles, o da incubação de amostras do solo com quantidades crescentes de carbonato de cálcio ou óxidos de cálcio e de magnésio, com posterior leitura do pH, tem sido um dos mais empregados (CATANI & ALONSO¹⁵; DEFELIPO et alii¹⁸; MALAVOLTA⁴¹ e WERNER & MATTOS⁷⁵). Por ele, geralmente procura-se atingir o pH 6,5 (MALAVOLTA⁴¹), obtendo-se, normalmente, necessidades de calcário maiores que por outros métodos comuns (CATANI & ALONSO¹⁵).

A multiplicação do teor de alumínio trocável do solo por um fator 1,5 ou 2,0 (VAN RAIJ⁶⁹ e MALAVOLTA⁴¹) tem sido amplamente usada no Estado de São Paulo, para avaliar a necessidade de calagem para uma grande série de culturas.

Um dos papéis da calagem é elevar os teores de cálcio e de magnésio do solo. Dentro dessa premissa, VAN RAIJ⁶⁹ propõe a adoção de um valor

2 (solos de textura leve e com baixo teor de matéria orgânica) ou 3 (demais solos) para se subtrair o valor na análise química do solo e assim fixar a quantidade de calcário necessária.

B) *Efeitos da acidez do solo em leguminosas*

De acordo com JACKSON¹⁹, os diversos fatores relacionados à acidez do solo que afetam o desenvolvimento das plantas são o pH do solo, o alumínio trocável, as bases trocáveis, o manganês solúvel e a disponibilidade de nutrientes às plantas. Acrescenta o autor que a separação entre a ação desses fatores é difícil, dada a sua interdependência.

A inter-relação de pH com suprimento de cálcio para nodulação e crescimento de leguminosas forrageiras é relatada por ANDREW^{1,3}, enquanto a influência específica do cálcio como nutriente é descrita por ANDREW², MUNNS⁴⁴ e NORRIS⁵¹.

Já o papel do magnésio na nutrição de uma leguminosa do gênero *Phaseolus* é apresentado por Michael, citado por ANDREW².

KAMPRATH³³ afirma que, nas condições de solo ácido, o molibdênio tende a ser firmemente preso pelas argilas e óxidos hidratados de ferro e alumínio, podendo sua disponibilidade às plantas ser inadequada.

Nesse aspecto, SIQUEIRA & VELOSO⁵⁹, trabalhando com nove solos do cerrado brasileiro, verificaram que a máxima adsorção do molibdato ocorreu nas proximidades de pH 4,0 e que, acima de pH 6,0, a adsorção tornou-se muito baixa. Também para ASHER⁸, a quantidade de molibdênio absorvida pela planta aumenta com a elevação do pH.

LINDSAY³⁷ discute a variação da solubilidade dos micronutrientes boro, cobre, ferro, manganês e zinco em função do pH do meio: essa solubilidade, em geral, tem máximos valores em pH baixo (4,0 e 5,0), decrescendo com a elevação do pH, embora tal decréscimo tenha proporções diferentes para cada um dos elementos discutidos. O efeito prejudicial do excesso de alumínio no solo para a leguminosa no desenvolvimento da plântula e, principalmente, no crescimento radicular, é mostrado por RORISON⁵⁷. Por outro lado, ANDREW et alii⁷ aplicaram quatro níveis de alumínio em solução onde cresceram cinco leguminosas tropicais e seis temperadas, verificando ampla variação de resposta entre as diferentes espécies estudadas. Conforme ANDREW³, a toxicidade de manganês exerce sua maior influência na germinação e no desenvolvimento da nascediça.

ANDREW & HEGARTY⁴, cultivando doze leguminosas forrageiras em meio recebendo seis níveis de manganês, verificaram ampla variação na produção de matéria seca das espécies, e no grupo das leguminosas tropicais, marcantes decréscimos na produção de matéria seca acompanhados de

aumentos na concentração de manganês na parte aérea das plantas.

Ao empregarem quatro níveis de manganês em um solo da Baixada Fluminense, SOUTO & DÖBEREINER⁶¹ observaram a maior ou menor sensibilidade das espécies ao excesso do nutriente já aos 22 dias após a semeadura. Observaram ainda sensíveis reduções no peso dos nódulos e no nitrogênio fixado pelas leguminosas, nos solos que receberam o manganês. Nesse aspecto, FRANCO & DOBEREINER²⁵ verificaram que a nodulação e a fixação de nitrogênio foram mais sensíveis à toxicidade de manganês do que a produção de matéria seca da soja.

Sintomas típicos da toxicidade de manganês nas leguminosas forrageiras são descritos por ANDREW & PIETERS⁶ e SOUTO & DÖBEREINER⁶¹.

C) Respostas das leguminosas forrageiras tropicais à calagem

Dentro do contexto do presente trabalho, a tônica desse item é para o estudo dos efeitos resultantes da calagem quando aplicada a solos cultivados com a soja-perene e com o siratro.

a) Estudos com a soja-perene

O efeito do calcário aplicado em doses de zero; quatro; seis e oito toneladas por hectare a um solo de cerrado no qual cultivaram a soja-perene, foi estudado por NEME & LOVADINI⁴⁷. O pH do solo, ao final do ensaio, foi de 4,21; 5,05; 5,55 e 5,56, enquanto a produção total de matéria seca da soja-perene teve índices 100; 169; 154 e 214 para as respectivas doses de calcário. Acréscimos na produção de matéria seca da soja-perene também foram obtidos por RIBEIRO et alii⁵⁶, num solo com pH 4,5, com aplicações de zero; duas e quatro toneladas de calcário dolomítico por hectare, e por NEPTUNE⁴⁸, num Latossolo arenoso de pH 4,9 recebendo duas e meia toneladas de calcário por hectare.

SOUTO & DÖBEREINER⁶¹ aplicaram carbonato de cálcio em dois solos, com o objetivo de elevar-lhes o pH a 6,5 e eliminar-lhes a toxidez de manganês. Estudando o comportamento de duas variedades de soja-perene (*tinaroo* e SP-1), verificaram que a calagem proporcionou um aumento da ordem de dez a trinta vezes no nitrogênio fixado e na produção de forragem. Verificaram também que a variedade *tinaroo* é muito mais sensível à toxidez de manganês que a SP-1, sendo principalmente sua simbiose mais afetada pelo excesso desse elemento.

QUAGLIATO & NUTI⁵⁵ realizaram ensaios de vasos com soja-perene em dois solos, empregando quatro níveis de calcário (0,35; 0,70; 1,40 e

2,80t/ha no solo de Piraçununga e 0; 0,70; 1,40 e 2,80t/ha no de Nova Odessa). A produção de matéria seca da leguminosa, em ambos os solos, aumentou até a dose de 1,4t/ha de calcário, a qual elevou, aproximadamente, o pH do solo de Piraçununga a 5,7 e, o de Nova Odessa, a 5,2.

JONES et alii³² estudaram as respostas à aplicação de calcário a um Latossolo Vermelho cultivado com oito leguminosas forrageiras, entre as quais a soja-perene. A calagem, que elevou o pH do solo de 4,7 a 7,6, resultou em aumentos significativos na produção de matéria seca e no nitrogênio total, bem como em redução nos teores de boro, zinco, manganês e ferro dessa leguminosa.

As respostas da soja-perene a quatro níveis de calagem em dois solos ácidos (0 a 2.000ha de calcário dolomítico por hectare num Latossolo Vermelho-Amarelo e 0 a 4.200kg por hectare num Latossolo Vermelho-Escuro), foram estudadas por LOVADINI³⁹, que constatou que a aplicação do calcário provocou acréscimos na produção de matéria seca e na absorção de nitrogênio, cálcio, magnésio, potássio, enxofre e alumínio da leguminosa desenvolvida em ambos os solos.

Cultivando a soja-perene tinaroo num Latossolo Vermelho-Escuro, FRANÇA et alii²³ verificaram efeitos positivos marcantes da calagem no peso seco das plantas e em seus teores de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio. O peso dos nódulos foi reduzido, em ausência do boro, pela calagem, que envolveu a aplicação de 6t de carbonato de cálcio por hectare, elevando o pH do solo de 4,3 para 5,7.

MUNNS & FOX⁴⁵ trabalharam com um Oxissol do Havai cultivando dezoito leguminosas (entre as quais a soja-perene *cooper* e *tinaroo*), sob doses de carbonato de cálcio de 0 a 22 toneladas por hectare, as quais elevaram o pH do solo de 4,7 a 7,1. Para a obtenção de 90% da produção máxima alcançada de matéria seca, a soja-perene *cooper* necessitava de 6t de calcário por hectare, enquanto a *tinaroo* requeria 5t por hectare. A magnitude de aumento da produção de matéria seca devida à calagem foi cinco vezes para a variedade *tinaroo* e três vezes para a *cooper*. A avaliação dos efeitos da calagem na nodulação e fixação de nitrogênio nesse experimento foi realizada por MUNNS et alii⁴⁶: o número de nódulos nas duas variedades de soja-perene aumentava com a elevação do pH até em torno de 6,0, enquanto o tamanho dos nódulos sofria acréscimos devidos à calagem até em pH ligeiramente superior a 6,0 para a soja-perene *tinaroo* e para a faixa de pH 5,0 a 5,5 para a *cooper*. Naquela variedade, a eficiência dos nódulos em fixar nitrogênio acompanhou a tendência do número deles e, na *cooper*, a fixação de nitrogênio continuou sendo mais eficiente, embora o número de nódulos diminuísse em pH mais elevado. Conclusivamente,

afirmam esses autores que o aumento do tamanho dos nódulos seria o maior responsável pelo aumento de produção de matéria seca na variedade *tina-roo*, como consequência da aplicação de calcário.

Os efeitos do emprego de três doses de calcário dolomítico (zero; uma e meia e quatro toneladas por hectare) num Latossolo Vermelho-Amarelo com pH 5,0 e o alumínio trocável 1,0 equivalente miligrama por 100 mililitros de solo, cultivado com soja-perene, foram estudados por LOVADINI et alii⁴⁰: realizando cinco cortes na leguminosa, verificaram que a maior dose de calcário aplicada resultou em produção de mais matéria seca que as duas menores e que ambas não diferiram entre si, quanto a esse parâmetro. Quando compararam os dados relativos ao conjunto dos cortes realizados, obtiveram 44% de aumento na produção de matéria seca, 13% de diminuição na porcentagem de proteína e 8% de aumento total na quantidade de proteína, mediante a aplicação de quatro toneladas de calcário por hectare.

b) Estudos com o siratro

FREITAS & PRATT²⁶ conduziram experimentos em casa de vegetação, com oito solos do Estado de São Paulo (quatro Latossolos e quatro Podzólicos), testando o efeito de níveis de calcário em três leguminosas forrageiras, entre as quais estava o siratro. Os solos estudados, por ocasião da semeadura, no tratamento sem calcário tinham pH variando entre 4,4 e 4,7; houve um aumento médio de produção de matéria seca de 93% no siratro, pela adição do calcário, elevando o pH do solo de 4,5 para 6,0. A maior produção dessa leguminosa ocorreu em pH 6,1 e ligeiro decréscimo de produção quando o pH ascendeu a mais que 6,2. Segundo os autores, o siratro parece ser altamente sensível à toxicidade de manganês.

Os efeitos da aplicação de duas doses de calcário num Latossolo Vermelho-Amarelo — fase arenosa, cultivado com siratro, foram estudados por BRAZON⁹. O solo tinha um pH inicial de 5,0 e o alumínio trocável de 0,8 equivalente miligrama de solo. Concluiu o autor que a calagem não teve efeito sobre a produção de matéria seca da parte aérea e dos nódulos; teve efeito depressivo sobre a produção de matéria seca das raízes; incrementou o conteúdo do nitrogênio na parte aérea e nos nódulos; não resultou em alteração no conteúdo do nitrogênio nas raízes e proporcionou aumento no teor de magnésio na parte aérea da leguminosa.

Em ensaio de casa de vegetação, MATTOS⁴² trabalhou com o siratro num Latossolo Vermelho-Escuro — orto com pH 5,5 e alumínio trocável de 0,8 equivalente miligrama por 100 gramas de solo. Aplicou doses de calcário (zero, uma, duas, três e quatro toneladas por hectare), obtendo efeitos sig-

nificativos nos aumentos de produção de matéria seca da parte aérea e das raízes; na quantidade de nitrogênio extraído; no número de nódulos e na massa nodular até a dose de duas toneladas de calcário por hectare. O emprego do calcário resultou em incrementos positivos nos teores de cálcio e magnésio na parte aérea, contribuiu para deprimir os de boro, manganês e zinco na parte aérea, mas não alterou os de nitrogênio da leguminosa.

KOLLING et alii³⁶ empregaram um Ultissol ácido (pH = 5,3 e Al³⁺ trocável = 1,00 equivalente miligrama/100 gramas, para, entre outros, estudar o efeito da calagem em siratro. O calcário foi utilizado nas doses de 0; 1,1; 2,2; 3,3 e 4,4 toneladas por hectare, o que proporcionou valores do pH do solo, após incubação, de 5,0; 5,1; 5,7; 5,8 e 6,4 respectivamente. O calcário proporcionou aumento significativo na produção de matéria seca do siratro, sendo as maiores produções nas doses de 1,1 e 2,2 toneladas por hectare. A nodulação da leguminosa não foi afetada pelo calcário e os teores de nitrogênio não mostraram clara tendência de variação em função da calagem.

Trabalhando com um Latossolo Vermelho-Escuro eutrófico, GAVAZONI et alii²⁷ aplicaram 0 e 1,5 tonelada de calcário calcítico por hectare, para o cultivo de siratro em canteiros experimentais. O solo tinha um pH inicial de 5,6 e o alumínio trocável de 0,5 equivalente miligrama por 100 mililitros de solo. Juntamente com o calcário, distribuíram 375kg de sulfato de magnésio por hectare. Com base nos dados coletados em cinco cortes nas parcelas do ensaio, concluíram que o calcário não proporcionou efeitos significativos na produção de matéria seca da leguminosa, mas que o efeito do adubo fosfatado na porcentagem da proteína bruta somente ocorreu na presença do corretivo. A aplicação da calagem resultou em aumento no teor de magnésio e em redução de zinco, não alterando significativamente os teores de cálcio, cobre e manganês na leguminosa.

c) Estudos com as duas leguminosas

Dois variedades de soja-perene (comum e *tina-roo*) e siratro foram cultivadas por FRANÇA & CARVALHO²², num solo de cerrado com pH = 4,3, cálcio trocável baixo, traços de magnésio trocável e alumínio trocável de 0,62 equivalente miligrama por 100 gramas de solo. Aplicaram calcário que elevou o pH a 6,0, constatando que a produção de matéria seca e o nitrogênio total nas plantas foram estatisticamente superiores na presença do calcário.

As respostas de soja-perene e siratro a sete níveis de calagem em um Latossolo de cerrado, foram estudadas por JONES & FREITAS³¹. As adições de calcário fizeram variar o pH do solo na fa-

se inicial do cultivo das plantas, de 4,5 a 6,8. A produção de matéria seca das leguminosas aumentou até o quinto nível de calagem (pH de 6,4 no início do experimento) e as doses subsequentes determinaram decréscimos na produção de matéria seca das leguminosas. Houve elevação nos teores de proteína, cálcio e magnésio e redução na porcentagem de potássio nas plantas, mediante a aplicação de calcário.

Os efeitos da aplicação de uma calagem que elevou o pH de um Latossolo Vermelho-Escuro de 4,7 para 5,8 em soja-perene comum, soja-perene *tinaroo* e siratro, foram estudados por CARVALHO et alii¹³. Em termos de produção de matéria seca, a calagem somente teve influência para a soja-perene comum, na qual foi benéfica. O nitrogênio total nas plantas, embora estivesse na faixa de 60 a 70% dos valores obtidos na presença da calagem para as duas variedades de soja, não mostrou variação significativa em decorrência do emprego da calagem, que também não teve efeito significativo sobre o número e peso de nódulos dessas leguminosas.

O cultivo de soja-perene *tinaroo* e do siratro num solo Podzólico Vermelho-Amarelo (pH 5,4 e Al^{3+} trocável de 0,1 equivalente miligrama por 100 mililitros de solo) foi efetuado por EIRA et alii²⁰: adicionaram o calcário para elevar o pH a 6,5, verificando, nessa condição de menor acidez, significativos aumentos no nitrogênio total da soja-perene e na porcentagem do nitrogênio do siratro, bem como significativo decréscimo no peso das raízes do siratro. Em termos de produção de matéria seca e de número e peso de nódulos, não constataram efeito da calagem em qualquer das leguminosas.

KORNELIUS & STAMMEL³⁶ realizaram ensaio de vasos, com um Molisol de pH inicial 5,5, trabalhando com soja-perene *cooper* e siratro. Empregaram o calcário nas doses de 0; 1,2 e 2,4 toneladas por hectare, concluindo que a produção total de matéria seca da soja-perene sofreu aumentos significativos com a calagem, enquanto, para o siratro, esses efeitos foram negativos. As maiores produções de matéria seca ocorreram em pH final de 5,4 para o siratro e 5,9 para a soja-perene.

Um Ultisol ácido da Costa Rica foi utilizado por TRIGOSO & FASSBENDER⁶⁶ para cultivo de soja-perene e siratro, entre outras leguminosas. Em termos de calagem, verificaram sua influência positiva na produção de matéria seca, na massa nodular, na quantidade de nitrogênio fixado nos nódulos e no nitrogênio absorvido pelas duas leguminosas.

Trabalhando com um Latossolo Vermelho-Escuro — fase cerrado, CARVALHO et alii¹⁴ aplicaram 4.300kg de calcário dolomítico ou 3.100kg de calcário calcítico para o cultivo da soja-perene e do

siratro. Tendo analisado os dados relativos aos quatro cortes, constataram que o corretivo do solo teve efeito positivo sobre a produção de matéria seca e de proteína bruta, a partir do segundo corte, para as duas leguminosas, não havendo diferenças entre as duas fontes de calcário testadas.

MIRANDA³³ trabalhou com um Podzólico Vermelho-Escuro (pH 5,7 e Al^{3+} trocável = 0,08 equivalente miligrama por 100 gramas de solo) e uma Areia Quartzosa distrófica (pH 5,0 e Al^{3+} trocável = 1,04 equivalente miligrama por 100 gramas de solo), cultivando três leguminosas, entre as quais a soja-perene comum e o siratro. A calagem na forma de carbonato de cálcio compreendeu a aplicação de duas toneladas por hectare na Areia Quartzosa e uma e meia no Podzólico. A aplicação de cálcio e de magnésio como nutrientes também constou da série de tratamentos. No Podzólico, a ausência somente de calagem não resultou em variação significativa da produção de matéria seca dessas espécies, enquanto a omissão conjunta da calagem e de cálcio resultou em redução significativa naquela variável para essas leguminosas. Na Areia Quartzosa, a omissão exclusiva da calagem resultou em acréscimo na produção de matéria seca do siratro e o tratamento "menos calagem e cálcio" concorreu para diminuir a produção de matéria seca da soja-perene. A calagem resultou em aumento do teor de cálcio e em diminuição dos teores de boro, ferro, manganês e zinco nessas espécies desenvolvidas nos dois solos.

II) Micronutrientes

De acordo com FRANCO²⁴, a deficiência de micronutrientes pode constituir sério problema de fertilidade nos solos tropicais altamente lixiviados e com baixo pH. Nessas condições, alguns elementos (por exemplo, boro e zinco) podem ser deficientes devido à lavagem do solo, enquanto outros (por exemplo, molibdênio) podem estar indisponíveis às plantas devido à adsorção nas partículas do solo.

Por outro lado, o uso de calagem para esses solos ácidos influi diretamente na disponibilidade dos micronutrientes às plantas. WERNER⁷², revisando a literatura sobre o uso de micronutrientes em pastagens, concluiu ser necessário apenas o acréscimo de molibdênio na adubação, quando se adota o critério da aplicação de calagens baixas e moderadas. Entretanto, quando se usam doses mais elevadas de corretivos da acidez, seria mais importante o fornecimento de outros micronutrientes, cuja disponibilidade diminui com a elevação do pH.

A) *Micronutrientes para leguminosas*

São apresentados os aspectos gerais da influência dos micronutrientes boro, cobre, molibdênio e zinco no crescimento e nodulação das leguminosas. ANDREW² menciona que o boro é essencial ao desenvolvimento das raízes e à formação dos nódulos nas leguminosas. Em condições de carência de boro, quando se desenvolvem, os nódulos são pequenos e possuem falhas no sistema vascular e nos bacteróides (FRANCO^{2,4}).

HALLSWORTH^{2,8} descreve um efeito definido do cobre na fixação do nitrogênio através de uma adequada formação de nódulos, enquanto CARTWRIGHT & HALLSWORTH^{1,2} se referem à necessidade de cobre para o desenvolvimento das bactérias do gênero *Rhizobium* e para a atividade dos nódulos. FRANCO^{2,4} afirma que as leguminosas deficientes em cobre têm nódulos menores e menor número de bacteróides nos nódulos que as bem supridas com esse elemento.

HALLSWORTH^{2,8} afirma ser muito claro o efeito do molibdênio na eficiência da fixação e não na nodulação da leguminosa. Conforme ANDREW², o requerimento de molibdênio pelo *Rhizobium* é maior que o da planta hospedeira, sendo esse micronutriente essencial em duas fases da nutrição da leguminosa: no eficiente funcionamento do *Rhizobium* e no metabolismo do nitrogênio das plantas. A influência do molibdênio nessas duas fases está relacionada a duas enzimas: a nitrogenase e a redutase do nitrato respectivamente (PRICE et alii^{5,3} e EPSTEIN^{2,1}). Na nitrogenase, a função do molibdênio seria o enfraquecimento da ligação entre os dois átomos de nitrogênio, o que os tornaria suscetíveis de redução (EPSTEIN^{2,1}). Mulder, citado por HEWITT^{2,9}, verificou que, com a deficiência de zinco, houve formação de nódulos pequenos; a capacidade de fixação do nitrogênio foi alterada e o crescimento da leguminosa, deprimido. Também para FRANCO^{2,4}, a deficiência de zinco limita, primariamente, o crescimento da leguminosa. Essa interferência no crescimento pode ser atribuída a uma deficiência de ácido indolacético, como consequência da falta de triptofano na planta, a qual, por sua vez, tem sua síntese diminuída em planta carente de zinco (MALAVOLTA^{4,1}).

B) *Respostas das leguminosas forrageiras tropicais à aplicação de micronutrientes no solo*

À semelhança do procedimento adotado ao se analisar a calagem, tratar-se-á aqui somente dos resultados experimentais obtidos com soja-perene e siratro.

a) *Estudos com soja-perene*

Quagliato & Jones, citados por QUAGLIATO^{5,4}, cultivaram a soja-perene em solo de Nova Odessa, com pH inicial de 4,5. Em presença de calagem e como média de três cortes, verificaram redução na produção de matéria seca da leguminosa, da ordem de 23% para a omissão de boro e de 6% para a de cobre ou molibdênio no tratamento completo. A omissão de zinco não proporcionou variação na produção da planta.

Trabalhando com solos de Piraçununga e Nova Odessa, QUAGLIATO & NUTI^{5,5} testaram a aplicação, respectivamente, de boro + zinco e de boro + molibdênio, em presença de níveis de calagem. No Regossolo de Piraçununga, as maiores produções de matéria seca e número de nódulos na soja-perene ocorreram com a aplicação de 1,4 tonelada de calcário por hectare (pH em torno de 5,7) e na presença dos dois micronutrientes. No solo de Nova Odessa, a presença de boro e molibdênio se fez sentir no aumento da produção de matéria seca, especialmente quando se passou de pH 5,2-5,3 para 5,7-5,9. Sem esses dois micronutrientes, essa elevação do pH pela calagem não resultou em maior produção da leguminosa, enquanto sensível aumento nessa variável foi constatado em presença de boro e molibdênio juntos.

Os efeitos de boro, molibdênio e zinco em soja-perene *tinaro* cultivada num Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado, foram estudados por FRANÇA et alii^{2,3}. Esses micronutrientes foram empregados em solo sem calagem (pH = 4,3) e com calagem (pH = 5,7). Em pH mais baixo, a adição de molibdênio resultou em sensíveis aumentos na porcentagem de nitrogênio na planta. Em pH mais elevado, boro e zinco proporcionaram acréscimos na produção de matéria seca, no nitrogênio total e no peso dos nódulos. A aplicação do boro, em presença da calagem, reduziu o teor de nitrogênio na planta. O molibdênio, em presença da calagem, e o boro e o zinco, em ausência da calagem, não mostraram efeitos significativos nas variáveis citadas, o que bem ilustra a mudança na disponibilidade desses micronutrientes em função do pH do meio, conforme proposto por LINDSAY^{3,7} e por ASHER⁸.

WERNER & MATTOS^{7,4} cultivaram a soja-perene comum em um Latossolo Vermelho-Escuro orto, testando os micronutrientes boro, cobre, molibdênio e zinco, num pH final 6,0: o molibdênio apresentou os efeitos mais marcantes, tendo influenciado significativamente em aumentos da produ-

se inicial do cultivo das plantas, de 4,5 a 6,8. A produção de matéria seca das leguminosas aumentou até o quinto nível de calagem (pH de 6,4 no início do experimento) e as doses subseqüentes determinaram decréscimos na produção de matéria seca das leguminosas. Houve elevação nos teores de proteína, cálcio e magnésio e redução na porcentagem de potássio nas plantas, mediante a aplicação de calcário.

Os efeitos da aplicação de uma calagem que elevou o pH de um Latossolo Vermelho-Escuro de 4,7 para 5,8 em soja-perene comum, soja-perene *tinaroo* e siratro, foram estudados por CARVALHO et alii¹³. Em termos de produção de matéria seca, a calagem somente teve influência para a soja-perene comum, na qual foi benéfica. O nitrogênio total nas plantas, embora estivesse na faixa de 60 a 70% dos valores obtidos na presença da calagem para as duas variedades de soja, não mostrou variação significativa em decorrência do emprego da calagem, que também não teve efeito significativo sobre o número e peso de nódulos dessas leguminosas.

O cultivo de soja-perene *tinaroo* e do siratro num solo Podzólico Vermelho-Amarelo (pH 5,4 e Al^{3+} trocável de 0,1 equivalente miligrama por 100 mililitros de solo) foi efetuado por EIRA et alii²⁰; adicionaram o calcário para elevar o pH a 6,5, verificando, nessa condição de menor acidez, significativos aumentos no nitrogênio total da soja-perene e na porcentagem do nitrogênio do siratro, bem como significativo decréscimo no peso das raízes do siratro. Em termos de produção de matéria seca e de número e peso de nódulos, não constataram efeito da calagem em qualquer das leguminosas.

KORNELIUS & STAMMEL³⁶ realizaram ensaio de vasos, com um Molisol de pH inicial 5,5, trabalhando com soja-perene *cooper* e siratro. Empregaram o calcário nas doses de 0; 1,2 e 2,4 toneladas por hectare, concluindo que a produção total de matéria seca da soja-perene sofreu aumentos significativos com a calagem, enquanto, para o siratro, esses efeitos foram negativos. As maiores produções de matéria seca ocorreram em pH final de 5,4 para o siratro e 5,9 para a soja-perene.

Um Ultisol ácido da Costa Rica foi utilizado por TRIGOSO & FASSBENDER⁶⁶ para cultivo de soja-perene e siratro, entre outras leguminosas. Em termos de calagem, verificaram sua influência positiva na produção de matéria seca, na massa nodular, na quantidade de nitrogênio fixado nos nódulos e no nitrogênio absorvido pelas duas leguminosas.

Trabalhando com um Latossolo Vermelho-Escuro — fase cerrado, CARVALHO et alii¹⁴ aplicaram 4.300kg de calcário dolomítico ou 3.100kg de calcário calcítico para o cultivo da soja-perene e do

siratro. Tendo analisado os dados relativos aos quatro cortes, constataram que o corretivo do solo teve efeito positivo sobre a produção de matéria seca e de proteína bruta, a partir do segundo corte, para as duas leguminosas, não havendo diferenças entre as duas fontes de calcário testadas.

MIRANDA¹³ trabalhou com um Podzólico Vermelho-Escuro (pH 5,7 e Al^{3+} trocável = 0,08 equivalente miligrama por 100 gramas de solo) e uma Areia Quartzosa distrófica (pH 5,0 e Al^{3+} trocável = 1,04 equivalente miligrama por 100 gramas de solo), cultivando três leguminosas, entre as quais a soja-perene comum e o siratro. A calagem na forma de carbonato de cálcio compreendeu a aplicação de duas toneladas por hectare na Areia Quartzosa e uma e meia no Podzólico. A aplicação de cálcio e de magnésio como nutrientes também constou da série de tratamentos. No Podzólico, a ausência somente de calagem não resultou em variação significativa da produção de matéria seca dessas espécies, enquanto a omissão conjunta da calagem e de cálcio resultou em redução significativa naquela variável para essas leguminosas. Na Areia Quartzosa, a omissão exclusiva da calagem resultou em acréscimo na produção de matéria seca do siratro e o tratamento "menos calagem e cálcio" concorreu para diminuir a produção de matéria seca da soja-perene. A calagem resultou em aumento do teor de cálcio e em diminuição dos teores de boro, ferro, manganês e zinco nessas espécies desenvolvidas nos dois solos.

II) Micronutrientes

De acordo com FRANCO²⁴, a deficiência de micronutrientes pode constituir sério problema de fertilidade nos solos tropicais altamente lixiviados e com baixo pH. Nessas condições, alguns elementos (por exemplo, boro e zinco) podem ser deficientes devido à lavagem do solo, enquanto outros (por exemplo, molibdênio) podem estar indisponíveis às plantas devido à adsorção nas partículas do solo.

Por outro lado, o uso de calagem para esses solos ácidos influi diretamente na disponibilidade dos micronutrientes às plantas. WERNER⁷², revisando a literatura sobre o uso de micronutrientes em pastagens, concluiu ser necessário apenas o acréscimo de molibdênio na adubação, quando se adota o critério da aplicação de calagens baixas e moderadas. Entretanto, quando se usam doses mais elevadas de corretivos da acidez, seria mais importante o fornecimento de outros micronutrientes, cuja disponibilidade diminui com a elevação do pH.

ção de matéria seca, da porcentagem do nitrogênio, do nitrogênio total e da massa nodular da leguminosa. A aplicação do boro resultou em aumentos significativos na produção de matéria seca e no número e peso dos nódulos, mostrando, porém, tendência em reduzir o teor de nitrogênio na planta. O cobre provocou aumentos significativos no peso dos nódulos e mostrou interação positiva com o molibdênio no aumento da porcentagem de nitrogênio nas raízes. O zinco não influenciou significativamente qualquer das variáveis abordadas. A aplicação conjunta dos quatro micronutrientes resultou em efeitos negativos e significativos para a produção de matéria seca, teores de nitrogênio e nitrogênio total das raízes da planta.

b) Estudos com siratro

TRUONG et alii^{6,7} cultivaram o siratro num solo arenoso de pH = 6,2, testando os efeitos da presença ou não de boro, cobre, molibdênio e zinco isoladamente: a ausência de molibdênio ou a presença de zinco resultou em decréscimo significativo na produção de matéria seca da leguminosa.

TEITZEL^{6,2} realizou experimento de campo na região costeira de *Queensland* (Austrália), efetuando, entre outras, a aplicação de cobre em parcelas de siratro: houve clara resposta (em produção de matéria seca) do siratro a cobre, na presença do adubo fosfatado. Nenhum outro nutriente, por si, teve efeito no crescimento da planta, mas quando o cobre era aplicado, havia uma resposta adicional ao potássio. O emprego de cobre aumentou ligeiramente a porcentagem de nitrogênio e sensivelmente o nitrogênio total da leguminosa.

Dentro de uma série de experimentos com solos australianos de origem granítica, TEITZEL & BRUCE^{6,3} testaram o siratro em dois desses solos: depois do fósforo, o cobre era o elemento mais limitante para a produção dessa leguminosa.

Trabalhando com siratro num Latossolo Vermelho-Escuro orto, MATTOS^{4,2} testou a aplicação de molibdênio e a conjunta de boro, cobre e zinco, em presença de cinco níveis de calagem: o molibdênio teve efeitos benéficos na produção de matéria seca e no número e peso dos nódulos, mas foi prejudicial à absorção de cobre pela planta. A utilização de boro, cobre e zinco em conjunto proporcionou incrementos no desenvolvimento da raiz, do número e peso dos nódulos e nos teores de boro e zinco na planta. A presença desses três micronutrientes se fez sentir no crescimento da raiz, especialmente com a elevação da calagem. O efeito dos quatro micronutrientes juntos resultou em decréscimos na produção de matéria seca (parte aérea e raiz), mas incrementou o número e peso dos nódulos do siratro.

TEITZEL & BRUCE^{6,4}, em outra série de experimentos com solos australianos, derivados de areia de praia, cultivaram o siratro em dois ensaios: puderam constatar efeitos significativos tanto para boro como para cobre e molibdênio, na produção de matéria seca dessa leguminosa.

c) Estudos com mais de uma leguminosa

Trabalhando com um Latossolo Vermelho de cerrado, em presença de calagem (pH = 6,0), FRANÇA & CARVALHO^{2,2} aplicaram os micronutrientes em conjunto para o cultivo da soja-perene comum, soja-perene *tinaroo* e siratro: a presença conjunta de boro, cobre, ferro, molibdênio e zinco aumentou sensivelmente a produção de matéria seca, o peso de nódulos e o nitrogênio total nas leguminosas mencionadas. Já CARVALHO et alii^{1,3}, estudando a aplicação dos mesmos micronutrientes num Latossolo Vermelho-Escuro fase mata, de cerrado, cultivado com as leguminosas citadas, não verificaram qualquer efeito significativo desses nutrientes nas variáveis estudadas. Também neste solo o emprego dos micronutrientes ocorreu em tratamento com calagem (pH final 5,8).

A omissão de boro, cobre, ferro, molibdênio e zinco em conjunto resultou em decréscimos significativos na produção de matéria seca e de nitrogênio total, e em acréscimos no teor de nitrogênio na soja-perene cultivada por JONES et alii^{3,2}, num Latossolo Vermelho de cerrado (em presença de calagem que elevou o pH a 7,6). Esses mesmos autores constataram que a soja-perene teve sua produção significativamente diminuída na ausência de zinco num Latossolo Vermelho-Amarelo (pH final 6,3) e na ausência de boro e de zinco num Regossolo (pH final 6,1). Todavia, a presença de cobre deprimiu significativamente a produção de matéria seca da soja-perene e do siratro cultivados no Regossolo. A soja-perene não teve seu desenvolvimento alterado pela omissão individual de boro, cobre, molibdênio ou zinco aplicados num Latossolo Vermelho de cerrado (pH final 6,0).

TRUONG et alii^{6,8} aplicaram três níveis de molibdênio (0,25; 0,50 e 3,00 ppm) em uma solução nutritiva contendo excesso de manganês, onde cresciam leguminosas forrageiras, entre as quais soja-perene e siratro: a produção de matéria seca dessas leguminosas não variou significativamente com as doses adicionadas do micronutriente.

A soja-perene e o siratro foram cultivados por EIRA et alii^{2,0} num Podzólico Vermelho-Amarelo, onde testaram o emprego de boro, cobre, ferro, molibdênio e zinco em conjunto, em presença de calagem para elevar o pH a 6,5. A aplicação desses micronutrientes contribuiu para aumentos expressivos na produção de matéria seca, de nitrogênio

total e no peso e tamanho dos nódulos dessas leguminosas.

TRIGOSO & FASSBENDER^{6,6} aplicaram cinco níveis de boro e cinco de molibdênio em soja-perene e siratro cultivados num Ultisol da Costa Rica: o molibdênio e o boro não tiveram efeitos significativos na produção de matéria seca e na massa nodular dessas leguminosas. Todavia, para a soja-perene, o molibdênio mostrou efeito positivo no nitrogênio fixado nos nódulos e no nitrogênio total na planta. Para ambas, a presença de boro teve efeito benéfico no nitrogênio fixado nos nódulos, especialmente na mais alta dose empregada (1,2 ppm de boro).

Andrew, citado por FRANCO^{2,4}, mostra o efeito positivo da aplicação de zinco na nodulação de soja-perene e siratro cultivados em solução nutritiva.

MIRANDA^{4,3} testou, entre outros tratamentos, a omissão conjunta dos micronutrientes boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco em dois solos (Podzólico Vermelho-Amarelo e Areia Quartzosa distrófica), em presença de calagem (pH 6,3 e 5,9 respectivamente): no Podzólico, houve significativas diminuições na produção de matéria

seca e nos teores de boro, cobre e zinco na soja-perene, mediante a omissão dos micronutrientes, a qual resultou em decréscimo nos teores de boro e zinco do siratro. Na Areia Quartzosa, a omissão dos micronutrientes proporcionou decréscimos na produção de matéria seca e nos teores de boro dessas duas espécies; diminuição nos teores de cobre do siratro e nos de zinco da soja-perene.

O presente trabalho, desenvolvido com um solo de distribuição expressiva na região de estudo, teve por objetivos:

a) observar a influência de quatro níveis de calagem e de quatro micronutrientes na produção de matéria seca, na nodulação, no nitrogênio fixado e nos teores de macro e micronutrientes de duas forrageiras tropicais;

b) determinar a real necessidade de calagem e de aplicação de micronutrientes dentro de cada nível de calagem, para cada uma das leguminosas;

c) verificar as possíveis alterações químicas no solo, resultantes de emprego do calcário dolomítico.

MATERIAL E MÉTODOS

No experimento, conduzido em vasos em casa de vegetação, no Instituto de Zootecnia, em Nova Odessa, foram estudadas as leguminosas: soja-perene *tinaroo* (*Glycine wightii* (R. Grah. ex Wight & Arn.) Verdc. var. *tinaroo*) e siratro (*Macroptilium atropurpureum* D.C. cv. Siratro).

O solo envolvido no experimento, classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras, foi coletado a uma profundidade de 0 - 30cm, seco à sombra e passado em peneiras com abertura de 3mm. Uma amostra do solo preparado foi analisada quimicamente, revelando os resultados: matéria orgânica = 2,1%; pH = 4,8; Al^{3+} = 0,8; H^+ = 2,95; Ca^{2+} = 0,3; Mg^{2+} = 0,1; K^+ = 0,07 e PO_4^{3-} = 0,02 equivalente miligrama por 100 mililitros de terra fina seca ao ar. Os vasos de cerâmica tiveram as paredes internas pintadas com tinta impermeabilizante e foram revestidos internamente com sacos plásticos, recebendo 5kg de terra cada um. O experimento constou de dezesseis tratamentos que foram dispostos em blocos ao acaso, com três repetições, para cada espécie. Os quatro níveis de calagem foram designados simplesmente como calagem 0, 1, 2 e 3, e os tratamentos empregados foram os seguintes:

- 1 - Calagem 0: sem micronutrientes;
- 2 - Calagem 0 + Mo;
- 3 - Calagem 0 + (B + Cu + Zn);

- 4 - Calagem 0 + (Mo + B + Cu + Zn);
- 5 - Calagem 1 - sem micronutrientes;
- 6 - Calagem 1 + Mo;
- 7 - Calagem 1 + (B + Cu + Zn);
- 8 - Calagem 1 + (Mo + B + Cu + Zn);
- 9 - Calagem 2: sem micronutrientes;
- 10 - Calagem 2 + Mo;
- 11 - Calagem 2 + (B + Cu + Zn);
- 12 - Calagem 2 + (Mo + B + Cu + Zn);
- 13 - Calagem 3 - sem micronutrientes;
- 14 - Calagem 3 + Mo;
- 15 - Calagem 3 + (B + Cu + Zn);
- 16 - Calagem 3 + (Mo + B + Cu + Zn).

Efetou-se a calagem a 06.02.75. A dose mais elevada de calcário (calagem 3) foi determinada por incubação do solo com os óxidos de cálcio e de magnésio em proporção semelhante à do calcário dolomítico a ser utilizado, e teve por meta elevar o pH a 6,5. O ponto de partida para a calagem foi o nível zero de calcário. Como a calagem para neutralizar o alumínio trocável (1,5 x 0,8 e.mg Al^{3+} trocável) e aquela para elevar o cálcio mais o magnésio a 2,0 (2,0 - 0,3 e.mg Ca^{2+} trocável - 0,1 e.mg Mg^{2+} trocável) resultariam em níveis que estavam dentro dos valores máximo e mínimo definidos para a calagem, optou-se por espaçar igualmente as doses de calcário. Assim sendo, o calcário dolomítico aplicado nos vasos obedeceu às

doses de 0, 0,83, 1,66 e 2,49 toneladas do corretivo, por hectare, o que correspondeu a 0, 1,66, 3,32 e 4,98 gramas do material por vaso.

O calcário utilizado procedia de Votorantim (SP) e sua análise química revelou um conteúdo de 29,09% de CaO, 11,84% MgO e 17,90% de sílica e materiais insolúveis. Após a mistura do calcário ao solo, aplicou-se água destilada e deionizada até próximo à capacidade de campo do solo e deixou-se em repouso por 40 dias.

A 19.03.75, procedeu-se à semeadura das leguminosas diretamente nos vasos. Os nutrientes fósforo, potássio e enxofre foram aplicados como adubação básica e nas dosagens de 100kg P₂O₅/ha, 90kg K₂O/ha e 31kg S/ha. Os sais fornecedores desses nutrientes foram NaH₂PO₄·H₂O (389mg/vaso) e K₂SO₄ (333mg/vaso), e uma solução contendo os dois sais foi colocada no vaso após o plantio.

Os micronutrientes boro, cobre e zinco foram aplicados em conjunto, nas dosagens respectivas de 0,5; 2,0 e 2,0kg/ha. Seu fornecimento foi processado através de H₃BO₃ (5,64mg/vaso), CuSO₄·5H₂O (15,75mg/vaso) e quelato de Zn (28,57mg/vaso). A adição de molibdênio nos tratamentos em que coube, foi executada à base de 0,25kg/ha e na forma de Na₂MoO₄·2H₂O (1,26mg/vaso).

A partir da aplicação das soluções e durante todo o período de cultivo das leguminosas, os vasos foram irrigados duas vezes por dia, com água destilada e deionizada. Após a germinação das sementes, executaram-se desbastes periódicos até deixar cinco plantas por vaso.

A 12.05.75 (54 dias após o plantio), procedeu-se ao corte único do siratro e ao primeiro cor-

te da soja-perene. A 23.06.76 (42 dias após o primeiro corte), realizou-se o segundo corte da soja-perene. Depois do corte final de cada espécie, as raízes foram separadas do solo através de jatos de água corrente. A seguir, efetuou-se a retirada dos nódulos: depois de contados, lavaram-se as raízes com água destilada e deionizada.

Todo o material colhido (parte aérea, raízes e nódulos) sofreu secagem a 65°C em estufa de circulação forçada de ar durante 48 horas, pesando-se separadamente a parte aérea, as raízes e os nódulos. O material da parte aérea e das raízes de cada vaso foi moído em separado em moinho tipo Wiley.

Um dia antes do plantio das leguminosas (a 18.03.75), procedeu-se a uma amostragem de solos, de acordo com os níveis de calagem utilizados. Por ocasião do corte final de cada espécie, realizou-se nova amostragem de solo, unindo-se as três repetições de cada tratamento numa só amostra. Em todas elas foram determinados pH, alumínio trocável, cálcio trocável, magnésio trocável e fósforo solúvel, segundo CATANI & JACINTHO¹⁶. A matéria orgânica foi determinada segundo VAN RAIJ & ZULLO⁷⁰. Nas amostras coletadas antes do plantio, também se avaliou o hidrogênio trocável, conforme CATANI & JACINTHO¹⁶. Na parte aérea e nas raízes das plantas, efetuou-se a determinação de nitrogênio, segundo LOTT et alii³⁸. Ainda na parte aérea, cuidou-se de determinar fósforo, cálcio, magnésio, potássio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, de acordo com SARRUGE & HAAG⁵⁸. A análise estatística de todos os dados obtidos baseou-se em PIMENTEL GOMES⁵², sendo processada em computador eletrônico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1) Efeitos químicos da calagem no solo

Os dados obtidos nas análises químicas das amostras de solo coletadas nos vasos, um dia antes do plantio das leguminosas, são apresentados no quadro 1. Pode-se verificar que a aplicação do calcário dolomítico ao solo resultou em elevação do pH, do cálcio e do magnésio trocáveis, da soma de bases permutáveis (S) e da capacidade de troca de cátions (T), bem como da porcentagem de saturação em bases (V). Paralelamente, a calagem proporcionou reduções no alumínio e hidrogênio trocáveis e na porcentagem de saturação de alumínio (m). Variações desse tipo são amplamente mencionadas na literatura por BUCKMAN & BRADY¹⁰, CAMARGO & VAN RAIJ¹¹, KAMPRATH³⁴, MALAVOLTA⁴¹ e TISDALE & NELSON⁶⁵.

Por esses dados, constata-se que o pH do solo atingiu um valor máximo, 5,6, quando se aplicou o calcário para elevar o pH a 6,5. Acredita-se que tal

fato tenha ocorrido devido a problemas na solubilidade total do corretivo empregado. Constata-se também que o alumínio trocável do solo se tornou praticamente nulo quando o pH atingiu 5,6 e a saturação em bases era 44,8%.

KAMPRATH³⁴ realça a importância da porcentagem de saturação em alumínio no solo, enquanto SOARES⁶⁰ destaca que esse valor se tem relacionado melhor com o crescimento das plantas do que apenas o valor absoluto do teor de alumínio trocável. Neste sentido, pode-se constatar, no quadro 1, que, com o emprego dos níveis de calagem, a saturação de alumínio no solo mostrou valores de 63,0, 28,8, 12,3 e 4,1%.

A figura 1 ilustra as variações ocorridas no pH, Al³⁺ trocável e (Ca²⁺ + Mg²⁺) trocáveis, na porcentagem de saturação em bases (V%) e de saturação

QUADRO 1

Resultados das análises químicas do solo, em amostras tomadas quarenta dias após a calagem e um dia antes do plantio das leguminosas. Médias de quatro repetições

Nível de calagem	M.O. %	pH	Equivalente-miligrama por 100ml T.F.S.A.								V ^a %	m ^b %
			Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	PO ₄ ³⁻	H ⁺	S	T		
0	2,1	4,7	0,80	0,30	0,10	0,07	0,03	2,62	0,47	3,89	12,1	63,0
1	2,1	5,1	0,40	0,62	0,30	0,07	0,03	2,60	0,99	3,99	24,8	28,8
2	2,1	5,4	0,20	0,90	0,45	0,07	0,03	2,48	1,42	4,10	34,6	12,3
3	2,1	5,6	0,08	1,18	0,60	0,07	0,03	2,20	1,85	4,13	44,8	4,1

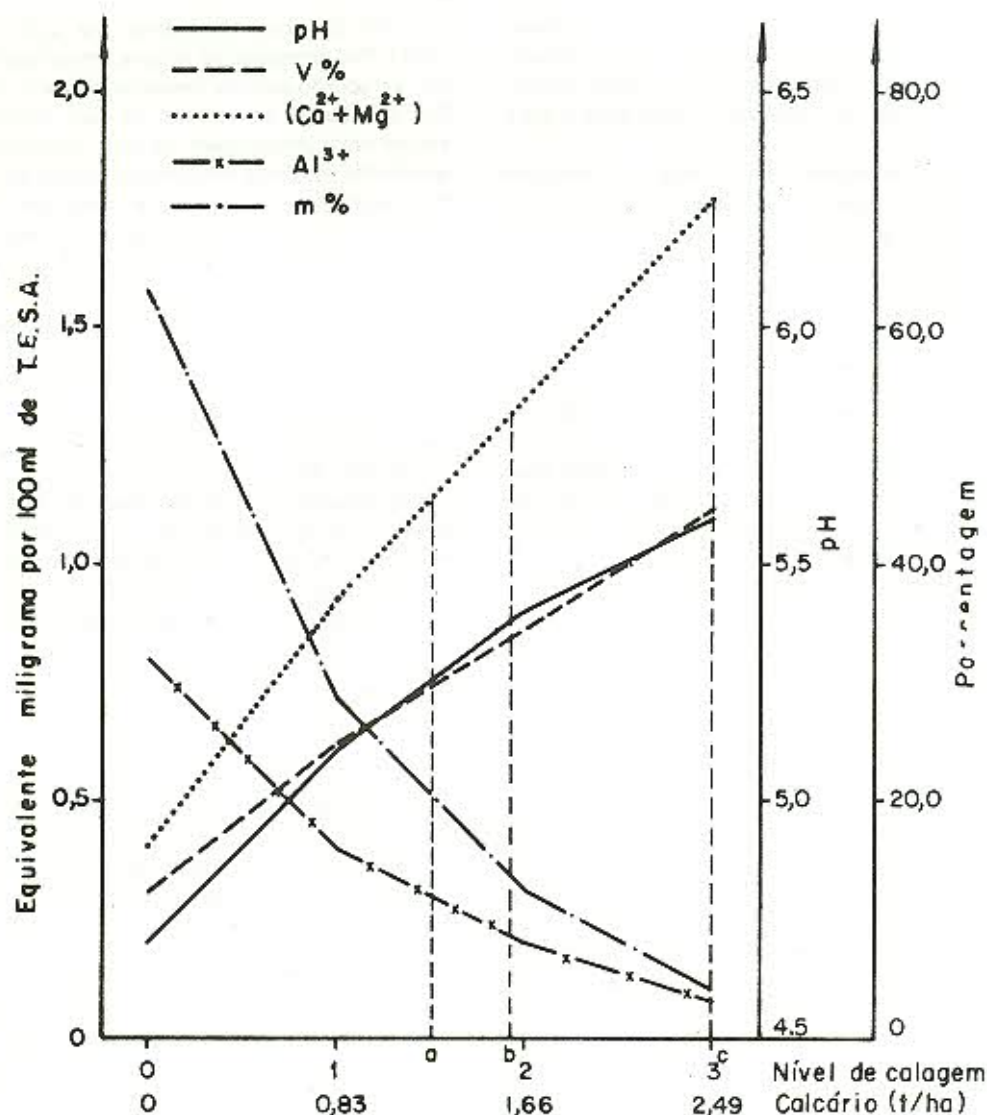
(a) Calculado através da fórmula $100.S/T$. (b) Calculado através da fórmula $100.Ai/(S + Ai)$ 

Fig. 1 — Variação obtida no pH, Al³⁺, (Ca²⁺ + Mg²⁺), V% e m% do solo, mediante os níveis de calagem. a, b e c — calagem para neutralizar o Al trocável (Al x 1,5), para elevar o (Ca²⁺ + Mg²⁺) a 2,0 e para elevar o pH a 6,5 respectivamente.

em alumínio (m%), em função de níveis de calagem aplicados.

Pode-se inferir que uma calagem realizada nesse solo, objetivando neutralizar o alumínio trocável (teor de alumínio trocável no solo multiplicado pelo fator 1,5) resultaria, à época dessa amostragem, em pH = 5,2; Al^{3+} trocável = 0,31 ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$) trocáveis de 1,11 equivalente miligrama por 100 mililitros de solo, V = 29,6% e m = 21,4%. Dessa mesma forma, pode-se admitir que uma calagem para elevar os valores de cálcio mais magnésio trocáveis a 2,0 resultaria em pH = 5,4, Al^{3+} trocável = 0,21 ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$) trocáveis de 1,32 equivalente miligrama por 100 mililitros de solo, V = 34,8% e m = 13,6%. Ressalta-se que a calagem, para elevar o pH a 6,5, proporcionou valores de 5,6; 0,08; 1,78; 44,8% e 4,1% respectivamente para essas cinco variáveis.

No quadro 2 estão os dados coletados nas análises químicas das amostras de solo, retiradas no dia da colheita final de cada espécie de leguminosa forrageira estudada.

Além da comprovação dos efeitos gerais da calagem já mencionados, pode-se notar que há ligeiras variações entre os dados obtidos para as diferentes espécies cultivadas. Cabe aqui ressaltar que as amostras de solo foram coletadas em épocas diferentes, propiciando, portanto, diferentes períodos de reação do calcário no solo e de cultivo das plantas.

Pode-se também notar que o nível 1 de calagem (0,83 tonelada de calcário por hectare) reduziu o teor de alumínio trocável para valor abaixo ou, no máximo, igual a 0,50 equivalente miligrama por 100 mililitros de solo, apontados, por WERNER⁷¹, como o valor crítico no solo com pastagem formada com a maioria das espécies forrageiras tropicais.

O nível máximo de calagem empregada (2,49 toneladas de calcário por hectare) é que praticamente anulou o alumínio trocável no solo e elevou a soma do cálcio e do magnésio trocáveis a valores próximos de 1,5 equivalente miligrama por 100 mililitros de solo, os quais, embora baixos, estão acima do valor crítico para solo com pastagem (1,0 equivalente miligrama por 100 mililitros de solo) apontado por WERNER⁷².

II) Efeitos da calagem e dos micronutrientes nas leguminosas

Embora todos os dados obtidos tenham sido analisados conjuntamente (calagem e micronutrientes), optou-se por apresentar em primeiro lugar aqueles relativos ao efeito geral da calagem e, em seguida, os referentes aos efeitos dos micronutrientes dentro de cada nível de calagem.

A) Soja perene var. *tinaroo*

a) Calagem

Os dados obtidos para a produção de matéria seca, nitrogênio total, nodulação e teores de macro e micronutrientes na soja-perene *tinaroo*, em função dos quatro níveis de calagem aplicados, são apresentados nos quadros 3 a 6.

A produção de matéria seca da parte aérea, verificada no primeiro e segundo cortes (Quadros 3 e 4), bem como das raízes e planta inteira (Quadro 4) foi aumentada pela calagem, o que está concordando plenamente com a grande maioria dos estudos envolvendo essa espécie. Em termos de produção da parte aérea, ao se comparar o nível 0 de calagem (pH final = 5,1 e Al^{3+} = 0,8 equivalente miligrama por 100 mililitros de solo) com o nível 4 (pH final = 5,9 e alumínio trocável de valor nulo),

QUADRO 2

Resultados das análises químicas do solo, em amostras tomadas no dia da colheita final de cada leguminosa forrageira cultivada^a. Média de quatro repetições

Espécie	Nível de Calagem	M.O. %	pH	Equivalente-miligrama por 100ml T.F.S.A.						M ^b %
				Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	PO_4^{3-}	S	
Siratro	0	2,1	5,2	0,62	0,12	0,02	0,11	0,07	0,25	71,3
	1	2,1	5,4	0,32	0,50	0,20	0,12	0,07	0,82	28,1
	2	2,1	5,7	0,10	0,65	0,30	0,12	0,07	1,07	8,5
	3	2,1	5,9	0,05	0,95	0,40	0,06	0,07	1,41	3,4
Soja-perene	0	2,2	5,1	0,80	0,30	0,10	0,09	0,07	0,49	62,0
	1	2,2	5,4	0,45	0,60	0,20	0,07	0,07	0,87	34,1
	2	2,2	5,6	0,15	0,90	0,40	0,07	0,07	1,37	9,9
	3	2,2	5,9	0,00	1,15	0,52	0,07	0,07	1,74	0,0

(a) Amostras retiradas cerca de 95 e 137 dias após a calagem, respectivamente para siratro e soja-perene.

(b) Calculado através da fórmula $100 \cdot Al / (S + Al)$.

nota-se que o primeiro representou cerca de 30% do segundo, em ambos os cortes, confirmando a sensibilidade da soja-perene *tinaroo* às condições de acidez do meio (JONES & FREITAS³¹ e SOUTO & DÖBEREINER⁶¹). Em ambos os cortes, a soja-perene teve sua produção aumentada até à máxima dose de calcário utilizada.

A porcentagem de nitrogênio na parte aérea da planta, por ocasião do primeiro corte (Quadro 3), mostrou sensível redução quando se aplicaram as duas primeiras doses de calcário no solo. Esse decréscimo foi simultâneo a um aumento de grande magnitude na produção de matéria seca da parte aérea, o que leva a atribuir a queda do teor de nitrogênio a um efeito de diluição do elemento na planta. Todavia, na presença de calagem, as porcentagens de nitrogênio constatadas são inferiores às observadas por SOUTO & DÖBEREINER⁶¹, 2,04 a 2,25%, e às do tratamento completo, por JONES et alii³². Isso leva a supor que, ao tempo do primeiro corte, a nodulação dessa espécie ainda não estivesse em pleno funcionamento.

QUADRO 3

Produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio e nitrogênio total na parte aérea, do primeiro corte da soja-perene (com 54 dias), em função dos níveis de calagem. Significâncias do teste F⁹ para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de doze dados iniciais

Níveis de calagem	M.S. g/vaso	N %	N total (mg/vaso)
0	1,83	3,75	67
1	4,26	1,79	76
2	5,03	1,74	88
3	5,80	1,75	101
Reg. linear	**	**	**
Reg. quadr.	**	**	ns
Reg. cúbica	*	**	ns

(a) * e ** = Significâncias aos níveis de 5% e 1% respectivamente. ns = Não significativo.

QUADRO 4

Produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio, nitrogênio total e nodulação no segundo corte da soja-perene (42 dias após o primeiro), em função dos níveis de calagem. Significância do teste F⁹ para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de doze dados iniciais

Níveis de calagem	M.S. (g/vaso)			N%		N total - mg/vaso			Nodulação ^b	
	parte aérea	raízes	planta inteira	parte aérea	raízes	parte aérea	raízes	planta inteira	nº / vaso	mg / vaso
0	1,79	2,21	4,00	1,89	1,84	33	40	73	5,19	8,33
1	3,76	3,34	7,10	2,28	1,88	86	63	149	10,69	18,15
2	5,70	3,70	9,40	2,27	1,94	131	72	203	13,78	19,81
3	6,48	3,53	10,01	2,35	1,96	151	70	221	15,52	21,30
Reg. linear	**	**	**	**	*	**	**	**	**	**
Reg. quadr.	**	**	**	ns	ns	**	**	**	**	**
Reg. cúbica	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**

(a) * e ** = Significâncias aos níveis de 5% e 1% respectivamente. ns = Não significativo.

(b) Dados originais transformados em raiz quadrada.

Já à época do segundo corte, pode-se verificar (Quadro 4) que a calagem resultou em significativos aumentos lineares no teor de nitrogênio na parte aérea ($Y = 1,991 + 0,165X$) e nas raízes ($Y = 1,837 + 0,054X$). Também os valores percentuais desse elemento na parte aérea, não obstante o aumento da produção de matéria seca, foram os mais altos nos níveis mais elevados de calagem. Efeitos da calagem semelhantes a esse foram constatados em soja-perene por FRANÇA et alii^{2,3} e por JONES & FREITAS³¹. Os teores de nitrogênio na parte aérea da soja-perene, no segundo corte, estão ligeiramente acima daqueles observados por JONES et alii³² e por SOUTO & DÖBEREINER⁶¹, evidenciando o bom desempenho da simbiose nessa época e nos tratamentos com calagem.

O nitrogênio total em ambos os cortes efetuados nessa planta (Quadros 3 e 4), foi significativamente aumentado com a calagem. No primeiro corte, os aumentos foram lineares, ($Y = 65,633 + 13,815X$), enquanto, na planta inteira, variou conforme uma equação do segundo grau ($Y = 72,245 + 112,244X - 21,017X^2$). Aumentos nessa variável, devidos à calagem, também foram verificados com soja-perene, por CARVALHO et alii⁴, EIRA et alii²⁰, FRANÇA & CARVALHO²², JONES et alii³² e TRIGOSO & FASSBENDER⁶⁶.

A variável nitrogênio total depende em alto grau da produção de matéria seca e da eficiência da fixação de nitrogênio pelos nódulos. Através das equações de regressão obtidas para essa variável, em função dos níveis de calagem, pode-se verificar que os valores máximos para o nitrogênio total na soja-perene *tinaroo* seriam obtidos com doses maiores que as utilizadas no presente trabalho.

A nodulação dessa espécie, expressa em termos de número ou de peso dos nódulos secos por vaso (Quadro 4), foi significativamente incremen-

tada pela calagem, o que está de acordo com MUNNS et alii^{4,6} e TRIGOSO & FASSBENDER^{6,6}. Nesse aspecto, além da influência no maior desenvolvimento das plantas com o conseqüente maior fornecimento de fotossintetizados (NEYRA^{4,9}), a calagem deve também ter melhorado o suprimento de cálcio e de magnésio para os nódulos (NORRIS^{5,1} e MUNNS^{4,4}).

Os teores dos nutrientes analisados na soja-perene, além do nitrogênio, são apresentados nos quadros 5 e 6. De modo geral, pode-se verificar que os valores encontrados estão dentro daqueles normalmente apresentados na literatura (FRANÇA et alii^{2,3}, JONES & FREITAS^{3,1}, MIRANDA^{4,3} e WERNER et alii^{7,6}), salientando-se, contudo, as concentrações relativamente mais elevadas para fósforo, cálcio, magnésio e potássio no material colhido no primeiro corte do experimento. Para esses teores de cálcio e potássio, especialmente altos nas plantas crescidas no nível 0 de calagem (Quadro 5), obviamente teria ocorrido

uma concentração desses elementos, por falta de maior crescimento da planta.

As porcentagens de fósforo e de potássio na leguminosa (Quadros 5 e 6) decresceram significativamente em função da calagem em ambos os cortes. Redução na porcentagem de fósforo, quando se comparou o tratamento sem calagem e sem cálcio com o tratamento completo na soja-perene, foi verificada por MIRANDA^{4,3}, enquanto reduções nos teores de potássio devidos à calagem são relatados por JONES & FREITAS^{3,1} e MIRANDA^{4,3}. Esses decréscimos seriam resultado de uma diluição dos nutrientes no interior da planta.

O teor de cálcio na parte aérea da soja-perene cultivada em calagem 0, proveniente do segundo corte (Quadro 6), mostrou novamente um efeito de concentração do elemento. Quando se consideram os teores nas plantas cultivadas em presença de calagem, nota-se uma concentração ascendente com a elevação do nível de calagem. Observação

QUADRO 5.

Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco na parte aérea no primeiro corte da soja-perene (com 54 dias), em função dos níveis de calagem. Significâncias do teste F^a para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de doze dados iniciais

Níveis de calagem	P %	Ca %	Mg %	K %	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
0	0,31	3,55	0,83	3,21	68	11	150	947	53
1	0,30	2,74	0,81	2,70	52	9	126	133	35
2	0,31	2,82	0,89	2,82	49	7	108	67	30
3	0,27	2,54	0,82	2,66	46	7	113	46	27
Reg. linear	*	**	ns	**	**	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	**	ns	*	**	**
Reg. cúbica	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns

(a) * e ** = Significâncias aos níveis de 5% e 1% respectivamente. ns = Não significativo.

QUADRO 6.

Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco na parte aérea no segundo corte da soja-perene (42 dias após o primeiro), em função dos níveis de calagem. Significância do teste F^a para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de doze dados iniciais

Níveis de calagem	P %	Ca %	Mg %	K %	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
0	0,22	1,30	0,50	1,50	61	12	171	477	72
1	0,22	1,15	0,48	1,71	60	9	153	144	58
2	0,18	1,27	0,47	1,36	54	7	156	76	52
3	0,18	1,35	0,47	1,29	49	8	141	57	49
Reg. linear	**	ns	*	**	**	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	**	ns	**	ns	**	ns	**	*
Reg. cúbica	ns	*	ns	**	ns	ns	ns	**	ns

(a) * e ** = Significâncias aos níveis de 5% e 1% respectivamente. ns = Não significativo.

semelhante é descrita por EIRA et alii²⁰, FRANÇA et alii²³, JONES & FREITAS³¹ e MIRANDA⁴³.

A porcentagem de magnésio na leguminosa (Quadros 5 e 6) não sofreu variações em relação à calagem, no primeiro corte, mas mostrou decréscimos significativos e lineares no segundo. Esse tipo de redução não tem sido comumente relatado, mas dado o fato de ela ser de baixa magnitude, enquanto os aumentos na produção de matéria seca foram muito mais expressivos, a quantidade de magnésio absorvida, sem dúvida, foi maior com a elevação da calagem.

Os teores de boro, cobre, ferro, manganês e zinco nos materiais colhidos da soja-perene (Quadros 5 e 6) sofreram significativos decréscimos com as doses de calagem empregadas. Isso está de acordo com o relatado por LINDSAY³⁷, quanto à redução da disponibilidade desses micronutrientes pela calagem, e também com os resultados obtidos por JONES et alii³² e MIRANDA⁴³. Mesmo considerando as máximas reduções verificadas, de acordo com Andrew, citado por JONES & FREITAS³¹, os teores de boro, cobre e zinco não seriam deficientes para a leguminosa.

Cabe ressaltar os altos teores de manganês verificados na parte aérea da planta, no primeiro corte (Quadro 5) no nível 0 de calagem (pH final = 5,1). De acordo com ANDREW & HEGARTY⁴, uma concentração maior que 560 ppm de manganês na soja-perene deve resultar em toxidez do elemento à planta. De fato, em ausência de calagem, em ambos os cortes os teores de manganês foram superiores a esse valor, especialmente no primeiro, quando atingiu 947 ppm de manganês (Quadro 5). Também durante a condução do experimento em casa de vegetação, verificou-se, a partir de dez dias do plantio, que as primeiras folhas das plântulas de soja-perene crescidas em nível 0 de calagem (pH final = 5,1), já começavam a exibir uma clorose nos bordos. Com o passar dos dias, essa clorose se foi acentuando, tornando-se bem nítida nos bordos e avançando entre as nervuras das primeiras folhas da planta. Simultaneamente, apareciam pontos necróticos nas áreas cloróticas, e as plantas desenvolvidas nos vasos sem calagem, aos 25 dias após a semeadura, já exibiam desenvolvimento bem menor que nos vasos de calagem. Essa sintomatologia verificada é idêntica à apresentada por ANDREW & PIETERS⁶, SOUTO & DÖBEREINER⁶¹ e WERNER et alii⁷⁶ para a toxicidade de manganês em soja-perene. Os sintomas constatados no presente experimento são mostrados na figura 2.

De acordo com as informações disponíveis na literatura (FRANCO & DÖBEREINER²⁵ e SOUTO & DÖBEREINER⁶¹), o efeito da toxidez de manganês afetaria mais o desenvolvimento da nodulação que o da planta em si. Assim, tentou-se

correlacionar os dados obtidos por ocasião do segundo corte da soja-perene, de teores de manganês na parte aérea com o peso de nódulos e com a produção de matéria seca. Verificou-se que houve correlação negativa e significativa do teor de manganês tanto com a produção de matéria seca da parte aérea ($r = -0,83^{***}$) como com o peso de nódulos ($r = -0,93^{***}$), embora se possa observar uma relação mais estreita entre o teor de manganês e o peso de nódulos da soja-perene, deve-se acrescentar que a produção de matéria seca dessas leguminosas também depende muito da concentração daquele micronutriente. A figura 3 serve para ilustrar essas observações.

De acordo com afirmação de JACKSON³⁰, é muito difícil a separação entre os fatores que afetam o crescimento e/ou nodulação das leguminosas, mas, diante dos dados obtidos, há clara indicação de que um dos principais efeitos benéficos da calagem para a soja-perene *tinaroo* foi através da eliminação da toxicidade de manganês.

b) Micronutrientes

Os resultados obtidos com a soja-perene *tinaroo* nos dezesseis tratamentos estudados, encontram-se nos quadros 7, 8 e 9.

As significâncias (teste F) para os tratamentos dos micronutrientes aplicados dentro de cada nível da calagem, no cultivo da soja-perene *tinaroo*, são apresentados nos quadros 10 e 11.

As análises dos dados obtidos no primeiro corte dessa leguminosa forrageira (Quadro 10) revelam que a produção de matéria seca da parte aérea foi significativamente aumentada pela aplicação de molibdênio, na presença do nível 2 de calagem (pH inicial = 5,4 e final = 5,6). O desdobramento das interações (Mo + B + Cu + Zn), dentro dos níveis 1 (pH inicial = 5,1), 2 (pH inicial = 5,4) e 3 de calagem (pH inicial = 5,6), revelou que nos três casos a aplicação do molibdênio em ausência de boro + cobre + zinco teve efeito significativo e positivo na produção de matéria seca. Resultados favoráveis da aplicação do molibdênio, para essa variável da soja-perene, são relatados por Quagliato & Jones, citados por QUAGLIATO⁵⁴, e por WERNER & MATTOS⁷⁴.

O teor de nitrogênio na parte aérea obtida no primeiro corte de soja-perene sofreu o efeito significativo e negativo da aplicação do molibdênio ou do emprego do molibdênio em presença de boro + cobre + zinco, somente dentro do nível 0 de calagem (pH inicial = 4,7).

O nitrogênio total na soja-perene, à época do primeiro corte, foi significativamente aumentado pelo molibdênio simplesmente ou pelo molibdênio na ausência dos outros três micronutrientes, dentro dos dois mais altos níveis de calagem.

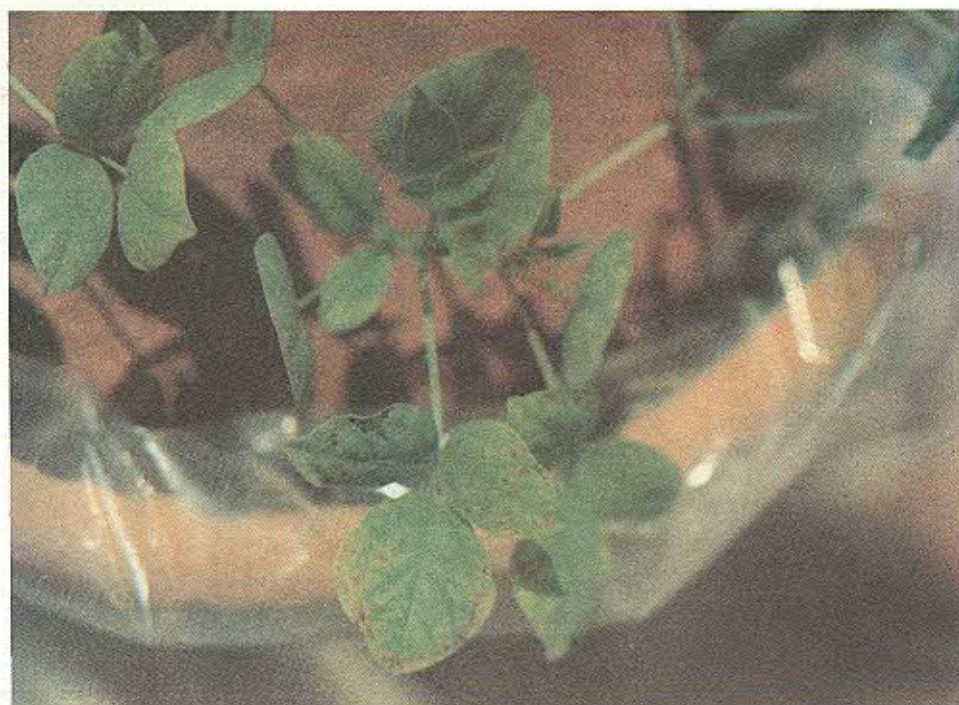


Fig. 2. Sintomas de toxidez de manganês em soja-perene *tinaroo*, verificados nos tratamentos sem calagem.

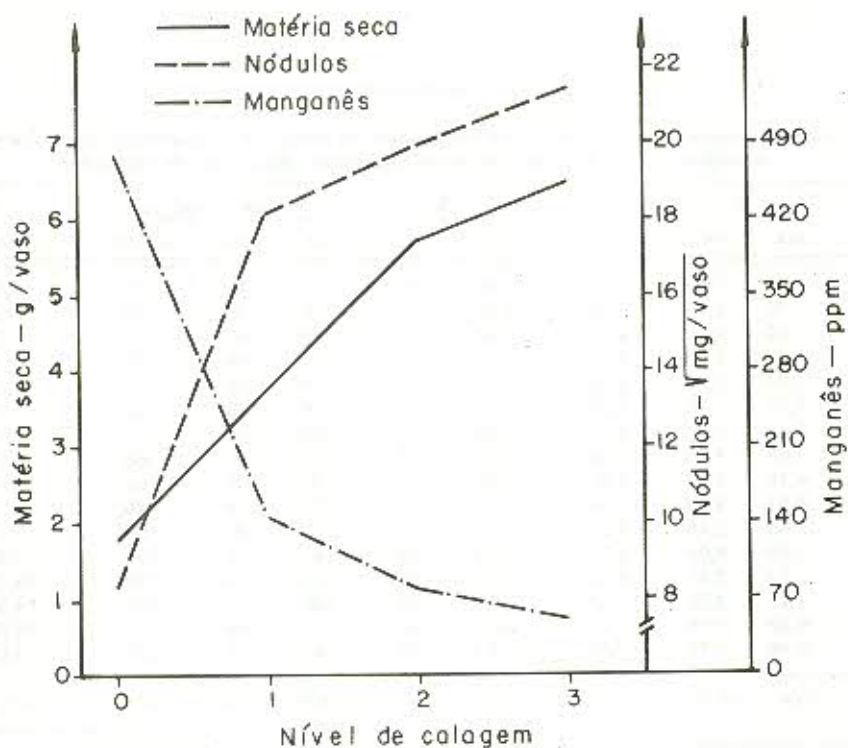


Fig. 3 — Relação entre os teores de manganês na parte aérea e peso de nódulos e produção de matéria seca da soja-perene *tinaroo*, obtidos no 2º corte do ensaio.

QUADRO 7

Soja-perene var. *tinaroo*, primeiro corte. Efeitos dos tratamentos na produção de matéria seca, no teor de nitrogênio, no nitrogênio total e nos teores dos demais nutrientes na parte aérea da leguminosa. Médias de três repetições

Tratamentos Cal. -micro	M.S. g/vaso	N %	N total mg/vaso	P	Ca	Mg	K	B	Cu	Fe	Mn	Zn
				% na M.S.				ppm na M.S.				
0-Sem	1,74	3,71	64	0,32	3,49	0,85	3,15	60	12	155	942	52
0-Mo	1,59	4,03	64	0,28	3,44	0,78	2,98	61	10	131	996	51
0-BCuZn	1,64	4,20	68	0,35	3,66	0,85	3,56	77	11	165	954	59
0-MoBCuZn	2,36	3,06	71	0,30	3,60	0,83	3,14	72	12	151	896	49
1-Sem	4,03	1,91	76	0,31	2,84	0,82	2,61	46	10	108	159	35
1-Mo	4,93	1,74	86	0,28	2,36	0,71	2,41	36	8	121	118	33
1-BCuZn	4,30	1,64	70	0,29	2,88	0,77	2,74	57	8	131	114	35
1-MoBCuZn	3,77	1,86	70	0,31	2,89	0,93	3,05	68	9	144	139	37
2-Sem	4,17	1,63	67	0,33	3,02	0,98	2,87	35	7	106	76	31
2-Mo	6,23	1,87	117	0,30	2,98	0,90	2,88	35	6	92	62	28
2-BCuZn	5,05	1,62	82	0,31	3,05	0,89	2,78	63	8	114	65	30
2-MoBCuZn	4,67	1,85	86	0,29	2,24	0,78	2,77	62	6	121	66	29
3-Sem	5,42	1,62	87	0,27	2,52	0,81	2,54	29	5	126	50	26
3-Mo	6,77	1,81	123	0,27	2,98	0,88	2,93	38	8	103	50	28
3-BCuZn	5,57	1,72	95	0,27	2,55	0,81	2,55	59	6	102	41	27
3-MoBCuZn	5,42	1,84	99	0,27	2,12	0,80	2,63	59	8	119	44	28
C.V. %	12,3	11,8	15,0	12,0	17,4	15,66	12,8	10,5	30,2	19,5	21,4	10,1

QUADRO 8

Soja-perene var. *tinaroo*, segundo corte. Efeitos dos tratamentos na produção de matéria seca, no teor de nitrogênio, no nitrogênio total e na nodulação dessa leguminosa. Médias de três repetições

Tratamentos Cal. -micro	M.S. - g/vaso			N %		N total - mg/vaso			Nodulação ^a	
	p.a.	raiz	pl. int.	p.a.	raiz	p.a.	raiz	pl. int.	n ^o /vaso	mg/vaso
0-Sem	1,79	2,24	4,03	1,69	1,82	29	41	70	4,60	8,59
0-Mo	1,70	2,13	3,83	1,67	1,72	28	36	64	6,02	8,34
0-BCuZn	2,09	2,34	4,43	1,44	1,75	30	40	70	4,38	6,02
0-MoBCuZn	1,58	2,13	3,71	2,77	2,05	44	44	88	5,77	10,35
1-Sem	2,94	3,15	6,09	2,21	1,74	64	55	119	10,07	16,91
1-Mo	4,59	3,78	8,37	2,48	2,06	114	78	192	11,49	19,38
1-BCuZn	3,43	3,04	6,47	1,89	1,75	63	54	117	11,37	18,38
1-MoBCuZn	4,08	3,38	7,46	2,52	1,97	102	66	168	9,81	17,94
2-Sem	4,75	3,68	8,43	2,00	1,81	95	67	162	14,43	19,59
2-Mo	6,91	3,59	10,50	2,50	2,07	172	74	246	14,71	21,05
2-BCuZn	5,45	3,45	8,90	2,13	1,93	116	66	182	12,72	19,21
2-MoBCuZn	5,69	4,09	9,78	2,47	1,96	140	79	219	13,27	19,38
3-Sem	6,11	3,41	9,52	2,21	1,88	134	64	198	16,25	21,30
3-Mo	7,77	3,80	11,57	2,41	2,06	188	78	266	14,38	21,48
3-BCuZn	5,28	3,19	8,47	2,37	1,83	122	59	181	15,82	21,29
3-MoBCuZn	6,76	3,70	10,46	2,41	2,09	161	77	238	15,62	21,15
C.V. %	15,4	14,6	13,8	12,9	7,1	14,5	15,2	13,0	12,9	11,2

la) Dados originais transformados em raiz quadrada. p.a = parte aérea. pl. int. = planta inteira.

QUADRO 9

Soja-perene var. *tinaroo*, segundo corte. Efeitos dos tratamentos nos teores dos nutrientes na parte aérea dessa leguminosa. Médias de três repetições

Tratamentos Cal. -micro	P	Ca	Mg	K	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	% na M.S.				ppm na M.S.				
0-Sem	0,20	1,31	0,48	1,41	52	11	149	474	67
0-Mo	0,21	1,31	0,50	1,39	54	12	137	460	72
0-BCuZn	0,23	1,26	0,49	1,48	65	11	188	458	70
0-MoBCuZn	0,25	1,33	0,55	1,72	73	13	210	517	80
1-Sem	0,23	1,12	0,47	1,81	51	9	149	162	58
1-Mo	0,19	1,09	0,47	1,68	45	9	173	121	54
1-BCuZn	0,23	1,22	0,48	1,66	72	8	160	148	65
1-MoBCuZn	0,22	1,18	0,49	1,71	72	10	130	143	56
2-Sem	0,22	1,40	0,55	1,62	47	8	158	96	54
2-Mo	0,17	1,26	0,46	1,21	40	7	164	78	53
2-BCuZn	0,17	1,20	0,43	1,30	64	7	153	65	52
2-MoBCuZn	0,17	1,23	0,44	1,29	65	7	149	67	51
3-Sem	0,18	1,35	0,45	1,34	34	8	133	63	50
3-Mo	0,18	1,36	0,47	1,18	35	6	150	59	44
3-BCuZn	0,20	1,43	0,48	1,43	69	8	148	59	56
3-MoBCuZn	0,17	1,28	0,46	1,21	58	8	133	46	46
C. V. %	12,5	9,0	8,3	10,2	15,0	20,5	14,6	14,6	11,9

QUADRO 10

Significâncias do teste F^a para o fatorial dos micronutrientes aplicados, dentro de cada nível de calagem para a soja-perene. Dados referentes à parte aérea obtida no primeiro corte da espécie

Variável estudada	Calagem 0		Calagem 1		Calagem 2		Calagem 3		
	Mo x C ^b	Mo x C	Mo x C	Mo x C	Mo x C	Mo x C	Mo x C	Mo x C	
Matéria seca				*	** ^D		**		*
Teor de N %	* ⁿ	**							
N total					** ^D		**	** ^D	*
Teor de B - ppm	**		**			**		**	
Teor de Cu - ppm									
Teor de Zn - ppm									

(a) * e ** = Significâncias aos níveis de 5 e 1 % respectivamente.

(b) O símbolo C representa a aplicação conjunta de B + Cu + Zn.

p e n = efeitos positivos e negativos respectivamente.

A produção de matéria seca da parte aérea no segundo corte da soja-perene (Quadro 11) foi significativamente aumentada, dentro das doses 1 (pH final = 5,4), 2 (pH final = 5,6), ou 3 de calcário (pH final = 5,9), pela aplicação do molibdênio. Ainda, esse micronutriente, em ausência de boro + cobre + zinco, mostrou semelhante efeito positivo dentro do nível 2 de calagem. O emprego conjunto do boro, cobre e zinco, na presença de 2,49 toneladas de calcário por hectare (calagem 3) resultou em efeito negativo nessa variável.

Enquanto a produção de raízes não sofreu alterações pelo emprego dos micronutrientes, a produção de matéria seca da planta inteira teve efeitos significativos da presença do molibdênio, junto dos níveis 1, 2 ou 3 de calagem. Semelhantes resultados com soja-perene foram obtidos por WERNER & MATTOS⁷⁴.

O molibdênio proporcionou aumentos significativos na porcentagem de nitrogênio na parte aérea da soja-perene, no segundo corte, quando empregado dentro de calagem 0, 1 ou 2. Dentro do nível 0 de calagem, em presença de boro + cobre + zinco, o efeito daquele micronutriente foi favorável ao teor de nitrogênio tanto da parte aérea como das raízes. Aliás, o percentual de nitrogênio nas raízes foi significativamente aumentado pela aplicação de molibdênio, junto aos níveis 1 e 3 de calagem. Aumentos nessas variáveis como resultantes da aplicação do molibdênio são referidos por FRANÇA et alii²³ e WERNER & MATTOS⁷⁴.

O emprego de boro, cobre e zinco juntos resultou em elevação significativa na porcentagem de nitrogênio na parte aérea, quando em ausência de calagem.

O nitrogênio total na parte aérea e na planta inteira dessa leguminosa, no segundo corte, foi significativamente aumentado em decorrência da presença do molibdênio junto aos níveis 1, 2 ou 3 de calagem. Ainda esse micronutriente, em calagem 2 e na ausência de boro + cobre + zinco teve efeito benéfico no nitrogênio total da parte aérea. Também o nitrogênio total nas raízes foi incrementado pela aplicação do molibdênio, junto aos níveis 1 e 3 de calagem. Aumentos expressivos nessas variáveis de soja-perene, pelo emprego desse micronutriente, são relatados por FRANÇA et alii²³, TRIGOSO & FASSBENDER⁶⁶ e WERNER & MATTOS⁷⁴, e concordam com as afirmações de ANDREW², EPSTEIN²¹ e HALLWORTH²⁸ sobre o papel desse micronutriente na eficiência da fixação de nitrogênio pela leguminosa.

A aplicação de boro + cobre + zinco, em presença do nível 3 de calagem, proporcionou resultado depressivo e significativo no nitrogênio total da parte aérea, relativa ao segundo corte da espécie.

O número de nódulos da soja-perene não foi alterado pelo emprego de qualquer tratamento en-

volvendo micronutrientes. Já o peso dos nódulos secos foi significativamente aumentado pelo molibdênio simplesmente ou pelo molibdênio na presença de boro + cobre + zinco, no nível 0 de calagem. Aumentos similares foram constatados em soja-perene, por WERNER & MATTOS⁷⁴. O que se pode notar no quadro 11 é que o molibdênio aumentou, simultaneamente, o peso dos nódulos e o teor de nitrogênio na parte aérea da leguminosa, quando em ausência de calagem. Na presença de calagem, somente a porcentagem de nitrogênio foi incrementada pelo molibdênio, evidenciando que esse micronutriente, em ausência de calagem, aumentou o teor daquele macronutriente através de aumento na massa nodular, enquanto na presença de calagem a elevação naquele teor teria ocorrido devido à maior eficiência da fixação de nitrogênio, na presença do molibdênio.

Observando-se o comportamento dos teores de boro, cobre e zinco na parte aérea da soja-perene, em ambos os cortes (Quadros 10 e 11), verifica-se que somente as concentrações de boro na planta foram significativamente aumentadas em todos os níveis de calagem, pela aplicação desse micronutriente ao solo (juntamente com cobre e zinco). Elevações no teor de boro dessa espécie, mediante aplicação do elemento ao solo, são relatadas por MIRANDA⁴³.

O que se verifica, de modo geral, para a soja-perene, é um efeito expressivo do molibdênio quando empregado na presença de calagem. A não constatação de maiores respostas a esse micronutriente quando não se aplicou calcário ao solo permite supor que em condições ácidas (pH inicial = 4,7), o molibdênio teria sido adsorvido às partículas do solo (KAMPRATH³⁴ e SIQUEIRA & VELOSO⁵⁹), ou uma relativamente alta disponibilidade de manganês no solo teria influenciado para uma não-resposta ao molibdênio (TRUONG et alii⁶⁸).

WERNER⁷² aponta que, em presença de calagens baixas e moderadas, apenas a aplicação do molibdênio seria necessária para o cultivo de leguminosas tropicais. Considerando que as doses empregadas no presente trabalho, para a soja-perene, podem ser encaixadas dentro daquelas categorias, os resultados obtidos concordam plenamente com a afirmação do autor citado.

Na figura 4 são mostradas as variações relativas ocorridas na produção de matéria seca e no nitrogênio total da planta inteira, bem como no peso de nódulos da soja-perene, em função da presença ou não do molibdênio, dentro de cada nível de calagem. Além do já discutido efeito da calagem sobre essas variáveis (que também pode ser atribuído a alguma liberação de molibdênio adsorvido ao solo), fica bem evidente o efeito do micronutriente abordado (especialmente na produção de matéria seca e no nitrogênio total), quando em presença de

QUADRO 11

Significâncias do teste F^a para o fatorial dos micronutrientes aplicados, dentro de cada nível de calagem para a soja-perene. Dados referentes ao segundo corte da espécie

Variável estudada	Calagem 0			Calagem 1			Calagem 2			Calagem 3		
	Mo	C ^b	Mo x C	Mo	C	Mo x C	Mo	C	Mo x C	Mo	C	Mo x C
Matéria seca - parte aérea				**p			**p			**p		**p
Matéria seca - raiz												
Matéria seca - planta inteira												
Teor de N - parte aérea %	**p	.p	**									
Teor de N - raiz %			*									
N total - parte aérea												
N total - raiz												
N total - planta inteira												
Nodulação ^c - n ^o /vaso												
Nodulação ^c - mg/vaso	**p		**									
Teor de B - parte aérea - ppm		**p										
Teor de Cu - parte aérea - ppm												
Teor de Zn - parte aérea - ppm												

- la) * e ** - Significâncias aos níveis de 5 e 1% respectivamente.
 lb) O símbolo C representa a aplicação conjunta de B + Cu + Zn.
 lc) Dados transformados em raiz quadrada.
 p e n = efeitos positivos e negativos respectivamente.

calagem. Pode-se também observar que a magnitude do efeito do molibdênio é maior nos níveis mais elevados de calagem.

B) Siratro

a) Calagem

Nos quadros 12 e 13 constam os dados obtidos para produção de matéria seca, nitrogênio total, nodulação e teores de macro e micronutrientes no siratro, em função dos níveis de calcário empregados.

As produções de matéria seca da parte aérea, raízes e planta inteira (Quadro 12) variaram significativamente com a calagem. Acréscimos nesses valores também foram obtidos com siratro por CARVALHO et alii¹⁴, FRANÇA & CARVALHO²², FREITAS & PRATT²⁶ e TRIGOSO & FASSBENDER⁶⁶. Num exame detalhado desses dados, pode-se verificar que os expressivos aumentos nessas produções se deram com a aplicação de 0,83 tonelada de calcário por hectare (pH final = 5,4 e Al^{3+} trocável = 0,32 equivalente miligrama por 100 mililitros de solo). Aumentos significativos na produção do siratro com a aplicação de doses relativamente baixas de calcário também são relatados por KOLLING et alii³⁵ e MATTOS⁴². Há que se acrescentar aqui que a literatura aponta essa leguminosa como uma das tolerantes a condições de acidez moderada do solo.

Em termos de porcentagem de nitrogênio (Quadro 12), constata-se que a calagem teve efeito significativo na parte aérea do siratro, efeito esse

linear ($Y = 3,043 + 0,112X$). Verifica-se que o teor desse elemento foi acrescido até o máximo nível de calagem utilizado (2,49 toneladas de calcário por hectare). Elevação na porcentagem de nitrogênio na parte aérea como resultado da aplicação de calcário, mesmo quando a produção da parte aérea do siratro não aumentava, também foi obtida por BRAZON⁹ e EIRA et alii²⁰. O teor de nitrogênio nas raízes não sofreu alteração pela calagem, o que também foi constatado por BRAZON⁹ e MATTOS⁴².

O nitrogênio total no siratro (Quadro 12) foi significativamente alterado pela aplicação de calcário. Significativos efeitos da calagem nessa variável foram constatados por CARVALHO et alii^{13,14}, FRANÇA & CARVALHO²² e TRIGOSO & FASSBENDER⁶⁶. Embora o nitrogênio total na parte aérea se tenha elevado até à dose mais alta de calcário (pH final = 5,9), o maior salto nessa variável ocorreu quando se passou da dose 0 (pH final = 5,2) para a dose 1 de calagem (pH final = 5,4).

Tomando-se o nitrogênio total no siratro como ponto de referência e através da equação de regressão dessa variável com as doses de calagem ($Y = 129,500 + 78,281X - 58,910X^2 + 13,238X^3$), pode-se assinalar que o máximo valor para essa variável é obtido com a aplicação de 1,00 tonelada de calcário por hectare. Com o auxílio da figura 1, pode-se verificar que essa dose de calcário proporcionou, à época do plantio do experimento, os se-

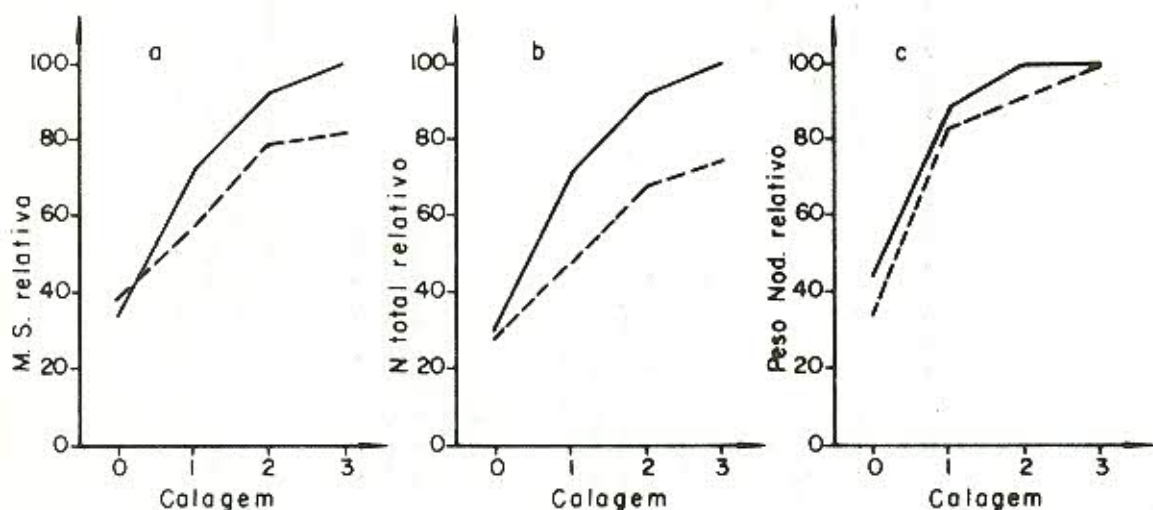


Fig. 4 — Variações relativas na produção total de matéria seca (a), no nitrogênio total (b) e no peso de nódulos (c), obtidos no segundo corte da soja pereire, mediante os níveis de calagem, sem (---) ou com (—) a adição de molibidênio.

guintes valores na análise de solo: pH = 5,18; Al^{3+} trocável = 0,35; $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ trocáveis = 1,03; V = 27,2% e m = 24,8%.

Quanto à nodulação da leguminosa (Quadro 12), pode-se constatar o efeito benéfico e segundo uma regressão cúbica da calagem tanto no número ($Y = 3,674 + 8,247X - 4,345X^2 + 0,732X^3$) quanto no peso de nódulos ($Y = 5,911 + 12,452X - 6,713X^2 + 1,018X^3$). Resultados semelhantes também foram encontrados com siratro por MATTOS⁴² e TRIGOSO & FASSBANDER⁶⁶. O número de nódulos foi crescente até à dose máxima empregada, enquanto o peso dos nódulos mostrou seu maior valor absoluto na dose 2 de calcário (1,66 tonelada por hectare). À semelhança do que foi verificado com a produção de matéria seca e nitrogênio total, a nodulação teve seu grande acréscimo com a aplicação do nível 1 de calagem (0,83 tonelada de calcário por hectare).

Os teores de fósforo, cálcio e magnésio na parte aérea do siratro (Quadro 13) tiveram significativos acréscimos mediante a aplicação de calcário. Aumento no teor de fósforo na leguminosa, como consequência de calagem, foi verificado por FRANÇA et alii²³, enquanto elevações nas porcentagens de cálcio e magnésio do siratro, em presença de calagem, foram observadas por JONES & FREITAS³¹ e MATTOS⁴².

À medida que se elevou a dose de calcário, o teor de potássio no siratro sofreu decréscimo linear, o que foi também constatado por JONES & FREITAS³¹.

O teor de boro na parte aérea exibiu um comportamento interessante, em relação à calagem. Contrariamente ao observado por MATTOS⁴², esse micronutriente se mostrou com teor significativamente mais elevado na presença das doses 1 ou 2 do calcário, o que resultou num efeito quadrático da calagem para essa variável.

Os teores de ferro na parte aérea do siratro não variaram significativamente com os níveis de calagem empregados.

As concentrações de cobre, manganês e zinco no siratro foram significativamente reduzidas mediante o emprego de níveis de calagem. Decréscimos em uma ou mais dessas variáveis também são relatados por GAVAZONI et alii²⁷ e MATTOS⁴².

Com relação ao manganês, ANDREW & HE-GARTY⁴ apresentam como nível crítico para a toxidez desse elemento um teor de 710 ppm na parte aérea do siratro, enquanto FREITAS & PRATT²⁶ mencionam que essa leguminosa seria sensível à toxidez de manganês. De fato, os menores valores na produção de matéria seca, no nitrogênio total e na nodulação do siratro foram constatados no nível 0 de calagem (pH final = 5,2), no qual a leguminosa teve a concentração de 862 ppm de manganês, mas não exibiu qualquer sintoma visual de toxidez do elemento. Tendo em vista as menções na literatura (FRANCO & DÖBEREINER²⁵ e SOUTO & DÖBEREINER⁶¹) que o excesso de manganês afetaria mais à simbiose *Rhizobium*-leguminosa, procurou-se correlacionar o teor de manganês na parte aérea com a produção de matéria seca e com o peso de nódulos no siratro. Verificou-se que a correlação do teor de manganês com o peso de nódulos ($r = -0,90^{***}$) realmente é de maior magnitude que a do teor desse micronutriente com a produção de matéria seca da parte aérea da leguminosa ($r = -0,62^{***}$). Esses resultados confirmam, com siratro, o que se encontra na literatura referente a outras leguminosas, e no presente trabalho, com soja-perene. A figura 5 ilustra essas alterações.

b) Micronutrientes

Os dados obtidos nos dezesseis tratamentos com o siratro são mostrados nos quadros 14 e 15.

QUADRO 12

Produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio, nitrogênio total e nodulação do siratro com 54 dias, em função dos níveis de calagem. Significância do teste F^a para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de doze dados iniciais

Níveis de calagem	M.S. (g/vaso)			N%		N total - mg/vaso			Nodulação ^b	
	parte aérea	raízes	planta inteira	parte aérea	raízes	parte aérea	raízes	planta inteira	nº/vaso	mg/vaso
0	2,76	3,96	6,72	3,05	1,18	84	46	130	3,67	5,91
1	3,42	5,07	8,49	3,12	1,11	107	56	163	8,22	12,70
2	3,22	4,88	8,10	3,24	1,16	104	57	161	9,29	13,74
3	3,44	4,67	8,11	3,32	1,18	114	55	169	9,41	12,52
Reg. linear	**	*	**	*	ns	**	**	**	**	**
Reg. quadr.	*	**	**	ns	ns	*	**	**	**	**
Reg. cúbica	**	ns	*	ns	ns	**	ns	**	**	*

(a) * e ** = Significâncias aos níveis de 5% e 1% respectivamente. ns = Não significativo

(b) Dados originais transformados em raiz quadrada.

Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco na parte aérea do siratro com 54 dias, em função dos níveis de calagem. Significância do teste F^a para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de doze dados iniciais

Níveis de calagem	P %	Ca %	Mg %	K %	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
0	0,20	1,97	0,61	1,86	34	13	230	862	69
1	0,21	2,02	0,83	1,79	39	10	231	157	55
2	0,22	2,07	0,95	1,76	40	11	222	84	46
3	0,22	2,15	0,97	1,58	37	10	218	66	42
Reg. linear	*	**	**	**	ns	**	ns	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	**	ns	**	*	ns	**	**
Reg. cúbica	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns

(a) * e ** = Significâncias aos níveis de 5% e 1% respectivamente. ns = Não significativo.

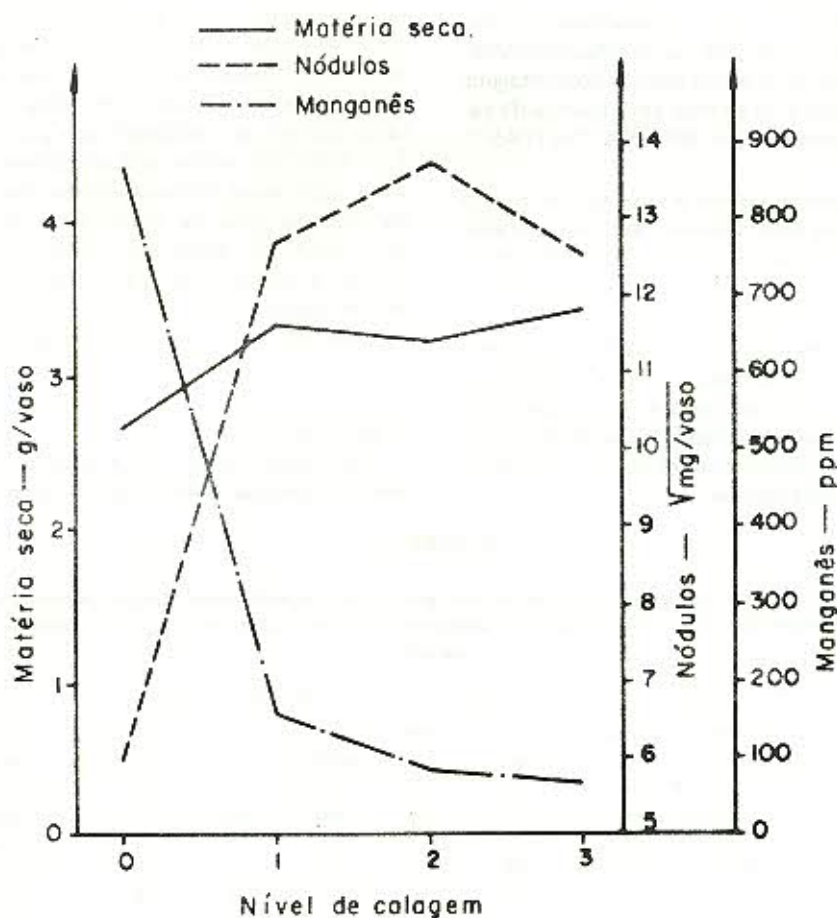


Fig. 5— Relação entre os teores de manganês na parte aérea e peso de nódulos e produção de matéria seca do siratro.

QUADRO 14

Siratro. Efeitos dos tratamentos na produção de matéria seca, no teor de nitrogênio, no nitrogênio total e na nodulação dessa leguminosa. Médias de três repetições

Tratamentos Cal. -micro	M.S. - g/vaso			N %		N total - mg/vaso			Nodulação ^a	
	p.a.	raiz	pl. int.	p.a.	raiz	p.a.	raiz	pl. int.	n ^o /vaso	mg/vaso
0-Sem	2,63	4,34	6,97	2,96	1,13	78	49	127	4,41	6,19
0-Mo	2,77	4,04	6,81	2,97	1,16	82	47	129	3,83	6,34
0-BCuZn	2,79	4,28	7,07	3,08	1,11	84	47	131	3,86	5,70
0-MoBCuZn	2,83	3,19	6,02	3,20	1,31	90	41	131	2,60	5,42
1-Sem	3,25	5,48	8,73	2,97	1,01	96	55	151	8,46	11,67
1-Mo	3,86	5,36	9,22	3,31	1,27	128	68	196	9,13	14,28
1-BCuZn	3,20	4,91	8,11	2,87	1,01	91	49	140	7,26	12,00
1-MoBCuZn	3,37	4,52	7,89	3,31	1,16	112	52	164	8,03	12,87
2-Sem	3,22	5,25	8,47	2,92	1,12	94	59	153	9,83	13,50
2-Mo	3,50	4,91	8,41	3,42	1,27	120	62	182	9,52	14,51
2-BCuZn	2,97	4,27	7,24	3,18	1,10	94	47	141	9,37	13,32
2-MoBCuZn	3,18	5,07	8,25	3,45	1,17	109	59	168	8,45	13,63
3-Sem	3,05	4,11	7,16	3,44	1,17	104	48	152	8,80	11,57
3-Mo	3,29	4,62	7,91	3,38	1,21	111	56	167	9,07	12,44
3-BCuZn	3,91	5,61	9,52	3,16	1,13	123	63	186	10,73	14,34
3-MoBCuZn	3,53	4,34	7,87	3,31	1,22	116	53	169	9,04	11,72
C.V. %	8,7	13,7	9,6	8,3	8,5	8,6	11,7	6,4	8,8	11,6

(a) Dados originais transformados em raiz quadrada. p.a. = parte aérea. pl. int. = planta inteira.

QUADRO 15

Siratro. Efeitos dos tratamentos nos teores dos nutrientes na parte aérea dessa leguminosa. Médias de três repetições

Tratamentos Cal. -micro	P	Ca	Mg	K	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	% na M.S.				ppm na M.S.				
0-Sem	0,21	2,02	0,63	1,93	28	14	248	1001	75
0-Mo	0,18	1,98	0,61	1,78	30	12	225	809	67
0-BCuZn	0,21	2,04	0,62	1,84	40	12	221	883	72
0-MoBCuZn	0,19	1,83	0,57	1,87	36	13	226	755	61
1-Sem	0,22	2,20	0,85	1,73	32	10	235	175	61
1-Mo	0,21	1,87	0,82	1,80	32	11	222	127	58
1-BCuZn	0,21	2,04	0,84	1,73	47	10	224	164	51
1-MoBCuZn	0,22	1,98	0,83	1,89	43	11	241	161	53
2-Sem	0,22	2,20	0,97	1,60	33	11	231	90	46
2-Mo	0,21	1,95	0,87	1,90	36	11	200	77	48
2-BCuZn	0,21	2,01	0,94	1,79	45	10	218	84	46
2-MoBCuZn	0,23	2,13	1,01	1,77	47	11	240	84	44
3-Sem	0,23	2,17	1,01	1,56	32	11	220	69	41
3-Mo	0,20	2,14	0,94	1,65	29	10	218	69	45
3-BCuZn	0,24	2,13	0,95	1,54	45	11	207	60	43
3-MoBCuZn	0,21	2,15	0,97	1,57	42	10	229	66	37
C.V. %	11,1	6,9	9,1	9,9	12,1	12,3	13,0	20,0	11,5

As significâncias verificadas pelo teste F para o emprego dos micronutrientes, dentro de cada nível de calagem e nas variáveis estudadas através do cultivo do siratro, são apresentadas no quadro 16.

Em termos de produção de matéria seca, de porcentagem de nitrogênio e nitrogênio total na planta, não se obteve qualquer efeito para os micronutrientes testados, dentro do nível 0 de cala-

gem (pH inicial = 4,7 e final = 5,2). Ainda dentro do nível 0 de calagem, pode-se notar no quadro 16 que a aplicação de molibdênio ou a de boro + cobre + zinco resultou em efeito negativo significativo para o número de nódulos nas plantas do siratro. Efeito negativo para o molibdênio sobre o número de nódulos da leguminosa cultivada em pH 5,5 é relatado por DE-POLLI et alii¹⁹.

Quando se aplicou a dose 1 de calcário (pH inicial = 5,1 e final = 5,4), dose essa que proporcionou sensíveis acréscimos nas variáveis estudadas, observaram-se efeitos significativos e positivos da aplicação do molibdênio na produção de matéria seca da parte aérea, no teor de nitrogênio (parte aérea e raízes), no nitrogênio total (parte aérea, raízes e planta inteira) e no peso de nódulos no siratro. Semelhantes resultados para produção de matéria seca do siratro foram obtidos por TEITZEL & BRUCE⁶⁴ e TRUONG et alii⁶⁷ e para matéria seca e peso de nódulos nessa leguminosa por MATTOS⁴². Aumentos na porcentagem de nitrogênio e no nitrogênio total pelo emprego do molibdênio em leguminosas foram apresentados por DE-POLLI et alii¹⁹ e WERNER & MATTOS⁷⁴.

Em presença do nível 1 de calagem (0,83 tonelada de calcário por hectare), o emprego de boro + cobre + zinco mostrou efeito significativo e depressivo sobre a produção de matéria seca da planta inteira, nitrogênio total (parte aérea, raízes e planta inteira) e número de nódulos por vaso. Reduções significativas no nitrogênio total, quando se aplicava boro + cobre + zinco para o cultivo de leguminosa forrageira, são relatadas por WERNER & MATTOS⁷³.

O emprego do molibdênio, dentro da dose 2 de calcário (pH inicial = 5,4 e final = 5,7) resultou em aumentos significativos no teor de nitrogênio na parte aérea e no nitrogênio total (parte aérea, raízes e planta inteira). De acordo com o já discutido, esses aumentos também são relacionados na literatura. Ainda dentro do nível 2 de calagem, a aplicação de boro + cobre + zinco proporcionou significativo decréscimo no nitrogênio total da planta inteira do siratro.

Com relação ao efeito dos micronutrientes dentro do nível 3 de calagem (pH inicial = 5,6 e final = 5,9), pode-se verificar no quadro 16 que o molibdênio não influenciou em alterações significativas em qualquer das variáveis estudadas. Entretanto, o emprego de boro + cobre + zinco resultou em significativos aumentos na produção de matéria seca (parte aérea e planta inteira), no nitrogênio total (parte aérea e planta inteira), bem como no número de nódulos por vaso. Efeitos positivos de um ou mais desses nutrientes nas variáveis referidas, foram constatados em siratro por FRANCO²⁴; TEITZEL⁶²; TEITZEL & BRUCE⁶⁴; TRIGOSO & FASSBENDER⁶⁶ e TRUONG et alii⁶⁷. Aumento no número de nódulos no siratro, pela aplicação conjunta desses três micronutrientes, em pH elevado, foi obtido por MATTOS⁴².

A aplicação do molibdênio na presença de boro + cobre + zinco resultou em efeitos significativos e depressivos na produção de matéria seca (raízes e planta inteira), nitrogênio total (raízes e planta inteira) e número e peso de nódulos no si-

ratro. Semelhantes reduções na produção de matéria seca são relatados por MATTOS⁴², enquanto tal menção para produção de matéria seca, nitrogênio total, peso e número de nódulos é apresentada por WERNER & MATTOS⁷⁵.

Dos resultados mostrados no quadro 16, e da discussão apresentada para siratro, facilmente se pode depreender que o molibdênio não resultou em efeitos positivos, em presença do nível 0 e do nível 3 de calagem. Enquanto isso, o emprego do boro + cobre + zinco somente alterou positivamente algumas variáveis estudadas, na presença do nível 3 de calagem. Esses resultados concordam plenamente com WERNER⁷², admitindo-se que a dose 3 de calcário seja elevada para o siratro (conforme já discutido). Para o molibdênio, pode ter ocorrido que na ausência de calagem, mesmo o nutriente aplicado ter-se-ia tornado indisponível pela adsorção às partículas do solo (ASHER⁸, KAMPATH³⁴ e SIQUEIRA & VELOSO⁵⁹). Todavia, à medida que se aplicou calcário (doses 1 e 2), não teria ocorrido essa fixação e poderia ter havido liberação do adsorvido, o que resultou em efeitos significativos para esse micronutriente naquelas doses de calagem. Já em presença do nível 3 de calagem, possivelmente a quantidade de molibdênio liberado do solo poderia ter sido suficiente para o desenvolvimento do siratro, naquela dose de calcário.

Para o boro + cobre + zinco, teria ocorrido uma diminuição na disponibilidade de um ou mais deles, em presença do nível 3 de calagem, a ponto de a aplicação dos mesmos ser necessária naquela condição. Entretanto, cabe ressaltar que, em presença do nível 1 de calcário, o emprego desses três micronutrientes resultou em efeitos prejudiciais ao siratro. Nessas condições, além de maior disponibilidade pela sua aplicação, poderia ter ocorrido um aumento na capacidade de adsorção pelas raízes (ASHER⁸), o que resultou num efeito prejudicial de um ou mais deles para o siratro. Em níveis mais elevados, a menor disponibilidade dos micronutrientes citados teria predominado.

Em termos de teores dos micronutrientes na parte aérea do siratro, nota-se, pelo quadro 16, que somente a concentração de boro foi significativamente aumentada mediante o emprego de boro junto ao cobre e zinco, em qualquer dos níveis de calagem.

A figura 6 ilustra o que se discutiu para o molibdênio ou para o boro + cobre + zinco, em função dos níveis de calagem, para a produção de matéria seca e do nitrogênio total da planta inteira e da nodulação no siratro.

QUADRO 16.

Significância do teste F^a para o fatorial dos micronutrientes aplicados, dentro de cada nível de calagem para o siratro. Dados referentes ao corte único da espécie

Variável estudada	Calagem 0		Calagem 1		Calagem 2		Calagem 3	
	Mo	C ^b	Mo	C	Mo	C	Mo	C
Matéria seca - parte aérea								
Matéria seca - raiz								
Matéria seca - planta inteira								
Teor de N - parte aérea %								
Teor de N - raiz %								
N total - parte aérea								
N total - raiz								
N total - planta inteira								
Nodulação ^c - n ^o /vaso								
Nodulação ^c - mg/vaso								
Teor de B - parte aérea - ppm								
Teor de Cu - parte aérea - ppm								
Teor de Zn - parte aérea - ppm								

(a) * e ** = Significâncias aos níveis de 5 e 1% respectivamente.

(b) O símbolo C representa a aplicação conjunta de B + Cu + Zn.

(c) Dados transformados em raiz quadrada.

p e n = efeitos positivos e negativos respectivamente.

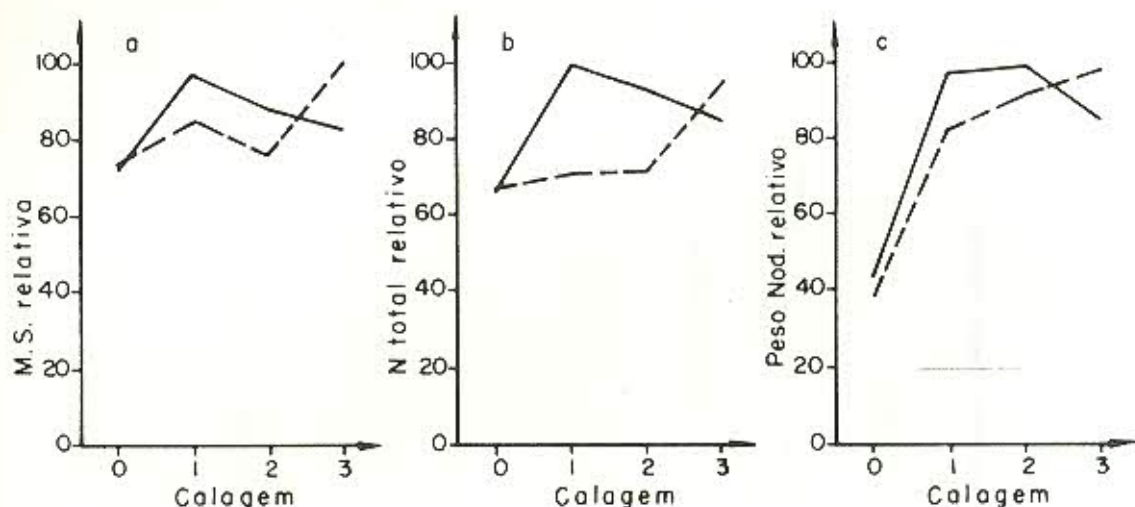


Fig. 6 — Variações relativas na produção de matéria seca (a) e no nitrogênio total do planta inteira (b) e na nodulação (c) do siratro, mediante os níveis de calagem, e adição de molibdênio (—) ou de boro + cobre + zinco (---).

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se apontar as seguintes conclusões:

1. O emprego das doses de calcário dolomítico, avaliado à época do plantio das leguminosas, fez variar alguns parâmetros da análise química do solo nas seguintes faixas: pH de 4,7 a 5,6; alumínio trocável de 0,80 a 0,08; cálcio trocável de 0,30 a 1,18 e magnésio trocável de 0,10 a 0,60 equivalente miligrama por 100 mililitros de solo, saturação em bases de 12,1 a 44,8% e saturação de alumínio de 63,0 a 4,1%.

2. A soja-perene variedade *tinaroo* apresentou aumentos significativos e lineares na produção de matéria seca, no nitrogênio total acumulado e na nodulação até à maior dose de calcário aplicada (2,49 toneladas por hectare), planejada para elevar o pH do solo a 6,5, mas que efetivamente o elevou a 5,6 e conseguiu anular o alumínio trocável do solo. Os valores máximos para essas variáveis seriam obtidos com calagens superiores ao máximo nível testado, para esse solo e essa leguminosa.

3. A produção de matéria seca e nitrogênio totais, bem como a nodulação do siratro, se deram segundo uma equação do terceiro grau em relação à calagem. O máximo valor do nitrogênio total no siratro seria obtido, no solo estudado, com o emprego de uma tonelada de calcário dolomítico por hectare, o que proporcionaria no solo um pH de

5,18, alumínio trocável de 0,35, cálcio mais magnésio trocáveis de 1,03 equivalente miligrama por 100 mililitros de solo, saturação em bases 27,2% e saturação em alumínio de 24,8% à época do plantio do experimento.

4. Na ausência de calagem, a soja-perene cv. *Tinaroo* mostrou altos teores de manganês na parte aérea, que resultaram em sintomas visuais de toxicidade do micronutriente nessa leguminosa. O excesso desse micronutriente seria um dos problemas nas condições mais ácidas do solo estudado, para nodulação e desenvolvimento normais dessa espécie;

5. O emprego dos níveis de calcário dolomítico resultou em variações significativas nos teores de macro e micronutrientes na parte aérea das leguminosas testadas;

6. Para a soja-perene cv. *Tinaroo*, o molibdênio proporcionou respostas positivas quando empregado em presença das doses de 0,83, 1,66 ou 2,49 toneladas de calcário dolomítico por hectare;

7. Em presença da dose menor de calagem (0,83 tonelada de calcário por hectare), o siratro teve efeitos favoráveis da aplicação do molibdênio e depressivos do emprego conjunto de boro, cobre e zinco. Esses três micronutrientes juntos tiveram efeitos positivos no siratro, quando aplicados ao solo que recebera a maior dose de calagem (2,49 toneladas por hectare);

8. A aplicação conjunta de boro, cobre e zinco resultou em significativos acréscimos no

teor de boro na parte aérea das duas leguminosas em qualquer dos níveis de calagem testados.

SUMMARY: This experiment was carried out in a greenhouse of the Instituto de Zootecnia, at Nova Odessa, SP, Brazil. Plants of perennial soybean (*Glycine wightii* Verdc. cv. Tinaroo) and siratro (*Macroptilium atropurpureum* DC. cv. Siratro) were grown in a Red Yellow Podzolic Soil Laras variation. Four levels of dolomitic limestone (0, 0.83, 1.66 and 2.49 tons per hectare) were applied. Each limestone level was split into four treatments consisting of a combination of Mo and B plus Cu plus Zn, arranged in a factorial design. Three replicates were used. It was found that dry matter yield, nodulation and total amount of nitrogen of perennial soybean increased with lime rates. Maximum values were to be expected with levels higher than the maximum used in this experiment. Symptoms of Mn toxicity were observed in perennial soybean in the absence of lime. In the case of siratro the highest amount of nitrogen was observed to occur when 1 ton of limestone per hectare was used. With this amount of lime pH was 5.18 exchangeable Al = 0.35 meq/100ml, aluminum saturation = 24.8% and V = 27.2%. Among the micronutrients, molybdenum caused the greatest response. Joint application of B, Cu and Zn showed favourable effect for siratro in the presence of the highest level of limestone. Liming brought about significant changes in the mineral composition of the forages, whereas the joint application of B, Cu and Zn caused an increase in B concentration in the legumes irrespective of the level of limestone.

AGRADECIMENTOS

À Companhia Industrial e Comercial Brasileira de Produtos Alimentares (NESTLÉ), pela ajuda financeira; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de uma bolsa de pesquisa em 1975/76; aos professores da área de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ-USP, pelos ensinamentos; aos colegas do Instituto de Zootecnia que prestaram sua colaboração, e a todos os que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. — ANDREW, C. S. Effect of calcium, pH and nitrogen on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. I. Nodulation and growth. *Aust. J. agric. Res.*, Melbourne, Vic., 27:611-23, sept. 1976.
2. — ———. Influence of nutrition fixation and growth of legumes. In: AUSTRÁLIA. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Division of Tropical Pastures. **A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pastures**; a symposium. Farnham Royal, Bucks, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1962. p. 130-46. (Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops, Bulletin 46)
3. — ———. Legumes and acid soils. In: DOBEREINER, J.; BURRIS, R. H.; HOLLAENDER, A., ed. **Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics**. New York, Plenum, 1978. p. 135-60.
4. — ——— & HEGARTHY, M. P. Comparative responses to manganese excess of eight tropical and four temperate pasture legume species. *Aust. J. agric. Res.*, Melbourne, Vic., 20:687-96, july, 1969.
5. — ——— & NORRIS, D. O. Comparative responses of five tropical and four temperate legume species. *Aust. J. agric. Res.*, Melbourne, Vic., 12:40-5, jan. 1961.
6. — ANDREW, C. S. & PIETERS, W. H. J. **Manganese toxicity symptoms of one temperate and seven tropical pasture legumes**. Melbourne, Vic., CSIRO, Division of Tropical Pastures, 1970. 8p. (Technical Paper, 4).
7. — ———; JOHNSON, A. D.; SANDLAND, R. L. Effect of aluminum on the growth and chemical composition of some tropical and temperate legumes. *Aust. J. agric. Res.*, Melbourne, Vic., 24:325-39, may, 1973.
8. — ASHER, C. J. Revisão sobre a natureza geral dos problemas de fertilidade dos solos ácidos. In: BOOK, A. & GARDNER, A. L., ed. **Nutrição de plantas forrageiras em solos tropicais ácidos**. Campo Grande, MS, Centro Nacional de Gado de Corte, 1979. p. 4-20.
9. — BRAZON, C. A. A. **Efeitos da aplicação de calcário, potássio e inoculante sobre a produção de matéria seca, nodulação e composição química de *Phaseolus atropurpureus* DC cv. Siratro**. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1971. 61 f. Mimeo.

- 10 - BUCKMAN, H. O. & BRADY, N. C. *Natureza e propriedades dos solos*. Trad. por E. B. N. Figueiredo Filho. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1968, 594 p.
- 11 - CAMARGO, O. A. & VAN RAIJ, B. Relações entre alumínio trocável, bases trocáveis e pH dos solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, SP, 1975. Anais... 14 a 20 de julho. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p. 95-101.
- 12 - CARTWRIGHT, B. & HALLSWORTH, E. G. Effects of copper deficiency on root nodules of subterranean clover. *Pl. Soil*, The Hague, 33:685-98, 1970.
- 13 - CARVALHO, M. M.; FRANÇA, G. E.; BAHIA FILHO, A. F. C.; MOZZER, O. L. Ensaio exploratório de fertilização de seis leguminosas tropicais em um latossolo vermelho-escuro, fase mata. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 6:285-90, 1971.
- 14 - _____; MOZZER, O. L.; FERREIRA, J. G.; BAHIA FILHO, A. F. C. Efeito de fontes de fósforo e corretivos do solo em duas leguminosas tropicais. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 11., Fortaleza, 1974. Anais... 22 a 26 de julho. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1974. p. 326-7.
- 15 - CATANI, R. A. & ALONSO, O. Avaliação da exigência de calcário do solo. *An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, SP, 26:141-56, 1969.
- 16 - _____ & JACINTHO, A. O. *Avaliação da fertilidade do solo; métodos de análise*. Piracicaba, SP, Livroceres, 1974. 61 p.
- 17 - COLEMAN, N. T. & THOMAS, E. W. The basic chemistry of soil acidity. In: PEARSON, R. W. & ADAMS, F., ed. *Soil acidity and liming*. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p. 1-41.
- 18 - DEFELIPO, B. V.; BRAGA, J. M.; SPIES, C. Comparação entre métodos de determinação da necessidade de calcário de solos de Minas Gerais. *Experientia*, Viçosa, MG, 13:111-36, fev. 1972.
- 19 - DE-POLLI, H.; SUHET, A. R.; FRANCO, A. A. Micronutrientes limitando a fixação de nitrogênio atmosférico e produção de centrosema em solo Podzólico Vermelho-Amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, SP, 1975. Anais... 14 a 20 de julho. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p. 151-6.
- 20 - EIRA, P. A.; ALMEIDA, P. L.; SILVA, W. C. Fatores nutricionais limitantes do desenvolvimento de três leguminosas forrageiras em um solo podzólico vermelho-amarelo. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 7:185-92, 1972.
- 21 - EPSTEIN, E. *Nutrição mineral de plantas; princípios e perspectivas*. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1975. 341 p.
- 22 - FRANÇA, G. E. & CARVALHO, M. M. Ensaio exploratório de fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 5:147-53, 1970.
- 23 - _____; BAHIA FILHO, A. F. C.; CARVALHO, M. M. 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, 1973.
- 24 - FRANCO, A. A. Micronutrient requirement of legume-*Rhizobium* symbiosis in the tropics. In: DOBEREINER, J.; BURRIS, R. H.; HOLLAENDER, A., ed. *Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics*. New York, Plenum, 1978. p. 161-71.
- 25 - _____ & DOBEREINER, J. Toxicidez de manganês de um solo ácido na simbiose soja-*Rhizobium*. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 6:57-66, 1971.
- 26 - FREITAS, L. M. M. & PRATT, P. F. Respostas de três leguminosas a calcário em diversos solos ácidos de São Paulo. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 4:89-95, 1969.
- 27 - GAVAZONI, J. C.; GOMIDE, J. A.; GOMES, J. C. Resposta do siratro à aplicação de fósforo, potássio, calcário e micronutrientes. *R. Soc. bras. Zoot.*, Viçosa, MG, 8:407-20, 1979.
- 28 - HALLSWORTH, E. G. Nutritional factors affecting nodulation. In: _____, ed. *Nutrition of the legumes*. London, Butterworths, 1958. p. 183-201.
- 29 - HEWITT, E. J. Some aspects of mineral nutrition. In: HALLSWORTH, E. G., ed. *Nutrition of the legumes*. London, Butterworths, 1958. p. 15-42.
- 30 - JACKSON, W. A. Physiological effects of soil acidity. In: PEARSON, R. W. & ADAMS, F., ed. *Soil acidity and liming*. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p. 43-134.
- 31 - JONES, M. B. & FREITAS, L. M. M. Respostas de quatro leguminosas a fósforo, potássio e calcário, num latossol vermelho-amarelo de campo cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 5:91-9, 1970.
- 32 - _____; QUAGLIATO, J. L.; FREITAS, L. M. M. Respostas de alfafa e algumas leguminosas tropicais à aplicações de nutrientes minerais, em três solos de campo cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 5:209-14, 1970.
- 33 - KAMPRATH, E. J. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, Wis., 34:252-4, mar./apr. 1970.
- 34 - _____ *Soil acidity and liming*. In: COMMITTEE ON TROPICAL SOILS, ed. *Soils of the humid tropics*. Washington, D.C., National Academy of Sciences, 1972. p. 136-49.
- 35 - KOLLING, J.; STAMMEL, J. G.; KORNELIUS, E. Efeitos da calagem e da adubação fosfatada sobre a nodulação, nitrogênio total no tecido e produção de matéria seca de leguminosas forrageiras de clima tropical. *Agron. sulriogr.*, Porto Alegre, 10:267-80, 1974.
- 36 - KORNELIUS, E. & STAMMEL, J. G. Respostas de duas leguminosas tropicais a fósforo e calcário em um solo ácido do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 10., Porto Alegre, 1973. *Resumos dos trabalhos apresentados... de 16 a 20 de julho*. Porto Alegre, 1973. p. 421-2.
- 37 - LINDSAY, W. L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L., ed. *Micronutrients in agriculture*. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p. 41-57.
- 38 - LOTT, W. L.; NERY, J. P.; GALLO, J. R.; MEDCALF, J. C. A *técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro*. New York, IBEC Research Institute, 1956. 40 p. (Boletim, 9)

- 39 - LOVADINI, L. A. C. Comportamento da soja perene *Glycine wightii* Verdc) em solos ácidos, em função das variedades de pH, Al trocáveis e do fósforo aplicado como fosfato solúvel. Tese de Doutorado. Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1972. 94 f. Mimeo.
- 40 - _____; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. Efeito de níveis de calagem, fósforo e potássio na produção de matéria seca de soja perene (*Glycine wightii* Verdc.) em solos de cerrado. R. bras. Ci. Solo, Campinas, SP, 1:31-4, jan. 1977.
- 41 - MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola; nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Ceres, 1976. 528 p.
- 42 - MATTOS, H. B. Efeitos da aplicação de calcário e micronutrientes sobre a produção de matéria seca, nodulação e composição química da *Phaseolus atropurpureus* DC cv. Siratro. Tese de Doutorado. Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1972. 117 f. Mimeo.
- 43 - MIRANDA, M. T. Contribuição ao estudo da nutrição mineral e da adubação do siratro (*Macroptilium atropurpureum* DC cv. Siratro), galactia (*Galactia striata* (Jacq.) Urb.) e soja perene comum (*Glycine wightii* Wild.) em dois solos do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1979. 132 f. Mimeo.
- 44 - MUNNS, D. N. Nodulation of *Medicago sativa* solution culture. V. Calcium and pH requirements during infection. Pl. Soil, The Hague, 32:90-102, 1970.
- 45 - _____ & FOX, R. L. Comparative lime requirements of tropical and temperate legumes. Pl. Soil, The Hague, 46:533-48, 1977.
- 46 - _____; KOCK, B. L. Influence of lime on nitrogen fixation by tropical and temperate legumes. Pl. Soil, The Hague, 46:591-601, 1977.
- 47 - NEME, N. A. & LOVADINI, L. A. C. Efeito de adubos fosfatados e calcário na produção de forragem de soja-perene em terra de cerrado. *Bragantia*, Campinas, SP, 26:365-71, ago. 1967.
- 48 - NEPTUNE, A. M. L. Aplicação de calcário em culturas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2., Piracicaba, SP, 1975. Anais... Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1975. p. 49-86.
- 49 - NEYRA, C. A. Interactions of plant photosynthesis with dinitrogen fixation and nitrate assimilation. In: DÖBEREINER, J.; BURRIS, R. H.; HOLLANDER, A., ed. Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics. New York, Plenum, 1978. p. 111-20.
- 50 - NORRIS, D. O. Lime in relation to the nodulation of tropical legumes. In: HALLSWORTH, E. G., ed. Nutrition of the legumes. London, Butterworths, 1958. p. 164-82.
- 51 - _____ The role of calcium and magnesium in the nutrition of *Rhizobium*. Aust. J. agric. Res., Melbourne, Vic., 10:651-96, sept. 1959.
- 52 - PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 4. ed. Piracicaba, Nobel, 1980. 430 p.
- 53 - PRICE, C. A.; CLARCK, H. E.; FUNKHOUSER, E. A. Functions of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L., ed. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p. 231-42.
- 54 - QUAGLIATO, J. L. Produção de leguminosas forrageiras nos trópicos. Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1966. 14 f. Mimeo. Apostila da Disciplina Agrostologia e Pastagens do Curso Pós-Graduado de Nutrição Animal e Pastagens.
- 55 - _____ & NUTI, P. Efeito da calagem e micronutrientes na produção de leguminosas forrageiras em solos de cerrado. Nova Odessa, SP, Centro de Nutrição Animal e Pastagens, 1969. 3 f. Mimeo. Trabalho apresentado no I Encontro de Técnicos da Região Centro-Sul para Discussão de Problemas Relacionados às Leguminosas Forrageiras.
- 56 - RIBEIRO, G. L.; GARCIA, R.; RADIM, A. T.; GOMIDE, J. A. Respostas da soja perene (*Glycine javanica*) à inoculação com *Rhizobium* cowpea, calagem e adubação fosfatada e potássica. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 7., Piracicaba, SP, 1970. Anais... 14 a 17 de julho. Piracicaba, 1970. p. 16-7.
- 57 - RORISON, I. H. The effect of aluminum on legume nutrition. In: HALLSWORTH, E. G., ed. Nutrition of the legumes. London, Butterworths, 1958. p. 43-61.
- 58 - SARRUGE, J. R. & HAAG, H. P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, SP, ESALQ/USP, 1974. 56 p.
- 59 - SIQUEIRA, C. & VELOSO, A. C. Adsorção de molibdato em solos sob vegetação de cerrado. R. bras. Ci. Solo, Campinas, SP, 2:24-8, jan./abr. 1978.
- 60 - SOARES, W. V. Descrição geral dos solos de cerrado e progresso obtido na identificação de limitações reais e potenciais de nutrientes dos mesmos. In: BOOK, A. & GARDNER, A. L., ed. Nutrição de plantas forrageiras em solos tropicais ácidos. Campo Grande, MS, Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, 1979. p. 32-46.
- 61 - SOUTO, S. M. & DÖBEREINER, J. Toxidez de manganês em leguminosas forrageiras tropicais. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, 4:129-38, 1969.
- 62 - TEITZEL, J. K. Responses to phosphorus, copper and potassium on a granite loam of the wet tropical coast of Queensland. Trop. Grassld., Brisbane, Qd., 3:43-8, 1969.
- 63 - _____ & BRUCE, R. C. Fertility studies of pasture soils in the wet tropical coast of Queensland. 2. Granite soils. Aust. J. exp. Agric. anim. Husb., Melbourne, Vic., 11:77-84, feb. 1971.
- 64 - _____ & _____ Fertility studies of pasture soils in the wet tropical coast of Queensland. 6. Soils derived from beach sand. Aust. J. exp. Agric. anim. Husb., Melbourne, Vic., 13:312-8, june, 1973.
- 65 - TISDALE, S. L. & NELSON, W. L. Soil fertility and fertilizers. 3. ed. New York, McMillan, 1975. 694 p.
- 66 - TRIGOSO, R. & FASSBENDER, H. W. Efecto de aplicaciones de Ca+Mg, P, Mo y B sobre la producción y fijación de nitrógeno de cuatro leguminosas tropicales. Turrialba, Costa Rica, 23:172-80, abr./jun., 1973.
- 67 - TRUONG, N. V.; ANDREW, C. S.; SKERMAN, P. J. Responses by siratro (*Phaseolus atropurpureus*) and clover (*Trifolium repens*) to nutrient on sodic at Beaudesert, Queensland. Aust. J. exp. Agric. anim. Husb., Melbourne, Vic., 7:232-6, june, 1967.

- 68 - TRUONG, N. V.; ANDREW, C. S.; WILSON, G. L. Manganese toxicity in pasture legumes. II. Effects of pH and molybdenum levels in the substrate. *Pl. Soil*, The Hague, 34:547-60, 1971.
- 69 - VAN RAIJ, B. *Interpretação da análise de terra*. Campinas, SP, Instituto Agronômico, 1975. 8 p.
- 70 - _____ & ZULLO, M. A. T. *Métodos de análise de solo para fins de fertilidade*. Campinas, SP, Instituto Agronômico, 1977. 16 p. (Circular, 63)
- 71 - WERNER, J. C. Adubação de pastagens. In: *ASSISTÊNCIA NESTLÉ AOS PRODUTORES DE LEITE*. 1º Encontro de atualização em pastagens, Nova Odessa, SP, 5 a 9 de agosto de 1974, realizado por Assistência Nestlé aos Produtores de Leite e Divisão de Nutrição Animal e Pastagens do Instituto de Zootecnia. São Paulo, 1974. 2 v. v. 1, p. 43-63.
- 72 - _____ *Uso de micronutrientes em pastagens*. In: *SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM*, 2., Piracicaba, SP, 1975. *Anais...* Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1975. p. 87-111.
- 73 - WERNER, J. C. & MATTOS, H. B. Ensaio de fertilização com quatro micronutrientes em *Centrosema pubescens*, Benth. *B. Indústria. anim.*, São Paulo, 32:123-35, jul./dez. 1975.
- 74 - _____ & _____ *Ensaio de fertilização com alguns micronutrientes em soja perene, Glycine wightii*, Willd. *B. Indústria. Anim.*, São Paulo, 31:313-24, jul./dez. 1974.
- 75 - _____ & _____ *Estudos de nutrição da centrosema, Centrosema pubescens*, Benth. *B. Indústria. Anim.*, São Paulo, 29:375-91, jul./dez. 1972.
- 76 - WERNER, J. C.; MONTEIRO, F. A.; MATTOS, J. C. *Emprego de micronutrientes na forma de elementos traços fundidos (F. T. E.) em leguminosas forrageiras tropicais*. *B. Indústria. Anim.*, São Paulo, 32:347-61, jul./dez. 1975.
- 77 - YUAN, T. L. *Some relationships among hydrogen, aluminum and pH in solutions and soil systems*. *Soil Sci.*, New Jersey, 95:155-63, 1963.