LIMITAÇÕES DE FERTILIDADE DE UM LATOSSOLO
VERMELHO-AMARELO PARA O CULTIVO DE
MACROTILOMA GUATÁ E GALAXIA YARANA

EDUARDO CESAR GONTARSKI

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de Mes-
tre em Agronomia, Área de concentração: Nu-
trição Animal e Pastagens.

P. IRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho - 1991

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Gontarski, Eduardo Cesar

G641L Limitações de fertilidade de um latossolo vermelho-
amarelo para o cultivo de macrotiloma guatá e galaxia
yarana. Piracicaba, 1991. F 633.3
107p. ilustr.

Tese - **ESALQ**

Bibliografia.

1. Calagem 2. Galaxia - Deficiência de potássio 3.
Galaxia - Efeito de saturação por base 4. Macrotiloma -
Efeito de saturação por base 5. Macrotiloma - Nutrição -
Deficiência I. Escola Superior de Agricultura Luiz de
Queiroz, Piracicaba

CDD 633.3

**LIMITAÇÕES DE FERTILIDADE DE UM LATOSSOLO
VERMELHO-AMARELO PARA O CULTIVO DE
MACROTILOMA GUATÁ E GALAXIA YARANA**

EDUARDO CESAR GONTARSKI

Aprovada em: 27.06.1991

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Antonio Roque Dechen

ESALQ/USP

Prof. Dr. Francisco Antonio Monteiro

ESALQ/USP

Dr. Joaquim Carlos Wetmer:

IZ/SAA

Prof. Dr.

FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO

Orientador

Aos meus pais, pela minha existência e pelo grande
esforço oferecido à minha educação e

Aos meus irmãos, pela convivência fraterna

ofereço

A todas as pessoas que trabalham com seriedade
e competência para que nosso
país tenha uma agropecuária
moderna

dedico

AGRADECIMENTOS

Sinceros agradecimentos às seguintes pessoas e instituições:

- Ao Prof. Dr. Francisco Antonio Monteiro pelos valiosos ensinamentos, orientações seguras, dedicação e apoio dirigidos à nossa pessoa;

- Ao Pesq. Cient. Dr. Joaquim Carlos Werner pela atenção especial, sugestões e transmissão de conhecimentos técnicos;

- Ao Pesq. Cient. Dr. Albino Luchiari Filho e ao Pesq. Cient. Dr. Herbert Barbosa de Mattos pelo apoio e facilidades concedidas à realização do trabalho;

- A Eng^a Agr^a Maria Tereza Colozza e à Química Maria Aparecida de Castro pela colaboração na fase de análises químicas;

- A Senhora Maria Alice Crestani pela colaboração na condução do experimento;

- Aos Senhores Antonio Marco Pigatto e Flávio de Jesus pela ajuda em várias etapas do trabalho;

- Aos professores da Area de Nutrição Animal e Pastagens da ESALQ pelos ensinamentos ministrados;

- Aos professores da Area de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ pela colaboração prestada;

- A Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP;

- A Seção de Nutrição de Plantas Forrageiras do Instituto de Zootecnia de Nova Odessa pela possibilidade de utilização de recursos materiais;

- A Seção de Microbiologia do Solo do Instituto Agronômico de Campinas, pelo fornecimento de inoculantes;

- A Seção de Fertilidade de Solo e Nutrição de Plantas do Instituto Agronômico de Campinas pela oportunidade de treinamento em suas dependências;

- A Bibl. Eliana Maria Garcia Sabino pelo auxílio na citação de literatura;

- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de uma bolsa de estudos;

- As Faculdades Positivo pelo apoio prestado;

- E a todos que, de alguma forma, tenham contribuído para a realização do presente trabalho.

SUMARIO

	Página
RESUMO	vii
SUMMARY	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Calagem.....	4
2.1.1. Considerações sobre a acidez dos solos.....	4
2.1.2. Respostas das leguminosas forra- geiras tropicais à calagem.....	8
2.2. Nutrientes.....	16
2.2.1. Macronutrientes.....	17
2.2.2. Micronutrientes.....	19
2.2.3. Respostas das leguminosas forra- geiras tropicais à aplicação de nutrientes em solos do Brasil Central.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1. Local	29
3.2. Espécies forrageiras.....	29
3.3. Solo	30
3.3.1. Classificação.....	30
3.3.2. Análise química.....	30
3.4. Delineamento experimental.....	31
3.5. Tratamentos.....	31

3.6. Preparo dos vasos e aplicação dos corretivos.....	32
3.7. Plantio, adubação, irrigação, desbastes e inoculação.....	33
3.8. Colheitas.....	34
3.9. Análises químicas das plantas.....	35
3.10. Amostragens de solo.....	36
3.11. Análises químicas de solos.....	37
3.12. Análises estatísticas.....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1. Efeitos químicos do corretivo no solo....	38
4.2. Efeito da correção nas leguminosas.....	45
4.2.1. Macrotiloma Guatá.....	45
4.2.2. Galaxia Yarana.....	55
4.3. Efeitos dos nutrientes nas leguminosas...	66
4.3.1. Macrotiloma Guatá.....	66
4.3.2. Galaxia Yarana.....	79
5. CONCLUSOES	93
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	95

LIMITAÇÕES DE FERTILIDADE DE UM LATOSSOLO VERMELHO-
AMARELO PARA O CULTIVO DE MACROTILOMA GUATA E
GALAXIA YARANA

Autor: EDUARDO CESAR GONTARSKI

Orientador: PROF. DR. FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estudar as principais deficiências minerais e a influência de níveis de saturação por bases na produção de matéria seca, na nodulação, na quantidade total de nitrogênio e na composição mineral do macrotiloma (*Macrotyloma axillare* (E. Mey) Verdc. cv. Guatá) e da galaxia (*Galactia striata* (Jacq.) Urb. cv. Yarana) cultivadas em um Latossolo Vermelho-Amarelo.

O experimento foi conduzido em vasos, em casa-de-vegetação situada na Estação Experimental Central do Instituto de Zootecnia, em Nova Odessa, Estado de São Paulo, seguindo um delineamento experimental de blocos ao acaso, constando de onze tratamentos. Tratamento completo

(com P, K, S, B, Cu, Zn, Mo e corretivo para elevar a saturação por bases a 40%); não aplicação individualizada de: corretivo, fósforo, potássio, enxofre, boro, cobre, zinco, e molibdênio; tratamento completo com correção para elevar a saturação por bases a 60% e testemunha foram empregados.

A aplicação do corretivo sob a forma de reagentes puros (óxidos de cálcio e magnésio) foi realizada 55 dias antes do plantio, e os nutrientes foram utilizados na forma de solução, momentos após o plantio. O macrotiloma e a galaxia sofreram dois cortes, sendo o primeiro aos 46 e 54 dias, respectivamente, após o plantio e o segundo aos 35 e 55 dias após o primeiro corte.

Os resultados obtidos mostraram que a ausência de correção limitou o desenvolvimento e a fixação de nitrogênio nas duas espécies. O emprego do corretivo fez baixar consideravelmente os teores de manganês na parte aérea das leguminosas. A galaxia revelou necessitar de nível alto de saturação por bases no solo para expressar aumentos lineares no acúmulo de matéria seca e fixação de nitrogênio.

O fósforo foi o nutriente mais limitante no estabelecimento, na produção e fixação de nitrogênio das duas leguminosas no solo em estudo. A omissão de potássio resultou em menor desenvolvimento e fixação de nitrogênio na parte aérea do macrotiloma. Para a galaxia, na omissão do potássio foram verificados menores acúmulos de matéria

seca e nitrogênio nas raízes, podendo ser constatados sintomas visuais nítidos de deficiência de potássio nos folíolos da planta. Entre os micronutrientes, constatou-se que a ausência da aplicação de zinco provocou nas duas épocas de corte, uma redução significativa ($P < 0,01$) no teor desse micronutriente nas duas forrageiras.

FERTILITY LIMITATIONS OF A RED-YELLOW LATOSOL FOR
MACROTILOMA GUATA AND GALAXIA YARANA GROWTH

Author: EDUARDO CESAR GONTARSKI

Adviser: PROF. DR. FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO

SUMMARY

This experiment was carried out with the purpose of studying the main mineral deficiencies and the effects of liming levels applied to the soil on dry matter yield, nodulation, amount of total nitrogen and on the mineral composition of macrotiloma (*Macrotyloma axillare* (E. Mey) Verdc. cv. Guatá) and galaxia (*Galactia striata* (Jacq.) Urb. cv. Yarana) grown under controlled conditions in a Red-Yellow Latosol.

The experiment was conducted in the greenhouse and laboratories of the Instituto de Zootecnia, in Nova Odessa, State of São Paulo. The treatments employed were: complete fertilization, control, minus lime and omission of nutrient at a time (phosphorus, potassium,

sulphur, boron, copper, zinc, and molybdenum). All of these treatments received lime to increase the soil basis saturation to 40% (except for control and minus lime). The omission of lime was used to observe the influence of levels of lime together with a treatment of a complete fertilization using 40% soil basis saturation and another with 60% soil basis saturation. All treatments were arranged in a complete randomized block design, with four replications.

The lime (as calcium and magnesium oxides) was applied fifty-five days before sowing of both species, and the nutrients were applied immediately after planting, as nutrient solution. The plants received two cuttings for evaluations.

The results showed that plants of the two species in the no lime treatment had limited both growth and nitrogen fixation. The use of lime in the soil considerably reduced manganese concentration in the plant tissue. Galaxia revealed necessity of higher levels of lime for maximizing yield and nitrogen fixation.

Phosphorus deficiency was the more limiting factor for the establishment, growth and nitrogen fixation by the legumes. Potassium omission reduced the dry matter yield and nitrogen fixation in the top of macrotiloma. Low dry matter yield and the reduction of nitrogen fixed were observed in the roots of galaxia in the omission of

potassium. Furthermore, visual symptoms of potassium deficiency were observed in the leaflets of the galaxia.

The omission of micronutrients did not limit dry matter yield or nitrogen fixation. Only zinc omission have produced significant ($P < 0.01$) reduction of this micronutrient concentration in the top of the legumes, in the two cuttings.

1. INTRODUÇÃO

O estabelecimento e a manutenção de plantas forrageiras em pastagens depende em grande parte da fertilidade do solo. A baixa fertilidade natural dos solos destinados à exploração agropecuária é um dos motivos da baixa produtividade das pastagens e, conseqüentemente, dos animais que as utilizam. A fim de se obter uma elevação na produtividade animal, é necessário nutrir adequadamente a planta forrageira, bem como introduzir espécies promissoras com adequado valor nutritivo, na região de interesse (COLOZZA & WERNER, 1984).

A não utilização de uma adubação adequada e específica para cada leguminosa e condição de solo, por ocasião do estabelecimento da pastagem consorciada, é um dos fatores que limita a implantação desse tipo de pastagem no Brasil Central. Maior número de estudos com os nutrientes mais limitantes às forrageiras, em solos do Estado de São Paulo, devem ser realizados.

O macrotiloma (*Macrotyloma axillare* (E. Mey) Verdc, sin. *Dolichos axillaris* (E. Mey)) também conhecido por dólicos, é uma leguminosa ainda pouco difundida. Porém trabalhos desenvolvidos no Instituto de Zootecnia têm mostrado grande perspectiva para o seu uso em pastagens consorciadas no Estado de São Paulo (BUFARAH et alii, 1981).

A galaxia (*Galactia striata* (Jacq) Urb.) tem se revelado como uma das leguminosas promissoras pelas suas características como altas produções anuais de forragem, elevados teores de proteína bruta, boa capacidade de fixar nitrogênio, e concentração de grande parte de sua produção anual de forragem no período outono-inverno (MATTOS & WERNER, 1975).

Cultivares dessas duas espécies foram lançados recentemente pelo Instituto de Zootecnia do Estado de São Paulo. O cultivar pertencente ao gênero *Macrotyloma* recebeu a denominação de Guatá (IZ-4), e o da *Galactia* refere-se ao cultivar Yarana (IZ-3). Frente à necessidade de executar trabalhos de adubação com a galaxia cv. Yarana e

com o macrotiloma cv. Guatá, objetivou-se com o presente trabalho:

- Observar a influência de três níveis de saturação por bases na produção de matéria seca, na nodulação, na quantidade total de nitrogênio e nos teores de macronutrientes e micronutrientes das duas leguminosas forrageiras tropicais;
- Determinar as deficiências minerais do solo em estudo, que limitam o adequado estabelecimento, produção e fixação de nitrogênio dessas duas leguminosas;
- Verificar as possíveis alterações químicas no solo pelo emprego do corretivo.

2. REVISAO DE LITERATURA

2.1. Calagem

2.1.1. Considerações sobre a acidez dos solos

A maioria dos solos comporta-se como ácido fraco, isto é, os íons hidrogênio (H^+) liberados na solução do solo apresentam uma baixa concentração. O aumento de hidrogênio ligado eletrostaticamente aos colóides do solo representa aumento em sua acidez. COLEMAN & THOMAS (1967) relatam que o alumínio trocável associa-se com a acidez de

solos. Explicam que minerais de argila silicatada e óxidos de alumínio presentes no solo e que contém alto teor de alumínio, liberam o mesmo na solução do solo (na forma catiônica trivalente) quando o meio apresenta elevada acidez.

TISDALE & NELSON (1975) afirmam que em solos ácidos a hidrólise do próprio íon alumínio ocasiona maior abaixamento do pH. A acidez excessiva da maioria dos solos brasileiros pode ser constatada pelo levantamento de LOPES (1984). Ao estudar 518 amostras de solo representativas do cerrado, verificou que 48,3% destas apresentavam acidez elevada (pH em água abaixo de 5) e 50,2% possuíam acidez média (pH entre 5 e 5,9). Verificou ainda que 58% dos solos possuíam uma faixa de pH em água entre 4,8 e 5,2. Com as mesmas amostras o autor pode constatar que 91% apresentavam valores superiores a 0,25 meq. $Al^{+3}/100cm^3$ (com a maioria situada entre 0,25 e 1), que embora não seja um valor excessivo é agravante pelo baixo valor das bases trocáveis. As informações relativas à saturação de Al^{+3} encontradas pelo autor, ilustram a severidade da situação química destes solos, onde 78,6% das amostras revelaram desequilíbrio entre concentração por bases e alumínio trocável.

A acidez do solo é originada por diversos fatores. Para SIQUEIRA (1986) a concentração de H^+ não afeta diretamente o desenvolvimento vegetal, contudo o seu excesso limita o crescimento das plantas pelo efeito sobre a disponibilidade dos nutrientes e aumento das concentrações

de alumínio e manganês a níveis tóxicos para os vegetais.

RAIJ (1987) afirma que o alumínio trocável que é consequência da extrema acidez do solo, torna-se responsável por efeitos desfavoráveis no desenvolvimento vegetal. Ressalta ainda que a alta acidez propicia o aparecimento dos íons manganês e ferro a níveis que chegam a ser tóxicos para as plantas. Na eliminação da acidez, primeiro neutraliza-se o alumínio, podendo-se detectar que a acidez trocável é nula a valores de pH em água próximos a 5,5.

A acidez do solo influencia a disponibilidade dos nutrientes para as plantas. MALAVOLTA (1980) demonstra que o aumento no pH nos solos ácidos resulta em maior disponibilidade de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, enxofre e molibdênio. O aumento do pH nesses solos ainda resultaria na diminuição da disponibilidade dos elementos cobre, ferro, zinco e manganês. Para SOUZA et alii (1987), em condições de pH entre 5,5 e 6,0 parece não ocorrer problemas de deficiência de nutrientes.

MALAVOLTA et alii (1989) comentam que além do efeito do pH na disponibilidade, há também o efeito direto da concentração hidrogeniônica na absorção de nutrientes. As plantas diminuem a absorção de cátions com a elevação da acidez do meio, possivelmente pela competição entre os cátions e os íons H^+ por sítios de absorção.

LOPES (1989) cita que os solos ácidos devem ser corrigidos para evitar a maior disponibilidade de ele-

mentos como alumínio e manganês que podem apresentar concentrações a níveis tóxicos quando absorvidos pelas plantas crescidas em solo ácido. Ressalta a importância da calagem para ativação de microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica e liberação de nitrogênio, fósforo e enxofre. O autor ainda comenta da importância de um nível adequado de pH para a eficiência da fixação simbiótica do nitrogênio.

Além de fornecer cálcio e magnésio, a calagem eleva o pH do solo aumentando a disponibilidade de fósforo e molibdênio, neutralizando o alumínio, o manganês e o ferro que em excesso podem resultar em toxidez para as plantas e bactérias fixadoras do nitrogênio (ANDRADE et alii, 1986). Os autores lembram que calcário em excesso pode imobilizar certos micronutrientes (zinco, boro e cobre) e até o fósforo, bem como dificultar a absorção de potássio.

Existem vários métodos de determinação da necessidade de calagem em solos. Os métodos disponíveis para estimar a necessidade de calcário para correção da acidez do solo, com base nas determinações de laboratório de rotina de análise de solo, são (entre outros) os seguintes: neutralização do Al^{+3} ; elevação de Ca^{+2} e Mg^{+2} ; solução tampão SMP e elevação da saturação por bases (ANDA, 1988).

Há ainda, o método de incubação com quantidades crescentes de carbonato de cálcio, porém este método

não é prático para uso rotineiro, sendo mais indicado aos trabalhos de pesquisa e para aferição dos outros métodos (RAIJ, 1987).

O método da elevação da saturação por bases (V%) teve início com CATANI & GALLO (1955) que procuraram correlacionar pH e saturação por bases no solo. Posteriormente, o método foi reavaliado e reformulado (QUAGGIO, 1983). Segundo WERNER (1986), este método constitui um critério analítico mais seguro, podendo recomendar quantidades de calcário adaptadas para cada cultivar.

2.1.2. Respostas das leguminosas forrageiras tropicais à calagem

O aumento da produtividade de forrageiras em solos ácidos somente pode ser obtido pela escolha de plantas adaptadas às condições de concentrações elevadas de alumínio solúvel ou pela correção da acidez do solo quando a variedade a ser estabelecida for sensível a solo ácido (SIQUEIRA, 1986).

WERNER (1986) salienta que as diversas espécies de leguminosas, bem como variedades dentro de uma mesma espécie, variam em tolerância à acidez e, portanto, possuem diferentes necessidades de calagem. Esse pesquisador divide as plantas forrageiras tropicais em dois grupos quanto à necessidade de calagem. O primeiro grupo é formado

por aquelas forrageiras tropicais que necessitam de uma elevação da saturação por bases a 60%, e o segundo grupo necessita de um aumento para 40%. O autor exemplifica que a galaxia comum estaria no segundo grupo.

ANDREW & NORRIS (1960) estudaram o efeito da adição de doses de carbonato de cálcio em quatro leguminosas forrageiras temperadas e cinco leguminosas forrageiras tropicais cultivadas em um solo cujo pH original (em água) era de 5,5, contendo 0,1 meq. de cálcio trocável por 100 mililitros de solo (representando 3% da capacidade de troca). Contrastando a produção de matéria seca das leguminosas forrageiras tropicais com as temperadas notaram que as últimas apresentaram uma resposta mais acentuada já nos primeiros níveis de carbonato de cálcio, passando de menos de 5% de produção relativa no tratamento testemunha para mais de 40% já no primeiro nível de adição do corretivo, que foi de 250 kg/ha. As leguminosas forrageiras tropicais apresentaram uma produção relativa de mais de 40% no tratamento testemunha. Os autores constataram aumentos de produção de matéria seca (parte aérea e raízes), do conteúdo de cálcio no solo e nas plantas, da nodulação e do nitrogênio fixado com o incremento das doses do corretivo.

Estudando o efeito da calagem (elevando o pH de 4,7 para 5,8, em um solo arenoso com toxidez de Mn) sobre a fixação do nitrogênio em centrosema (*Centrosema pubescens*), DOBEREINER & ARONOVICH (1966) puderam constatar

um aumento de 65% na quantidade de nitrogênio fixado e de 59% na produção de matéria seca.

NEME & LOVADINI (1967) pesquisaram os efeitos do calcário e de adubos fosfatados, aplicados combinados e isoladamente em soja-perene (*Neonotonia wightii*), em solo sob cerrado, com um pH original de 4,2 ; 1,4 meq. de Al^{+3} /100ml de solo; e 0,5 meq. de cálcio + magnésio/100ml de solo. Verificaram não haver diferenças significativas ($P>0,05$) na produção de matéria seca entre as diferentes quantidades de calcário empregadas (4, 6 e 8 toneladas por hectare), todas aumentando essa variável em mais de 50% em relação ao tratamento testemunha. Puderam concluir que os adubos fosfatados combinados com a calagem produziram quantidade maior de matéria seca do que quando aplicados isoladamente.

FREITAS & PRATT (1969) trabalhando com solos Latossólicos e Podzólicos ácidos do Estado de São Paulo (pH menor que 5) onde cultivaram a alfafa (*Medicago sativa*), estilosantes (*Stylosanthes gracilis*) e siratro (*Macroptilium atropurpureum*), concluíram que essas forrageiras são altamente sensíveis à toxidez de manganês. Recomendam que a aplicação de calcário para o estilosantes e o siratro seja feita objetivando-se atingir um pH de 5,5.

SOUTO & DOBEREINER (1969) realizaram um experimento em casa-de-vegetação para estudar a influência da toxidez de manganês no estabelecimento de duas variedades

de soja-perene. Verificaram o efeito da calagem (feita para elevar o pH a 6,5) com e sem adubação fosfatada no desenvolvimento das plantas em dois solos com toxidez de manganês. A aplicação exclusiva de calcário favoreceu mais o crescimento da planta do que somente a aplicação de fósforo. Dois meses após o plantio o efeito da calagem na presença da adubação fosfatada proporcionou um aumento da ordem de 10 a 30 vezes no nitrogênio fixado e na produção de forragem, confirmando pronunciada toxidez de manganês além da deficiência de fósforo, nos dois solos.

Ao estudarem o efeito da aplicação de cálcio e de magnésio sobre a produção e fixação de nitrogênio em centrosema, desmódio (*Desmodium intortum*), siratro e soja-perene cultivadas em um Ultissolo ácido da Costa Rica (pH em $\text{CaCl}_2=4$) com baixa saturação por bases ($V=3\%$) e deficiências de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio, TRIGOSO & FASSBENDER (1973) constataram que a produção de matéria seca aumentou devido à aplicação de calagem, sendo que o maior aumento ocorreu quando foram aplicados cálcio, magnésio e altas doses de fósforo.

KORNELIUS & STAMMEL (1973) estudaram o efeito de doses de fósforo (0; 100 e 200 ppm) e de calcário (0; 1,2 e 2,4 toneladas por hectare) em um Molissolo com baixo teor de fósforo e com pH de 5,5, sobre o desenvolvimento de soja-perene e siratro. Verificaram que o emprego de fósforo incrementou a produção de matéria seca, nitrogênio fixado e

nodulação. Também observaram que a produção total de matéria seca da soja-perene sofreu aumentos significativos com a aplicação de calcário, sendo que as produções máximas foram obtidas em pH de 5,9. Para o siratro as maiores produções ocorreram em pH de 5,4, tanto na ausência como na presença de fósforo.

KOLLING et alii (1976) realizando experimento em casa-de-vegetação com desmódio e siratro, cultivados em um Ultissolo ácido ($\text{pH}=5,3$, $\text{Al}^{+3}=1,9\text{meq./100ml}$ de solo e $\text{Mn}^{+2}=13\text{ppm}$) com baixo teor de fósforo, verificaram que a produção de matéria seca das duas leguminosas sofreu aumentos até a aplicação de 2,2 toneladas por hectare. Aplicações de quantidades maiores de calcário provocaram redução na produção de matéria seca pelas plantas. As respostas mais significativas ($P<0,01$) para essas plantas neste solo, deveram-se ao emprego do fósforo (360 kg/ha).

CARVALHO et alii (1974) verificaram aumentos significativos ($P<0,05$) na produção de matéria seca e proteína bruta (a partir do segundo corte) em soja-perene e siratro cultivados em um Latossolo Vermelho Escuro, fase cerrado, devido ao emprego de calcário. Os corretivos empregados foram o calcário dolomítico (4300 kg/ha) e o calcário calcítico (3100 kg/ha), ambos apresentando respostas positivas na produção em relação à não aplicação de calagem, porém não havendo diferenças significativas ($P>0,05$) entre os dois corretivos.

ANDREW (1976) verificando a produção de matéria seca de seis leguminosas forrageiras tropicais sob diferentes pH do solo (4; 4,5; 5 e 6) pode verificar que *Macroptilium lathyroides*, *Lotononis bainesii* e *Neonotonia wightii* apresentaram maior produção na faixa de pH=5, enquanto que *Desmodium uncinatum*, *Stylosanthes humilis* e *Medicago sativa* expressaram melhores resultados a pH=6.

MUNNS & FOX (1977) estudaram os requerimentos de calagem por leguminosas forrageiras temperadas e tropicais, entre as quais encontrava-se o dólicos (atualmente macrotiloma). Utilizaram um solo com baixo teor de nitrogênio (Oxissolo havaiano) ao qual empregaram carbonato de cálcio nas doses de 0 a 22 toneladas por hectare. O macrotiloma apresentou as maiores produções de matéria seca quando foram aplicadas 4 toneladas de calcário por hectare, o que representou um aumento de 6 vezes na produção de matéria seca em relação ao tratamento sem calagem.

O efeito da aplicação de magnésio, cálcio mais calagem e calagem, a qual foi utilizada na forma de carbonato de cálcio a um nível de 1,5 toneladas por hectare em um solo Podzólico Vermelho Amarelo (com pH=5,7; $Al^{+3}=0,08$ meq./100ml de solo e $Ca+Mg=3,35$ meq./100ml de solo) para o cultivo da galaxia cv. comum, siratro e soja-perene cv. comum, foi estudado por MIRANDA (1979). A omissão de cálcio (50ppm na forma de $CaCl_2$) com calagem no solo, resultou em redução significativa ($P<0,05$) da produção de

matéria seca nas três espécies.

MONTEIRO et alii (1983a) estudando os efeitos de quatro níveis de calagem em um solo Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras sobre o desenvolvimento de duas leguminosas forrageiras, puderam observar que a produção de matéria seca, a nodulação e a quantidade de nitrogênio total na soja-perene foram crescentes até a maior dose de calcário dolomítico empregada (2,49 toneladas por hectare). Na ausência de calagem, a soja-perene exibiu sintomas visuais de toxidez de manganês. Para o siratro, os autores verificaram que a quantidade total máxima de nitrogênio na planta naquele experimento seria obtida com a aplicação de uma tonelada de calcário por hectare, correspondendo a um $\text{pH}=5,18$; $\text{Al}^{+3}=0,35$ meq./100ml de solo; $\text{V}=27,2\%$ e $\text{m}=24,8\%$ por ocasião do plantio da leguminosa.

MONTEIRO et alii (1983b) analisando os efeitos de níveis de calagem (0; 0,83; 1,66; e 2,49 toneladas por hectare) em centrosema e galaxia comum cultivadas em vasos com um solo Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras, verificaram que a produção de matéria seca, a nodulação e a quantidade de nitrogênio total na galaxia colhida no primeiro corte e na centrosema foram crescentes com as doses de calcário dolomítico empregadas. No segundo corte da galaxia, a quantidade máxima de nitrogênio total ocorreria mediante a aplicação de 0,72 toneladas por hectare, correspondendo a um $\text{pH}=5,05$, $\text{Al}^{+3}=0,45$ meq./100ml de solo,

V=23,2% e m=33,2% por ocasião da sementeira da leguminosa.

O efeito de três níveis de calagem sobre o desenvolvimento do *Stylosanthes capitata*, cultivado em Areia Quartzosa, foi estudado por PAULINO (1984). Os níveis de calagem aplicados nos vasos objetivaram a elevação da saturação por bases do solo a 40% (sendo aplicado o equivalente a 0,7 toneladas de calcário por hectare), 60% (recebendo 1,5 toneladas por hectare) e um tratamento com calagem elevada (4,7 toneladas por hectare). Observou-se uma tendência de elevação de produções de matéria seca, quantidade de nitrogênio total e peso de nódulos até a primeira dose de calagem (40%), e uma tendência de redução nesses parâmetros com a aplicação de níveis mais elevados de corretivo.

A aplicação de corretivo para neutralização do alumínio trocável em um solo Podzólico Vermelho Amarelo *intergrade* para Latossolo Vermelho Amarelo (ao nível de 5,2 toneladas de calcário por hectare) onde se cultivou o macrotiloma, foi feita por COLOZZA & WERNER (1984). Os autores concluíram que a ausência da calagem limitou a produção de matéria seca, nodulação e quantidade total de nitrogênio da leguminosa.

COLOZZA et alii (1987) ao analisarem o emprego da calagem em três solos para o cultivo da galaxia (cultivar comum), concluíram que apenas em um solo Areia Quartzosa a ausência de calagem provocou redução na produ-

ção de matéria seca, peso de nódulos e quantidade total de nitrogênio da galaxia.

2.2. Nutrientes

Entre os elementos que as plantas extraem do solo, o nitrogênio, o fósforo, o potássio, o enxofre, o cálcio e o magnésio denominam-se macronutrientes, porque são absorvidos em quantidades bem maiores que os demais (boro, zinco, cobre, manganês, molibdênio, ferro e cloro, denominados micronutrientes). O solo não é uma fonte inesgotável dos nutrientes mencionados, havendo variações na quantidade de cada um dos elementos, de solo para solo, existindo nutrientes que se esgotam mais rapidamente do que outros, em virtude de vários fatores como lixiviação e remoção pelas plantas (WERNER, 1986).

Segundo ASHER (1979), estudos de fertilidade de solo devem fazer parte de qualquer programa de pesquisa objetivando estabelecer pastagens cultivadas em terras com baixos teores de nutrientes. O mesmo autor cita que experimentos de omissão de nutrientes em casa-de-vegetação proporcionam um meio rápido e confiável de se isolar e identificar fatores nutricionais que limitam a produção de pastagens. Para EIRA (1971), planejamentos de pesquisa com leguminosas tropicais devem incluir experimentos exploratórios

para se verificar as necessidades nutricionais das diferentes plantas, bem como os elementos com baixos teores no solo em que se quer estudar o seu estabelecimento e desenvolvimento.

Esta revisão abrange os macronutrientes fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. Entre os micronutrientes serão abordados: boro, cobre, zinco e molibdênio.

2.2.1. Macronutrientes

Um dos maiores problemas no estabelecimento e manutenção das pastagens nos Oxissolos e Ultissolos brasileiros reside nos níveis extremamente baixos de fósforo disponível e total apresentados por esses solos (LOBATO et alii, 1986). Acrescenta-se à pobreza natural em fósforo desses solos, a alta capacidade de adsorção deste elemento, em consequência da acidez e teores elevados de óxidos de ferro e alumínio (FENSTER & LEON, 1982).

Na quase totalidade dos solos que ocorrem no Sudeste Brasileiro o fósforo se apresenta em níveis extremamente baixos. Estudos para estabelecer as deficiências minerais que limitam o crescimento das forrageiras nessa região do país foram realizados por diversos pesquisadores. Esses estudos não cobrem todos os solos que ocorrem na região, mas existem informações para os principais solos de

ocorrência na mesma (ANDRADE et alii, 1986).

O cultivo de leguminosas forrageiras tropicais é limitado não somente pelo baixo teor de fósforo nestes solos, mas também devido ao alto requerimento por fósforo que as leguminosas apresentam (KANEHIRO et alii, 1983). Os autores acrescentaram que a deficiência de fósforo ocasiona menor produção de matéria seca e baixa atividade fixadora de nitrogênio atmosférico, e que a atividade microbiológica é visivelmente estimulada pela aplicação de fósforo, resultando em maior número e peso de nódulos.

Nos tecidos vegetais, o fósforo é um nutriente que além de ser indispensável à fotossíntese, síntese de ligações ricas em energia, síntese e degradação de carboidratos, participa da formação de DNA/RNA e organóides celulares (na forma de fosfolipídeos), influi no enraizamento das forrageiras (MALAVOLTA, 1980; GOMIDE, 1986 e MARSCHNER, 1986).

O potássio, o cálcio e o magnésio são importantes cátions trocáveis, encontrando-se na solução do solo nas formas iônicas de K^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2} , sendo que os dois últimos são absorvidos pela planta por interceptação radicular e fluxo de massa, enquanto que a maior parte do potássio na planta depende da difusão do elemento até a raiz (RAIJ, 1987). Há tendência de considerá-los em conjunto, devido à influência que cada um exerce sobre a disponibilidade dos outros. O autor comenta que os solos em geral,

apresentam teores de cálcio predominando na soma por bases, vindo a seguir em teores bem mais baixos, o magnésio e depois o potássio.

MALAVOLTA (1980) reportou que o potássio é importante para a abertura e fechamento dos estômatos, síntese e estabilidade de proteínas, relações osmóticas e síntese de carboidratos. Relata que o cálcio é relevante no vegetal por assumir funções como ativação enzimática, influenciar na permeabilidade de membranas e fazer parte da parede celular (através da formação de pectatos de cálcio). Quanto ao magnésio o autor descreve que além de ser ativador enzimático, contribui diretamente na fotossíntese e na estabilidade dos ribossomos.

VITTI & NOVAES (1986) afirmaram que a principal fonte de enxofre no solo é o material orgânico, e que boa parte dos solos tropicais de textura grosseira com baixo teor de matéria orgânica, apresentam problemas sérios de deficiência com o elemento. MALAVOLTA (1980) descreveu que na planta o enxofre participa da formação de coenzimas, enzimas e aminoácidos (entre estes a cisteína, cistina e a metionina).

2.2.2. Micronutrientes

Ao se considerar as leguminosas forrageiras há que se destacar a importância dos micronutrientes não

somente para a nutrição das plantas em si, mas também para a formação dos nódulos nessas plantas e para o funcionamento do sistema de fixação do nitrogênio atmosférico (MONTEIRO, 1988).

A disponibilidade de elementos como zinco, manganês, cobre, boro e ferro é diminuída ao aumentar-se o pH do solo (MALAVOLTA, 1980; SOUZA et alii, 1987).

Para os cerrados, dos três micronutrientes indispensáveis nas associações vigorosas das leguminosas com os capins (Zn, Cu e Mo), o zinco e o cobre encontram-se muitas vezes em condições de carência (ROCHA, 1986). Para WERNER (1986) o boro, o zinco, o cobre, o ferro e o manganês, estão em maior disponibilidade em solos ácidos e, se o pH do solo for muito baixo, a disponibilidade de algum destes elementos no solo (como boro, ferro e principalmente manganês) pode chegar a níveis prejudiciais ao processo de fixação de nitrogênio pelos nódulos e ao próprio crescimento da leguminosa. Entretanto, o autor comenta que doses elevadas de corretivo podem diminuir a disponibilidade destes elementos a ponto de limitar a fixação biológica do nitrogênio.

MALAVOLTA (1980) descrevendo as funções dos micronutrientes citou que o boro é essencial para o desenvolvimento de raízes e pontos de crescimento das plantas, atuando no processo de multiplicação celular, enquanto que o zinco é essencial na formação dos compostos promotores e

reguladores do crescimento das plantas. SEIFFERT (1982) descreveu que o cobre além de influenciar no crescimento das raízes das plantas, tem função de catalisador no processo de síntese da leg-hemoglobina, que é essencial para a fixação do nitrogênio.

KANEHIRO et alii (1983) mencionaram que a deficiência de molibdênio é um problema comum para as leguminosas nos trópicos, principalmente devido à sua indisponibilidade às plantas com baixos valores de pH. Citaram que o molibdênio tem uma função dupla no crescimento da planta, sendo que pequenas quantidades deste elemento são necessárias para a redução do nitrato para amônia nos primeiros passos para a síntese de proteína, e relativamente grandes quantidades são requeridas para a fixação simbiótica nas enzimas redutoras do nitrogênio.

2.2.3. Respostas das leguminosas forrageiras tropicais à aplicação de nutrientes em solos do Brasil Central

Os conhecimentos sobre o estado nutricional das culturas, incluindo suas manifestações de deficiência, toxidez e desbalanço nutricional, são fundamentais quando se pretende estabelecer um manejo adequado das culturas e do solo. A avaliação desses aspectos nutricionais pelas culturas e cultivares pode ser medida através de vários méto-

dos empregados em campo, em condições controladas e em laboratórios. Os testes de campo e em vasos, além da análise de solo, são os mais comumente empregados pelos estudiosos do sistema solo-planta (SOUZA & CARVALHO, 1987).

O suprimento inadequado de um nutriente essencial pode ocasionar a manifestação de sintomas característicos. O teor de um elemento em nível inferior ou superior ao exigido pela planta pode originar distúrbios metabólicos, geralmente detectados através de sintomas visíveis, tais como: anomalias morfológicas, coloração das folhas, diminuição no crescimento e distúrbios no processo reprodutivo das plantas. A observação desses sintomas, acompanhada por análises de tecido e análise de solo, é importante na detecção de deficiências ou excessos de nutrientes para as plantas.

Experimentos utilizando a técnica de diagnose por subtração são unânimes em detectar a importância da adubação fosfatada para o estabelecimento das plantas forrageiras, onde o tratamento em que há omissão do fósforo comumente revela produções de matéria seca inferiores ao tratamento que recebe adubação completa (MONTEIRO et alii, 1983d; COLOZZA & WERNER, 1984; CARRIEL et alii, 1984; PAULINO et alii, 1984; COLOZZA et alii, 1986; COLOZZA et alii, 1987 e MONTEIRO et alii, 1987).

MONTEIRO et alii (1983d) trabalhando com soja-perene (*Neonotonia wightii*) plantada em seis grandes

grupos de solos, observaram que apenas no solo Latossolo Vermelho-Amarelo fase terraço (LVt) oriundo de Pindamonhangaba houve uma menor produção de matéria seca no tratamento onde se omitiu o potássio em relação ao tratamento completo. Já COLOZZA & WERNER (1984) observaram reduções significativas ($P < 0,05$) na produção de matéria seca nos tratamentos onde foi excluído o potássio para o macrotiloma e para a soja-perene cultivados em um solo coletado no do Vale do Ribeira (Podzólico Vermelho-Amarelo *intergrade* para Latossolo Vermelho-Amarelo). Observaram ainda que a centrosema (*Centrosema pubescens*) apresentou o mesmo comportamento no segundo corte, inclusive com sintomas visuais nítidos de deficiência do elemento.

PAULINO et alii (1984), em ensaio conduzido em um Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa) de Colina (SP), estudaram os efeitos da calagem, P, K, S, B, Cu, Mo, e Zn em Kudzu-tropical (*Pueraria phaseoloides*). Observaram, ao primeiro corte, que o P seguido do K, foram os elementos que mais limitaram a produção de matéria seca, quantidade total de nitrogênio e a nodulação dessa forrageira.

COLOZZA et alii (1987) ao estudarem três solos do Estado de São Paulo, observaram que o tratamento onde o potássio foi omitido apresentou redução significativa ($P < 0,05$) na massa nodular da leguminosa (galaxia) apenas para o solo Areia Quartzosa proveniente de Brotas.

MONTEIRO et alii (1987) trabalhando com siratro (*Macroptilium atropurpureum*) cultivado em quatro grandes grupos de solos, verificaram teores de potássio considerados deficientes para essa leguminosa, quando não foi aplicado adubo potássico nos solos estudados, sugerindo que cuidados especiais devem ser considerados quanto à inclusão do potássio na adubação, principalmente em solos com baixos teores desse nutriente.

Para SOUZA et alii (1987), os efeitos da acidez do solo e da calagem, no desenvolvimento das culturas, são variáveis entre espécies e mesmo entre variedades ou ecótipos dentro da mesma espécie, existindo plantas com mecanismos de tolerância que conseguem um bom desenvolvimento radicular, mesmo em solos ácidos.

Ensaio subtrativos conduzidos em solos oriundos de Brotas, Pindamonhangaba e Nova Odessa (que apresentavam baixos teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} e elevados níveis de Al^{+3} trocável) revelaram significativa ($P < 0,05$) redução na produção de matéria seca, nodulação e quantidade de nitrogênio pelas plantas estudadas (galaxia, soja-perene e siratro), no tratamento onde foi omitida a calagem (MONTEIRO et alii, 1983d; MONTEIRO et alii, 1987 e COLOZZA et alii, 1987). Plantas de siratro, galaxia e soja-perene apresentaram sintomas de toxidez por manganês nos tratamentos onde foi omitida a calagem.

McCLUNG et alii (1958) conduziram um experimento exploratório com solos originários de São Paulo e Goiás, e observaram que a deficiência de fósforo, foi o principal fator limitante para o estabelecimento das plantas forrageiras estudadas (capim-pangola (*Digitaria decumbens*), capim-jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), soja-perene e alfafa). Verificaram também que a omissão da calagem resultou na redução de produção de matéria seca da soja-perene e da alfafa.

COLOZZA et alii (1986) trabalhando com centrosema e MONTEIRO et alii (1987) pesquisando o siratro em ensaios subtrativos, observaram que a inclusão de enxofre na adubação para os solos estudados proporcionou maiores benefícios à massa nodular do que à produção de matéria seca.

MONTEIRO et alii (1983c) realizaram um experimento em casa-de-vegetação com um solo Areia Quartzosa (AQ) originário de Brotas (São Paulo), podendo observar que a produção de matéria seca, quantidade total de nitrogênio e nodulação do siratro era significativamente ($P < 0,05$) inferior nos tratamentos onde havia carência de enxofre. Também concluíram que as respostas aos níveis de gesso, para essas três variáveis, seguiram uma equação de segundo grau cujos pontos de máximo devem ocorrer entre 76 e 86 kg de S/ha.

MONTEIRO et alii (1983a) e MONTEIRO et alii (1983b) pesquisando os efeitos da aplicação de micronutrientes e de níveis de calagem em quatro leguminosas forrageiras tropicais num solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras álico, de Nova Odessa, verificaram que entre os micronutrientes, o molibdênio foi o que apresentou respostas mais favoráveis para as leguminosas testadas (soja-perene, centrosema, siratro e galaxia cv. comum), e seus efeitos somente ocorreram quando se aplicou calcário. Observaram que a calagem resultou em variações na composição mineral das leguminosas e que a adubação conjunta de B, Cu e Zn revelou efeitos positivos apenas para o siratro, e quando em presença da maior dose de calcário empregada.

MIRANDA (1979) pesquisando os efeitos de micronutrientes aplicados em conjunto (B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn) pode observar que a ausência dos micronutrientes originou um decréscimo na produção de matéria seca bem como nos teores de boro e cobre na galaxia cv. comum nos dois solos utilizados (Areia Quartzosa distrófica de São Pedro e Podzólico Vermelho-Amarelo de Araçatuba).

COLOZZA & WERNER (1984) trabalhando com um ensaio subtrativo verificaram que a omissão de Mo provocou significativa ($P < 0,05$) redução na produção de matéria seca e quantidade total de nitrogênio para a soja-perene apenas no segundo corte num solo originário do Vale do Ribeira. Utilizando o mesmo tipo de ensaio, COLOZZA et alii (1986)

verificaram que a ausência do molibdênio reduziu a produção de matéria seca e a fixação de nitrogênio da centrosema cultivada num Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa (LEa) proveniente de Colina.

MONTEIRO et alii (1983d) cultivando soja-perene em um experimento utilizando a técnica de diagnose por subtração, observaram que a não aplicação dos micronutrientes B, Cu e Zn (em conjunto) resultou em reduções significativas ($P < 0,05$) na produção de matéria seca e nodulação das plantas cultivadas em solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras (PVls) proveniente de Nova Odessa. Para o mesmo experimento a omissão do Mo proporcionou redução significativa ($P < 0,05$) na produção de matéria seca e na quantidade de nitrogênio total da planta somente no solo Latossolo Vermelho-Escuro (LEa) oriundo de Colina.

MONTEIRO et alii (1987) verificaram que a aplicação de Mo provocou aumentos significativos ($P < 0,05$) sobre a produção de matéria seca, porcentagem e quantidade total de nitrogênio do siratro cultivado em quatro solos originários de diferentes localidades. Os mesmos autores sugerem que deficiências de cobre e zinco podem ocorrer no siratro se esses micronutrientes não forem aplicados aos solos Areias Quartzosas, de Brotas e Podzolizado de Lins e Marília-variação Lins, de Mirassol.

COLOZZA et alii (1987) conduziram um experimento com galaxia cv. comum cultivada em solos de três lo-

calidades do Estado de São Paulo utilizando a técnica de diagnose por subtração, concluindo que a omissão de Zn, acompanhada de calagem, resultou em teores do micronutriente considerados deficientes para a planta. Verificaram ainda que a não aplicação de Mo na adubação em solos Areia Quartzosa (AQ) de Brotas e Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa (LEa) de Colina provocou redução expressiva na quantidade total de nitrogênio na leguminosa.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

O experimento em vasos foi realizado em casa-de-vegetação do Instituto de Zootecnia, localizado na Estação Experimental Central, em Nova Odessa, Estado de São Paulo.

3.2. Espécies forrageiras

Foram estudadas as seguintes leguminosas forrageiras tropicais:

Galactia striata (Jacq) Urb. cv. Yarana IZ-3 (galaxia);

Macrotyloma axillare (E. Mey) Verdc. cv. Guatá IZ-4 (macrotiloma ou dólicos).

3.3. Solo

3.3.1. Classificação

O solo utilizado no experimento é um Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa, do Município de Nova Odessa (Estado de São Paulo). O solo foi retirado de uma profundidade de 0-30 cm, posteriormente colocado a secar à sombra, homogeneizado e passado em peneira com malha de 3mm.

3.3.2. Análise química

Do solo coletado foram retiradas amostras de modo aleatório que serviram para realização de análises. Na análise química foram constatados: matéria orgânica = 2,7%; pH em CaCl_2 0,01 Molar = 3,85; fósforo = $10,7 \mu\text{g}/\text{cm}^3$; hidrogênio + alumínio = 4,34 ; alumínio = 0,7; cálcio = 0,22 ; magnésio = 0,07 e potássio = 0,19 meq./ 100cm^3 de T.F.S.A.. A saturação por bases (V%) do solo original estava em 10%.

3.4. Delineamento experimental

Empregou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com onze tratamentos e quatro repetições, de forma independente para cada uma das espécies.

3.5. Tratamentos

Cada experimento contou com os seguintes tratamentos:

1. Completo (com P, K, S, B, Cu, Zn, Mo e corretivo);
2. Omissão de corretivo;
3. Omissão de P;
4. Omissão de K;
5. Omissão de S;
6. Omissão de B;
7. Omissão de Cu;
8. Omissão de Zn;
9. Omissão de Mo;
10. Completo com aplicação de corretivo para $V=60\%$;
11. Testemunha.

Os tratamentos 1, 2 e 10 permitiram estudar os efeitos da saturação por bases sobre o desempenho das forrageiras. No tratamento 2 não houve aplicação de corretivo, permanecendo com 10% de saturação por bases. Os tratamentos 1 e 10 receberam corretivo para atingir os valores

de 40% e 60% de saturação por bases, respectivamente. Os tratamentos de 3 a 9, também receberam corretivo para $V=40\%$. Tratamentos com os micronutrientes Mn, Cl e Fe não foram incluídos, já que pesquisas realizadas nesse solo não evidenciaram baixos teores dos mesmos.

3.6. Preparo dos vasos e aplicação do corretivo

Foram empregados vasos de cerâmica pintados internamente com tinta impermeabilizante. Em cada vaso, foi colocado um saco plástico contendo cinco quilos de terra.

A aplicação do corretivo foi efetuada em 24.11.88, seguindo-se os cálculos para elevar a saturação por bases dos solos (V%) a 40% nos tratamentos 1 a 9 (exceto o 2), e 60% no tratamento 10, usando-se os reagentes puros CaO e MgO na proporção de 2:1, correspondendo a um calcário dolomítico contendo 30% de CaO e 15% de MgO (portanto com um equivalente em CaCO_3 de 90,9%).

O cálculo da necessidade de calcário levou ao emprego de CaO e MgO correspondentes a 1,6 toneladas do corretivo por hectare nos tratamentos 1 a 9 (exceto o 2) e 2,64 no tratamento 10, o que correspondeu, respectivamente, ao emprego de 0,96 gramas de CaO e 0,48 gramas de MgO em cada vaso dos tratamentos 1 a 9 (exceto o 2) e 1,58 gramas de CaO e 0,79 gramas de MgO no tratamento 10.

Após a mistura do corretivo, os solos receberam água deionizada até próximo da capacidade de campo, permanecendo incubados por 56 dias até o plantio.

3.7. Plantio, adubação, irrigação, desbastes e inoculação

As doses dos nutrientes foram definidas considerando a análise química do solo e foram as seguintes: P = 80 kg/ha, K = 100 kg/ha, S = 30 kg/ha, B = 0,5 kg/ha, Cu = 2 kg/ha, Zn = 2 kg/ha, Mo = 0,25 kg/ha.

Em 19.01.89 procedeu-se ao plantio das forrageiras nos vasos, em sulcos com 1 a 2 centímetros de profundidade e colocando-se 25 sementes de macrotiloma e 25 sementes de galaxia nos vasos respectivos. As sementes foram escarificadas mecanicamente antes da semeadura.

Os nutrientes foram aplicados na forma de solução diluída momentos após o plantio, nos respectivos tratamentos e sob a forma dos seguintes reagentes analíticos: a) Adubação Completa: KH_2PO_4 (703 mg/vaso), Na_2SO_4 (266 mg/vaso), H_3BO_3 (5,72 mg/vaso), $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (10,73 mg/vaso), ZnCl_2 (8,34 mg/vaso), e $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (1,26mg/vaso).

b) Os tratamentos de omissão de um nutriente não receberam somente o reagente em que o mesmo estava presente. Nos tratamentos com omissão do fósforo e com omissão

do potássio, não foi empregado o reagente KH_2PO_4 , mas sim KCl (381 mg/vaso) e $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (713 mg/vaso), respectivamente.

Foi aplicado KCl depois do primeiro corte nos vasos das duas forrageiras (com exceção dos tratamentos 4 e 11), na ordem de 120 mg/vaso e 150 mg/vaso de K para o macrotiloma e galaxia, respectivamente.

Após o plantio e durante todo o período de cultivo das leguminosas, os vasos foram irrigados diariamente com água deionizada, para manter o solo próximo à capacidade de campo.

Após a germinação das sementes foram efetuados sucessivos desbastes até a permanência de 5 plantas por vaso.

Logo após a emergência das plantas foi feita a inoculação com *Bradirhizobium*. As estirpes empregadas nos vasos onde a galaxia estava sendo cultivada foram a SMS-138 e SMS-300, e nos vasos contendo macrotiloma foram inoculadas as estirpes SMS-138, SMS-292 e SMS-633. O inoculante com essas estirpes foi fornecido pela Seção de Microbiologia do Solo do Instituto Agronômico de Campinas.

3.8. Colheitas

As duas forrageiras sofreram dois cortes no experimento. Em 06.03.89, 46 dias após o plantio procedeu-

se ao primeiro corte do macrotiloma. A galaxia teve o seu primeiro corte em 14.03.89, 54 dias após o plantio.

O segundo e último corte do macrotiloma e da galaxia foram executados, respectivamente, em 05.04.89 (30 dias após o primeiro corte) e em 08.05.89 (55 dias após o primeiro corte).

Depois do corte final de cada espécie, as raízes foram separadas do solo através de jatos de água corrente. Os nódulos foram destacados das raízes e contados. As raízes foram lavadas com água e deionizada.

Todo o material colhido (parte aérea, raízes e nódulos) sofreu secagem por 48 horas a 65°C em estufa de circulação forçada de ar. Posteriormente a parte aérea, as raízes e os nódulos foram pesados separadamente.

O material da parte aérea e das raízes de cada vaso foi moído em separado em moinho tipo Wiley e acondicionado em frascos de vidro fechados com tampa plástica.

3.9. Análises químicas das plantas

Após o primeiro corte, a parte aérea colhida foi amostrada para determinações de porcentagem de nitrogênio na matéria seca (pelo método semimicro Kjeldahl), fósforo (método colorimétrico com Vanado-molibdato de amônio após digestão nítrico-perclórica), Ca, Mg, K, S, Cu, Fe, Mn

e Zn (por espectrofotometria de absorção atômica após digestão nítrico-perclórica) e B (pelo método da curcumina). As análises citadas foram realizadas no Laboratório de Análises Minerais do Instituto de Zootecnia de Nova Odessa.

3.10. Amostragens de solo

Um dia antes do plantio das leguminosas (em 18.01.89), efetuou-se uma amostragem de solos, retirando-se com uma espátula de aço inox, pequenas porções de solo dos vasos que receberam igual quantidade de corretivo. Assim, foram coletadas três amostras constituídas por: vasos sem correção; os que receberam correção para elevar a saturação por bases a 40% e os vasos com correção para elevar a saturação por bases a 60%.

Após o corte e remoção da parte aérea da planta no segundo corte e antes da lavagem das raízes, realizou-se outra amostragem de solo. As amostras foram retiradas vaso por vaso com auxílio de espátulas de aço inox, unindo-se as subamostras dos blocos A com B e C com D, resultando em 2 amostras por tratamento a serem analisadas. Dessa forma, foram coletadas vinte e duas amostras para cada uma das espécies forrageiras.

3.11. Análises químicas de solos

Com as amostras de solo, o autor realizou as seguintes determinações: porcentagem de matéria orgânica; pH em CaCl_2 0,01M; alumínio, cálcio, magnésio e potássio trocáveis e fósforo solúvel (RAIJ et alii, 1987), e acidez potencial (RAIJ & QUAGGIO, 1983). Estas análises foram realizadas nas dependências do Instituto de Zootecnia de Nova Odessa.

3.12. Análises estatísticas

Foram realizadas as seguintes análises:

- Análise da variância dos dados referentes a produção de matéria seca da parte aérea (em cada um dos dois cortes) e das raízes, do peso de nódulos secos, dos teores de nutrientes (em cada um dos dois cortes) e quantidade total de nitrogênio na parte aérea das plantas (para cada um dos dois cortes);

- Comparação das médias pelo teste de Tukey, nos casos de significância ($p < 0,05$) do teste F para tratamentos;

- Análises de regressão para os níveis de saturação por bases.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeitos químicos do corretivo no solo

Os resultados das análises químicas das amostras de solo coletadas nos vasos um dia antes do plantio e ao final do experimento (nas respectivas datas do segundo corte para as duas espécies), são apresentadas na Tabela 1. A Tabela 1 demonstra que a correção que resultou em aumento da porcentagem de saturação por bases provocou paralelamente elevações do pH, do $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ trocáveis e da soma por bases (S). Os níveis de correção apresentaram relação inversa com a capacidade de troca de cátions (T),

Tabela 1. Análises químicas do solo, em amostras tomadas 54 dias após a aplicação dos corretivos (e antes do plantio das leguminosas) e em amostras coletadas no dia da colheita final de cada leguminosa forrageira.

Espécie e época de amostragem	Tratamento	M.O.	pH	P	Al+3 Ca+2 Mg+2 K+ H+Al S T							vb	mc
					% CaCl2	ppm	equivalentes-miligrama por 100ml T.F.S.A.						
Antes do plantio	Sem correção	2,08	3,75	3,72	1,3	0,23	0,14	0,14	4,5	0,51	5,01	10,2	71,8
	Cor. p/ V=40%	2,13	4,22	4,34	0,6	0,90	0,40	0,12	3,1	1,42	4,52	31,4	29,7
	Cor. p/ V=60%	2,11	4,61	3,72	0,2	1,40	0,70	0,12	2,2	2,22	4,42	50,2	8,3
Macrotiloma na colheita	Sem correção	2,10	3,74	4,34	1,2	0,27	0,13	0,26	5,8	0,66	6,46	10,2	64,5
	p/ V=40%	2,13	4,05	4,96	0,6	0,70	0,41	0,22	4,5	1,33	5,83	22,8	31,1
	p/ V=60%	2,10	4,41	4,34	0,3	0,90	0,61	0,17	3,6	1,68	5,28	31,8	15,2
Galaxia na colheita	Sem correção	2,06	3,76	5,58	1,2	0,16	0,12	0,22	5,2	0,50	5,70	8,8	70,6
	p/ V=40%	2,09	3,97	4,96	0,7	0,41	0,34	0,20	4,5	0,95	5,45	17,4	42,4
	p/ V=60%	2,05	4,21	4,96	0,5	0,61	0,52	0,15	4,0	1,28	5,28	24,2	28,1

a. Amostras retiradas com 131 e 154 dias após a correção, respectivamente, para o macrotiloma e a galaxia. Médias de duas repetições.

b. Calculado pela fórmula $100 \times S/T$;

c. Calculado pela fórmula $100 \times Al/(S+Al)$.

provavelmente devido à grande contribuição da acidez potencial nos tratamentos "sem correção" e "correção" para atingir $V=40\%$. Houve redução nos valores de alumínio e hidrogênio trocáveis, bem como na porcentagem de saturação por alumínio (m) com aumento dos níveis de $V\%$. Verifica-se que ao aplicar a maior dose de corretivo (2,64 toneladas por hectare) objetivando alcançar 60% de saturação por bases, o solo atingiu valores máximos de 4,61 e 50,2 para pH em CaCl_2 e saturação por bases, respectivamente.

Verifica-se que o alumínio trocável do solo foi consideravelmente reduzido com o maior nível de corretivo empregado. MONTEIRO et alii (1983a) encontraram as mesmas tendências, realçando a importância da calagem para a redução da concentração do alumínio trocável. A Tabela 1 revela que antes do plantio, os valores para a porcentagem de saturação por alumínio eram de 71,8, 29,7 e 8,3% de acordo com os níveis de correção.

Os resultados da análise química das amostras coletadas no dia da colheita, demonstram haver pequenas variações entre os dados obtidos para as duas plantas estudadas, ressaltando-se que a galaxia permaneceu maior tempo nos vasos. Os níveis de alumínio trocável ficaram acima de 0,5 meq./100ml de solo para os vasos que receberam corretivo para elevar a saturação por bases a 40%. Segundo WERNER (1977) este seria o valor crítico para o elemento no solo para não afetar o normal desenvolvimento da maioria

das leguminosas forrageiras tropicais. O autor também cita que os cátions cálcio e magnésio devem totalizar mais de 1 meq./100ml de solo, e valores abaixo deste seriam críticos para o cultivo de leguminosas tropicais.

A Tabela 1 revela que antes do plantio o solo apresentava valores adequados de cálcio e magnésio quando realizou-se a correção, valores estes que decresceram pelo cultivo das leguminosas, principalmente no caso da galaxia cv. Yarana.

MONTEIRO et alii (1983a) atingiram valores considerados adequados de cálcio e magnésio em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo após aplicarem 1,66 toneladas por hectare. Entretanto a extração dos mesmos pelas plantas resultou em decréscimos das bases trocáveis por ocasião da colheita. Os mesmos autores somente observaram menor concentração de alumínio livre com o maior nível de calagem (2,49 toneladas por hectare), ocasião em que o pH do solo em água era de 5,6.

Na Figura 1 podem ser observadas as variações ocorridas no pH em CaCl_2 , Al^{+3} , e $\text{Ca}^{+2}+\text{Mg}^{+2}$ trocáveis, e porcentagem de saturação por alumínio, em função das correções que objetivaram alcançar diferentes porcentagens de saturação por bases nos solos por ocasião do plantio das leguminosas. Com $V=10,18\%$ de saturação por bases (o que equivale ao solo incubado sem correção), obteve-se antes do plantio um pH em $\text{CaCl}_2= 3,75$; Al^{+3} trocável= 1,3; $\text{Ca}^{+2}+\text{Mg}^{+2}$

Legenda:

- * = pH
- ☆ = Ca+Mg
- = Al
- ⊕ = m%

Fig. 1. Relação entre pH em CaCl_2 , Al^{+3} , $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$, e saturação por alumínio (m%), com os níveis de saturação por bases do solo (V%), em amostras coletadas um dia antes do plantio.

trocáveis= 0,37 equivalentes miligrama por 100 mililitros de solo e $m=71,8\%$. Também verifica-se que com $V=31,4\%$ (equivalendo à correção feita para atingir 40% de saturação por bases) os valores para pH, alumínio, cálcio e magnésio trocáveis e saturação de alumínio eram, respectivamente, de 4,22, 0,6, 1,3 e 29,7. Seguindo essa sequência, nota-se que os valores destas variáveis para a correção mais alta (correspondendo ao alcance efetivo de $V=50,23\%$) foram os seguintes: 4,61, 0,2, 2,1 e 8,3.

A Tabela 2 traz os resultados das análises do solo após a colheita das leguminosas. Nota-se que o tratamento que recebeu todas as adubações apresentou os maiores níveis de nutrientes, menor acidez e menor teor de alumínio trocável. A não aplicação de corretivo junto com as adubações resultou na maior concentração em alumínio, menor saturação por bases e menores quantidades de cálcio e magnésio trocáveis no solo. No tratamento em que não se aplicou o fósforo verificou-se baixa concentração do nutriente no solo, o mesmo ocorrendo com o potássio de forma acentuada.

Tabela 2. Análises químicas do solo em amostras tomadas no dia da colheita final das leguminosas^a.

Espécie	Tratamento	M.O. %	pH	P ppm	Al ³⁺ Ca ⁺² Mg ⁺² K ⁺ H+Al S T							v ^b %	m ^c %
					equivalentes-miligrama por 100ml T.F.S.A.								
Macrotiloma	Completo	2,13	4,05	4,96	0,6	0,70	0,41	0,22	4,5	1,33	5,83	22,8	31,1
	Omissão de Cor.	2,10	3,74	4,34	1,2	0,27	0,13	0,26	5,8	0,66	6,46	10,2	64,5
	Omissão de P	2,10	4,21	3,72	0,6	0,70	0,48	0,36	4,0	1,54	5,54	27,8	28,0
	Omissão de K	2,07	4,17	4,96	0,6	0,90	0,61	0,07	4,2	1,58	5,78	27,3	27,5
	Omissão de S	2,13	4,07	4,96	0,6	0,47	0,32	0,16	4,5	0,95	5,45	17,4	38,7
	Omissão de B	2,12	4,11	4,34	0,6	0,86	0,48	0,19	4,5	1,53	6,03	25,4	28,2
	Omissão de Cu	2,04	4,05	4,96	0,6	0,61	0,38	0,21	4,5	1,20	5,70	21,1	33,3
	Omissão de Zn	2,07	4,07	4,96	0,7	0,47	0,38	0,16	4,5	1,01	5,51	18,3	40,9
Galaxia	Omissão de Mo	2,06	4,09	4,34	0,6	0,47	0,38	0,23	4,5	1,08	5,58	19,4	35,7
	Testemunha	2,07	3,71	3,72	1,3	0,31	0,17	0,09	6,1	0,57	6,67	8,6	69,5
	Completo	2,09	3,97	4,96	0,7	0,41	0,34	0,20	4,5	0,95	5,45	17,4	42,4
	Omissão de Cor.	2,06	3,76	5,58	1,2	0,16	0,12	0,22	5,2	0,50	5,70	8,8	70,6
	Omissão de P	2,05	4,17	3,72	0,5	0,49	0,37	0,31	4,2	1,17	5,37	21,8	29,9
	Omissão de K	2,10	4,05	4,96	0,7	0,39	0,32	0,06	4,7	0,77	5,47	14,1	47,6
	Omissão de S	2,04	4,04	4,96	0,7	0,41	0,32	0,20	4,5	0,93	5,43	17,1	42,9
	Omissão de B	2,04	4,02	4,96	0,8	0,33	0,27	0,22	4,5	0,82	5,32	15,4	49,4
	Omissão de Cu	2,01	4,01	5,58	0,7	0,33	0,23	0,22	4,5	0,78	5,28	14,8	47,3
	Omissão de Zn	2,13	4,02	4,96	0,7	0,39	0,27	0,23	4,5	0,89	5,39	16,5	44,0
	Omissão de Mo	2,14	4,00	5,58	0,8	0,33	0,32	0,24	4,5	0,89	5,39	16,5	47,3
	Testemunha	2,07	3,75	3,72	1,3	0,14	0,12	0,10	5,8	0,36	6,16	5,8	78,3

a. Amostras retiradas com 131 e 154 dias após a correção, respectivamente, para o macrotiloma e a galaxia. Médias de duas repetições.

b. Calculado pela fórmula $100 \times S/T$;

c. Calculado pela fórmula $100 \times Al/(S+Al)$.

4.2. Efeito da correção nas leguminosas

4.2.1. Macrotiloma cv. Guatá

Os resultados obtidos para a produção de matéria seca, quantidade de nitrogênio total, nodulação e teores de macronutrientes e micronutrientes no macrotiloma cv. Guatá, em função das porcentagens de saturação por bases atingidas no solo, são apresentados nas Tabelas 3, 4, 5 e 6. As Tabelas 7 e 8 apresentam as equações para as regressões significativas ($P < 0,05$).

Na Tabela 3 pode-se verificar que, na ocasião do primeiro corte do experimento, a produção de matéria seca e a quantidade de nitrogênio total do macrotiloma foram linear e significativamente ($P < 0,01$ e $P < 0,05$, respectivamente) aumentados com o aumento na saturação por bases (Tabela 7).

Quando não foi aplicado corretivo nos vasos, a produção de matéria seca ficou em torno de 88% e 73% daquelas produções obtidas com as calagens para elevar a saturação por bases respectivamente a 40% e 60%. Verificou-se uma tendência de diminuição na porcentagem de nitrogênio no macrotiloma com o aumento dos níveis de correção, no primeiro corte, porém este não foi significativo ao nível de 5% (Tabela 3).

A ausência de correção representou um decréscimo de aproximadamente 4% na quantidade de nitrogênio total na planta no primeiro corte, em relação à correção para atingir 40% de saturação por bases. Ao ser comparado com a correção para 60% de saturação por bases, verifica-se

Tabela 3. Produção de matéria seca (M.S.), porcentagem de nitrogênio e quantidade de nitrogênio total da parte aérea no 1º corte do macrotiloma, em função dos níveis de V%.

Saturação por bases (%)	M.S. (g/vaso)	N %	N total (mg/vaso)
10,18	4,37	2,42	103
31,42	4,97	2,20	107
50,23	6,01	1,95	118
Reg.linear ^a	**	ns	*
Reg.quadr.	ns	ns	ns

a.* e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo ($P > 0,05$).

Tabela 4. Produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio, quantidade de nitrogênio total e nodulação no 2º corte do macrotiloma (30 dias após o 1º corte), em função dos níveis de V%.

Saturação por	M.S. (g/vaso)			N %			N total (mg/vaso)			Nodulação	
	parte		planta	parte		aérea	parte		planta	no/	mg/
	aérea	raízes	inteira	aérea	raízes	raízes	aérea	raízes	inteira	vaso	vaso
10,18	4,84	1,01	5,85	1,90	2,05	90	21	111	177	258	
31,42	9,48	1,39	10,87	2,42	2,13	229	30	259	224	426	
50,23	9,97	1,53	11,50	2,36	2,00	235	31	266	255	463	
Reg. linear a	**	*	**	*	ns	**	*	**	ns	**	
Reg. quadr.	*	ns	*	ns	*	**	ns	**	ns	ns	

a. * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Médias de 12 dados iniciais.

ns = não significativo ($P > 0,05$).

que a falta de correção representou cerca de menos 15% de nitrogênio na planta.

Os valores obtidos no segundo corte do macrotiloma e apresentados na Tabela 4, revelam que o aumento na porcentagem de saturação por bases influiu positivamente na produção de matéria seca, na quantidade de nitrogênio total e na nodulação dessa leguminosa, resultando em regressões significativas ($P < 0,05$, Tabela 8).

A produção de matéria seca da parte aérea, na ausência de correção ($V=10,18\%$), representou aproximadamente 51% da produção de matéria seca alcançada onde a correção atingiu 31,42% de saturação por bases, e 48% da produção alcançada nos vasos com $V=50,23\%$. A correção mais elevada representou um acréscimo de cerca de 5% na produção de matéria seca em relação à correção para atingir 40% de saturação por bases. Também houve um aumento significativo ($P < 0,05$) na produção de matéria seca das raízes do macrotiloma, com o aumento da saturação por bases.

O efeito benéfico do cálcio para o desenvolvimento radicular pode ser evidenciado verificando-se que aos níveis de $V=31,42\%$ e $V=50,23\%$, têm-se aumentos respectivos de 37,6% e 51,5% na produção de matéria seca das raízes do macrotiloma em relação à quantidade de raízes ao nível de $V=10,18\%$.

A planta apresentou aumentos significativos ($P < 0,05$) no seu conteúdo de nitrogênio com o aumento da

Tabela 5. Teores de potássio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre, ferro, manganês, boro, zinco e cobre na parte aérea no 1º corte do macrotiloma em função do V%.

Saturação	K	Ca	Mg	P	S	Fe	Mn	B	Zn	Cu
por bases %	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
10,18	2,01	0,50	0,19	0,16	0,09	134	597	40	42	3,8
31,42	1,69	0,56	0,32	0,16	0,09	108	177	32	24	2,5
50,23	1,55	0,56	0,36	0,16	0,10	113	99	30	18	3,5
Reg. linear	**	ns	**	ns	ns	*	**	**	**	ns
Reg. quadr.	ns	ns	*	ns	ns	*	**	ns	ns	ns

a.* e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo ($P > 0,05$).

Tabela 6. Teores de potássio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre, ferro, manganês, boro, zinco e cobre na parte aérea no 2º corte do macrotiloma (com 30 dias após o 1º corte), em função do V%.

Saturação	K	Ca	Mg	P	S	Fe	Mn	B	Zn	Cu
por bases %	%	%	%	%	%	%	%	ppm	%	%
10,18	1,95	0,46	0,18	0,17	0,14	98	697	54	60	11
31,42	1,67	0,53	0,21	0,15	0,05	88	193	33	36	10
50,23	1,60	0,58	0,23	0,15	0,09	88	112	38	28	11
Reg.lineara	ns	ns	*	ns	**	ns	**	**	**	ns
Reg.quadr.	ns	ns	ns	ns	**	ns	*	**	ns	ns

a.* e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo ($P > 0,05$).

porcentagem de saturação por bases (Tabelas 3 e 8). Considerando a quantidade total de nitrogênio contido na planta na omissão de correção, nota-se que esse aumento representa cerca de 2,5 vezes a mais para a correção feita para atingir $V=40\%$, e 2,6 vezes superior no caso da correção para atingir $V=60\%$.

Quanto à nodulação do macrotiloma, notou-se não haver diferença significativa ($P>0,05$) quanto ao número de nódulos entre os níveis de correção. Na ausência de correção ($V=10,18\%$), o peso total dos nódulos representou aproximadamente 53% do total alcançado com a correção mais elevada ($V=50,23\%$). A aplicação de corretivo para $V=40\%$ proporcionou uma produção de 92% de peso total de nódulos em relação à correção mais alta.

O teor de magnésio no macrotiloma, no material colhido no primeiro e no segundo corte (Tabelas 5 e 6), aumentou à medida que se elevou a dosagem do corretivo.

Com o emprego dos níveis de correção, os teores de potássio no macrotiloma (Tabela 5) diminuíram significativamente ($P<0,01$) apenas no primeiro corte. Essa queda nos teores de potássio com a correção, tem sido citada em trabalhos envolvendo leguminosas forrageiras (JONES & FREITAS, 1970; KOLLING et alii, 1976; MIRANDA, 1979; MONTEIRO et alii, 1983a; MONTEIRO et alii, 1983b e COLOZZA & WERNER, 1984).

O emprego de corretivo fez reduzir as concentrações de manganês, boro e zinco nos dois cortes do macrotiloma e ferro e cobre no primeiro corte (Tabelas 5 e 6). O teor de manganês no macrotiloma esteve em 597 ppm no primeiro corte e 697 ppm no segundo, na ausência de correção. Esses teores reduziram 3,4 vezes e 3,6 vezes com a correção para V=40%, para o primeiro e segundo cortes, respectivamente. Da mesma forma, a correção para V=60%, provocou reduções de 6 e 6,2 vezes (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7. Equações de regressão^a encontradas entre as variáveis estudadas no macrotiloma e as saturações por bases utilizadas (10,18%; 31,42% e 50,23%) por ocasião do 1º corte.

Variável estudada	Equação de regressão
Matéria seca-p.a.	$Y = 3,866 + 0,041X$
Quantidade de N total-p.a.	$Y = 98,442 + 0,361X$
Teor de potássio-%	$Y = 2,099 - 0,011X$
Teor de magnésio-%	$Y = 0,098 + 0,010X - 0,0001X^2$
Teor de ferro-ppm	$Y = 158,93 - 2,809X + 0,038X^2$
Teor de manganês-ppm	$Y = 923,281 - 36,058X + 0,391X^2$
Teor de boro-ppm	$Y = 41,651 - 0,253X$
Teor de zinco-ppm	$Y = 46,42 - 0,604X$

a. Y é o valor para a variável estudada, X é a porcentagem de saturação por bases encontrada.

Tabela 8. Equações de regressão^a encontradas entre as variáveis estudadas no macrotiloma e as saturações por bases utilizadas (10,18%; 31,42% e 50,23%) por ocasião do 2º corte.

Variável estudada	Equação de regressão
Matéria seca-p.a.	$Y = 1,048 + 0,418X - 0,005X^2$
Matéria seca-raiz	$Y = 0,913 + 0,013X$
Matéria seca-planta int.	$Y = 1,832 + 0,447X - 0,005X^2$
Teor de nitrogênio-p.a.-%	$Y = 1,867 + 0,012X$
Teor de nitrogênio-raiz-%	$Y = 1,924 + 0,015X - 0,0003X^2$
Quantidade de N total-p.a.	$Y = -27,564 + 13,105X - 0,157X^2$
Quantidade de N total-raiz	$Y = 19,257 + 0,250X$
Quantidade da N total-pl.int.	$Y = -14,055 + 13,901X - 0,166X^2$
Nodulação-mg/vaso	$Y = 223,51 + 5,187X$
Teor de magnésio-%	$Y = 0,164 + 0,001X$
Teor de enxofre-%	$Y = 0,219 - 0,01X + 0,001X^2$
Teor de manganês-ppm	$Y = 1093,746 - 43,941X + 0,486X^2$
Teor de boro-ppm	$Y = 72,730 - 2,192X + 0,03X^2$
Teor de zinco-ppm	$Y = 66,191 - 0,808X$

a. Y é o valor para a variável estudada, X é a saturação por bases encontrada.

Apesar do alto teor de manganês no macrotiloma na ausência de correção, não foram manifestados sintomas visuais de toxidez por manganês. A correlação entre os teores desse micronutriente com o peso de nódulos foi negativa

Legenda:

- * = *Matéria seca 2º corte*
- = *Nódulos*
- ☆ = *Manganês 2º corte*

Fig. 2. Relação entre os teores de manganês na parte aérea, peso de nódulos e produção de matéria seca do macrotiloma, com os níveis de V%, por ocasião do segundo corte do ensaio.

e significativa ($r=-0,93^{***}$). Verificou-se que a correlação do teor de manganês com a produção de matéria seca da parte aérea (dados do segundo corte) é altamente significativa ($r=-0,97^{***}$), confirmando a limitação ao desenvolvimento da planta devido ao excesso de manganês solúvel no solo. A Figura 2 ilustra o comportamento das três variáveis, em função dos níveis de saturação por bases encontrados no solo.

4.2.2. Galaxia cv. Yarana

Os valores encontrados para a produção de matéria seca, quantidade de nitrogênio total, nodulação e teores de macronutrientes e micronutrientes na galaxia cv. Yarana, em função das porcentagens de saturações por bases atingidas no solo, são apresentados nas Tabelas 9, 10, 11 e 12. As Tabelas 13 e 14 apresentam as equações para as regressões significativas ($P<0,05$).

Verifica-se pela Tabela 9 que a produção de matéria seca e a quantidade de nitrogênio total da galaxia foram linear e significativamente ($P<0,05$) aumentados com a elevação na porcentagem de saturação por bases no solo (Tabela 13). Esses resultados vão de encontro aos publicados por MIRANDA (1979) e MONTEIRO et alii (1983b) que cultivaram a galaxia cv. comum em solos classificados como Podzólico Vermelho-Amarelo.

Tabela 9. Produção de matéria seca (M.S.), porcentagem de nitrogênio e quantidade de nitrogênio total da parte aérea no 1º corte da galaxia, em função dos níveis de V%.

Saturação por bases (%)	M.S. (g/vaso)	N %	N total (mg/vaso)
10,18	6,20	1,61	100
31,42	6,88	1,87	128
50,23	7,54	2,07	156
Reg. linear ^a	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns

a.* e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo ($P > 0,05$).

Quando não foi aplicado corretivo nos vasos, a produção de matéria seca ficou em torno de 90% e 82% em relação às produções obtidas com as calagens para elevar a porcentagem de saturação por bases, respectivamente, a 40% e 60%. Verificou-se um acréscimo significativo ($P < 0,01$) na porcentagem de nitrogênio na galaxia, no primeiro corte (Tabelas 9 e 13).

A ausência de correção representou um decréscimo de aproximadamente 22% na quantidade de nitrogênio total na planta no primeiro corte, em relação à correção para atingir 40% de saturação por bases. Ao ser comparado com a correção para 60% de saturação por bases, verifica-se que a falta de correção representou cerca de menos 36% de nitrogênio na planta. Essas informações estão de acordo com as observações de MONTEIRO et alii (1983b) e COLOZZA et alii (1987).

Os valores obtidos no segundo corte da galaxia e apresentados na Tabela 10, revelam que o aumento na porcentagem de saturação por bases influiu linear e positivamente na produção de matéria seca, na quantidade de nitrogênio total e na nodulação dessa leguminosa, resultando em regressões significativas ($P < 0,05$, Tabela 14).

A produção de matéria seca da parte aérea, na ausência de correção ($V=10,18\%$), representou aproximadamente 68% da produção de matéria seca alcançada onde a calagem atingiu 31,42% de saturação por bases, e 54% da produção alcançada nos vasos com $V=50,23\%$. A correção mais elevada representou um acréscimo de cerca de 28% na produção de matéria seca em relação à correção para atingir 40% de saturação por bases. Também houve um aumento significativo ($P < 0,01$) na produção de matéria seca das raízes da galaxia, com o aumento dos níveis de $V\%$.

Tabela 10. Produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio, quantidade de nitrogênio total e nodulação no 20 corte da galaxia (55 dias após o 10 corte), em função dos níveis de V%.

Saturação por bases %	M.S. (g/vaso)				N %				N total (mg/vaso)				Nodulação	
	parte aérea	raízes	planta inteira	parte aérea	raízes	planta inteira	parte aérea	raízes	planta inteira	parte aérea	raízes	planta inteira	no/ vaso	mg/ vaso
10,18	6,76	3,87	10,63	1,95	1,90	132	73	205	169	419				
31,42	9,88	4,55	14,43	1,96	2,07	193	94	287	339	469				
50,23	12,61	5,60	18,21	1,96	2,02	247	113	360	423	547				
Reg.lineara	**	**	**	ns	ns	**	**	**	**	*				
Reg.quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns				

a.* e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo (P>0,05).

A análise da quantidade de cálcio trocável no solo após a colheita da galaxia, revela que esta planta extraiu grande quantidade do mineral, e que este beneficia sensivelmente o crescimento radicular. Constatou-se aumentos no peso de raízes de 17,6% e 44,7%, respectivamente para os níveis de $V=31,42\%$ e $V=50,23\%$, em relação à quantidade de raízes produzidas com $V=10,12\%$.

A planta apresentou aumentos significativos ($P<0,01$) no seu conteúdo de nitrogênio com o aumento da porcentagem de saturação por bases (Tabelas 10 e 14). Considerando a quantidade total de nitrogênio contida na planta na omissão de correção, nota-se que esse aumento representa cerca de 40% a mais para a correção feita para atingir $V=40\%$, e 80% superior no caso da correção para atingir $V=60\%$.

Quanto à nodulação da galaxia, notou-se haver diferença significativa ($P<0,01$) quanto ao número de nódulos entre os níveis de $V\%$, ocorrendo uma relação direta entre as variáveis. Com a omissão de correção ($V=10,18\%$), o peso total dos nódulos representou aproximadamente 76% do total alcançado com a correção mais elevada ($V = 50,23\%$). A menor correção proporcionou uma produção de 86% de peso total de nódulos em relação à correção mais alta. Várias pesquisas com leguminosas forrageiras demonstram a importância da correção para uma nodulação efetiva (CARVALHO et alii, 1971; EIRA et alii, 1972; MONTEIRO et alii,

Tabela 11. Teores de potássio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre, ferro, manganês, boro, zinco e cobre na parte aérea no 1º corte da galaxia em função do V%.

Saturação	K	Ca	Mg	P	S	Fe	Mn	B	Zn	Cu
por bases %	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
10,18	1,60	0,79	0,17	0,11	0,10	109	528	62	31	6,0
31,42	1,62	1,27	0,32	0,11	0,09	106	99	58	24	6,0
50,23	1,70	1,43	0,40	0,13	0,10	128	63	59	18	6,5
Reg.lineara	ns	**	**	*	ns	*	**	ns	**	ns
Reg.quadr.	ns	*	*	*	ns	*	**	ns	ns	ns

a.* e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo ($P > 0,05$).

1983a; MONTEIRO et alii, 1983b e MONTEIRO et alii, 1983d).

Os teores de cálcio e magnésio na galaxia, no material colhido no primeiro e no segundo corte (Tabelas 11 e 12), aumentaram com a elevação do nível de V%, observando-se haver efeito quadrático significativo ($P < 0,05$) no primeiro corte e ($P < 0,01$, para o teor de magnésio) no segundo corte.

Com o emprego de corretivo, os teores de potássio na galaxia, no segundo corte, diminuíram significativamente ($P < 0,01$), segundo um modelo quadrático (Tabela 12).

Com o aumento nos níveis de saturação por bases, observou-se significativo ($P < 0,05$) aumento no teor de ferro da galaxia por ocasião do primeiro corte (Tabela 11). Esse aumento também pode ser observado no segundo corte, porém não foi significativo ($P > 0,05$). Houve diminuição significativa ($P < 0,05$) no teor de cobre com o aumento da saturação por bases no segundo corte.

O emprego de corretivo fez reduzir as concentrações de zinco e manganês nos dois cortes da galaxia (Tabelas 11 e 12). O teor de manganês na galaxia esteve em 528 ppm no primeiro corte e 457 ppm no segundo, na ausência de correção. Esses teores foram reduzidos de 5,3 vezes e 4,5 vezes com a correção para $V=40\%$, para o primeiro e segundo cortes respectivamente. Da mesma forma, a correção para $V=60\%$, provocou reduções altamente significativas de

Tabela 12. Teores de potássio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre, ferro, manganês, boro, zinco e cobre na parte aérea no 2º corte da galaxia (55 dias após o 1º corte), em função do V%.

Saturação	K	Ca	Mg	P	S	Fe	Mn	B	Zn	Cu
por bases %	%	%	%	%	%	%	%	ppm	%	%
10,18	1,58	0,65	0,12	0,10	0,12	116	457	54	38	7,0
31,42	1,24	0,92	0,19	0,10	0,11	117	101	50	28	5,5
50,23	1,25	1,05	0,20	0,10	0,11	124	76	48	24	4,8
Reg.lineara	**	**	**	ns	ns	ns	**	ns	**	*
Reg.quadr.	**	*	**	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns

a. * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo ($P > 0,05$).

8,4 e 6 vezes (Tabelas 13 e 14). MONTEIRO et alii (1983b) e COLOZZA et alii (1987) também identificaram o acúmulo de manganês em leguminosas forrageiras em condições de solo ácido. Apesar do alto teor de manganês na galaxia na ausência de correção, não foram evidentes os sintomas visuais de toxidez por manganês, mas a correlação entre os teores des-

Tabela 13. Equações de regressão^a encontradas entre as variáveis estudadas na galaxia e as saturações por bases utilizadas (10,18% ; 31,42% e 50,23%) por ocasião do 1º corte.

Variável estudada	Equação de regressão
Matéria seca-p.a.	$Y = 5,847 + 0,033X$
Teor de nitrogênio-p.a.-%	$Y = 1,498 + 0,011X$
Quantidade de N total-p.a.	$Y = 84,915 + 1,411X$
Teor de cálcio-%	$Y = 0,447 + 0,037X - 0,0004X^2$
Teor de magnésio-%	$Y = 0,123 + 0,006X$
Teor de fósforo-%	$Y = 0,120 - 0,001X + 0,00003X^2$
Teor de ferro-ppm	$Y = 121,678 - 1,584X + 0,034X^2$
Teor de manganês-ppm	$Y = 880,099 - 39,213X + 0,457X^2$
Teor de zinco-ppm	$Y = 34,011 - 0,316X$

a. Y é o valor para a variável estudada, X é a porcentagem de saturação por bases encontrada.

Tabela 14. Equações de regressão^a encontradas entre as variáveis estudadas na galaxia e as saturações por bases utilizadas (10,18% ; 31,42% e 50,23%) por ocasião do 2º corte.

Variável estudada	Equação de regressão
Matéria seca-p.a.	$Y = 5,279 + 0,146X$
Matéria seca-raiz	$Y = 3,363 + 0,043X$
Matéria seca-planta int.	$Y = 8,642 + 0,189X$
Quantidade de N total-p.a.	$Y = 102,710 + 2,874X$
Quantidade de N total-raiz	$Y = 63,331 + 0,979X$
Quantidade de N total-pl.int.	$Y = 166,037 + 3,853X$
Nodulação-nº/vaso	$Y = 114,759 + 6,384X$
Nodulação-mg/vaso	$Y = 380,933 + 3,181X$
Teor de potássio-%	$Y = 1,874 - 0,032X + 0,0004X^2$
Teor de cálcio-%	$Y = 0,475 + 0,019X - 0,0001X^2$
Teor de magnésio-%	$Y = 0,064 + 0,007X - 0,00007X^2$
Teor de manganês-ppm	$Y = 751,265 - 32,772X + 0,385X^2$
Teor de zinco-ppm	$Y = 41,164 - 0,366X$
Teor de cobre-ppm	$Y = 7,480 - 0,056X$

a. Y é o valor para a variável estudada, X é a porcentagem de saturação por bases encontrada.

se micronutriente com a produção de matéria seca da parte aérea (dados do segundo corte) foi negativa e significativa ($r=-0,86^{***}$). A correlação do teor de manganês com o peso de nódulos foi de $r=-0,58^*$. A Figura 3 ilustra o comportamento dessas três variáveis, em função dos níveis de V%.

Legenda:

- * = Matéria seca 2º corte
- = Nódulos
- ☆ = Manganês 2º corte

Fig. 3. Relação entre os teores de manganês na parte aérea, peso de nódulos e produção de matéria seca da galaxia, com os níveis de V%, por ocasião do segundo corte do ensaio.

4.3. Efeitos dos nutrientes nas leguminosas

4.3.1. Macrotiloma cv. Guatá

Os dados da Tabela 15 revelam que a principal limitação para a produção de matéria seca no primeiro corte foi a omissão de fósforo, representando apenas 6% da produção obtida no tratamento que recebeu adubação completa. A matéria seca produzida e a quantidade total de nitrogênio na parte aérea com a omissão de fósforo na adubação, não diferiram estatisticamente ($P > 0,05$) daqueles obtidos no tratamento testemunha, comprovando a importância da adição do fósforo para o desenvolvimento do macrotiloma.

Os vasos que não receberam apenas o fósforo, bem como os que não tiveram adição de algum nutriente, apresentaram alto teor de nitrogênio na parte aérea, revelando um efeito de concentração do elemento na planta. Esses dados estão de pleno acordo com a literatura, onde ressalta-se a importância da adubação fosfatada para o estabelecimento de leguminosas forrageiras (FRANÇA & CARVALHO, 1970; JONES & FREITAS, 1970; JONES et alii, 1970; EIRA et alii 1972; COLOZZA et alii, 1986).

O tratamento com omissão de cobre resultou, por ocasião do primeiro corte, em uma significativa ($P < 0,05$) redução no teor de nitrogênio na parte aérea do macrotiloma, embora não havendo significativa ($P > 0,05$) re-

Tabela 15. Produção de matéria seca (M.S.), porcentagem de nitrogênio e quantidade de nitrogênio total da parte aérea no 1º corte do macrotiloma, em função dos tratamentos de adubação.

Tratamento	M.S. (g/vaso)	N %	N total (mg/vaso)
Completo	4,97 a	2,20 bc	107 a
Omissão de Correção	4,37 a	2,42 b	103 a
Omissão de P	0,31 b	3,61 a	11 b
Omissão de K	5,12 a	2,00 bc	102 a
Omissão de S	5,32 a	1,86 bc	98 a
Omissão de B	5,22 a	1,86 bc	96 a
Omissão de Cu	5,57 a	1,76 c	98 a
Omissão de Zn	5,14 a	2,04 bc	102 a
Omissão de Mo	5,11 a	1,83 bc	94 a
Testemunha	0,19 b	3,93 a	7 b
Teste F ^a	**	**	**
C.V. (%)	13,1	11,2	8,5

a.* e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Valores assinalados com letras iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

dução da quantidade de nitrogênio total na parte aérea. Esse menor teor de nitrogênio provavelmente está relacionado com o efeito de diluição do nutriente devido à maior produção de matéria seca nesse tratamento.

Por ocasião do segundo corte a principal limitação ao desenvolvimento do macrotiloma continuou sendo o fósforo, cuja omissão resultou em produções de matéria seca da parte aérea e raízes semelhantes ao tratamento sem adubação (Tabela 16). A carência do fósforo também limitou a quantidade de nitrogênio na parte aérea e raízes do macrotiloma. A ausência de correção resultou em menor produção de matéria seca na parte aérea (representando 51% da produção obtida no tratamento completo), quando também foram verificadas menores quantidades de nitrogênio na parte aérea e raízes, revelando que a calagem é importante para o estabelecimento dessa forrageira em solos ácidos. Essas informações estão de acordo com os dados publicados por MUNNS & FOX (1977) e MUNNS et alii (1977).

Os dados da Tabela 16 revelam que a produção de matéria seca e a quantidade de nitrogênio total da parte aérea foram limitados pela falta de adubação potássica, quando foram detectados valores aproximados de 67% e 66% para as variáveis citadas em relação ao tratamento que recebeu todos os nutrientes.

Embora estatisticamente não significativa, o tratamento com omissão de molibdênio, apresentou tendência

Tabela 16. Produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio e quantidade de nitrogênio total no 2º corte do macrotiloma (30 dias após o 1º corte), em função dos tratamentos de adubação.

Tratamento	M.S. (g/vaso)			N %		N total (mg/vaso)		
	parte		planta inteira	parte		parte aérea	raízes	planta inteira
	aérea	raízes		aérea	raízes			
Completo	9,48 a	1,39 a	10,87 a	2,42 bc	2,13 bc	229 ab	30 a	259 a
Omissão de Cor	4,84 b	1,01 a	5,85 b	1,90 d	2,05 bc	90 d	21 b	111 c
Omissão de P	2,51 c	0,44 b	2,96 c	2,72 ab	2,24 b	67 d	10 c	77 c
Omissão de K	6,33 b	1,06 a	7,39 b	2,41 bc	2,08 bc	152 c	22 ab	174 b
Omissão de S	9,02 a	1,42 a	10,44 a	2,44 bc	2,01 c	219 ab	29 ab	248 a
Omissão de B	8,93 a	1,38 a	10,31 a	2,17 cd	2,07 bc	195 abc	28 ab	224 ab
Omissão de Cu	9,76 a	1,34 a	11,10 a	2,39 bc	2,07 bc	233 a	28 ab	261 a
Omissão de Zn	9,79 a	1,42 a	11,21 a	2,25 cd	2,11 bc	219 ab	30 a	249 a
Omissão de Mo	8,89 a	1,28 a	10,17 a	2,04 cd	1,96 c	181 bc	25 ab	206 ab
Testemunha	2,15 c	0,37 b	2,52 c	3,03 a	2,60 a	65 d	10 c	75 c
Teste Fa	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	12,7	15,8	12,5	8,0	4,15	12,7	15,2	12,3

a.* e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Valores assinalados com letras iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

à menor produção de matéria seca, menor teor de nitrogênio e menor quantidade de nitrogênio na planta (parte aérea e raízes). Respostas semelhantes foram observadas por COLOZZA & WERNER (1984) quando omitiram o molibdênio da adubação completa cultivando o macrotiloma, soja-perene e centrosema em um Podzólico Vermelho-Amarelo *intergrade* para Latossolo Vermelho-Amarelo.

Com relação a quantidade de nitrogênio total encontrada na planta, considerando os dois cortes, pode-se verificar a seguinte ordem decrescente de limitação nutricional: testemunha=fósforo>correção>potássio=molibdênio=boro (Tabela 17).

Foram observados menores número e peso de nódulos nos tratamentos testemunha e omissão de fósforo, vindo a seguir a ausência de correção e omissão de potássio como outros limitantes para a nodulação da forrageira. COLOZZA & WERNER (1984) trabalhando com essa espécie num solo Podzólico Vermelho Amarelo *intergrade* para Latossolo Vermelho-Amarelo, também verificaram limitações no desenvolvimento da planta devido à falta desses nutrientes.

O tratamento que não recebeu apenas o sal de molibdato de sódio apresentou maior número e peso de nódulos. O mesmo foi verificado por MONTEIRO et alii (1983d), cultivando soja-perene *tinaroo* em um solo Areia Quartzosa. Os dados de COLOZZA & WERNER (1984) para o macrotiloma, a centrosema e a soja-perene cultivadas em um Podzólico Ver-

Tabela 17. Quantidade de nitrogênio total da biomassa do macrotiloma (da parte aérea 1º e 2º cortes e raízes) número e peso seco dos nódulos, em função dos tratamentos de adubação.

Tratamento	N total (mg/vaso) (1º + 2º corte)	Nodulação	
	p.a. e raízes	nº/vaso	mg/vaso
Completo	366 a	224 ab	426 abc
Omissão de Cor.	214 d	177 b	258 d
Omissão de P	88 e	25 c	13 e
Omissão de K	276 c	279 a	330 cd
Omissão de S	346 ab	207 ab	385 bc
Omissão de B	320 abc	256 ab	425 abc
Omissão de Cu	358 ab	245 ab	422 abc
Omissão de Zn	352 ab	251 ab	464 ab
Omissão de Mo	300 bc	287 a	508 a
Testemunha	82 e	8 c	2 e
Teste F ^a	**	**	**
C.V. (%)	9,4	18,6	14,3

a.* e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Valores assinalados com letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 18. Teores de potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre na parte aérea no 1º corte do macrotiloma em função dos tratamentos de adubação.

Tratamento	K	Ca	Mg	P	S
	 %				
Completo	1,69b	0,56b	0,32b	0,16a	0,09a
Omissão de Cor.	2,01a	0,50b	0,19c	0,16a	0,09a
Omissão de K	0,95c	0,67a	0,41a	0,16a	0,10a
Omissão de S	1,54b	0,57b	0,31b	0,15a	0,09a
Omissão de B	1,55b	0,54b	0,31b	0,15a	0,09a
Omissão de Cu	1,53b	0,54b	0,31b	0,16a	0,08a
Omissão de Zn	1,70b	0,56b	0,33b	0,16a	0,10a
Omissão de Mo	1,60b	0,53b	0,31b	0,16a	0,10a
Teste F ^a	**	**	**	ns	ns
C.V. (%)	7,8	6,2	7,8	6,6	9,9

a.* e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Valores assinalados com letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

ns = não significativo ($P > 0,05$).

melho-Amarelo *intergrade* para Latossolo Vermelho-Amarelo coincidem com os resultados do presente trabalho. As três leguminosas apesar de terem apresentado maior peso de nódulos na ausência de molibdênio, revelaram quantidade de nitrogênio total mais elevado quando receberam esse nutriente.

A Tabela 18 apresenta os resultados das análises minerais da planta colhida no primeiro corte. Não estão presentes os resultados referentes aos tratamentos omissão de fósforo e testemunha pelo fato de a baixa produção de matéria seca do macrotiloma não ter propiciado material suficiente para a realização das análises. Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) nos teores de fósforo e enxofre mediante os tratamentos empregados.

Verificou-se maior concentração de potássio no tratamento que não recebeu correção, sendo que o tratamento que não recebeu potássio resultou em maior concentração de cálcio e magnésio na planta. A omissão de potássio resultou em menor teor deste nutriente na planta (representando apenas 58% da concentração do elemento em relação ao tratamento completo), da mesma forma que a subtração de correção resultou em uma concentração mais baixa de magnésio (com 53% da concentração do nutriente em relação ao tratamento completo). Resultados semelhantes foram encontrados por MONTEIRO et alii (1983d) cultivando soja-perene em seis solos do Estado de São Paulo e COLOZZA & WERNER

Tabela 19. Teores de ferro, manganês, boro, zinco e cobre na parte aérea no 1º corte do macrotiloma em função dos tratamentos de adubação.

Tratamento	Fe	Mn	B	Zn	Cu
	 ppm				
Completo	108 bc	177 b	32 b	24,1 b	2,5 a
Omissão de Cor.	134 a	597 a	40 a	41,8 a	3,8 a
Omissão de K	111 bc	192 b	33 b	23,8 bc	3,3 a
Omissão de S	121 ab	165 b	32 b	21,2 bc	2,5 a
Omissão de B	96 c	176 b	30 b	23,3 bc	3,0 a
Omissão de Cu	106 bc	174 b	30 b	23,6 bc	3,5 a
Omissão de Zn	124 ab	178 b	30 b	16,3 c	2,8 a
Omissão de Mo	98 c	180 b	29 b	21,0 bc	2,8 a
Teste F ^a	**	**	**	**	ns
C.V. (%)	8,4	10,4	8,4	13,3	21,5

a.* e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Valores assinalados com letras iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

ns = não significativo ($P > 0,05$).

(1984) cultivando o macrotiloma, a soja-perene e a centrosema em um Podzólico Vermelho-Amarelo *intergrade* para Latossolo Vermelho-Amarelo, concluindo haver um efeito antagônico entre o íon potássio com os íons cálcio e magnésio.

Os teores de micronutrientes contidos na parte aérea do macrotiloma por ocasião do primeiro corte são apresentados na Tabela 19. É visível o acúmulo de manganês, ferro, boro e zinco na planta em decorrência da ausência da correção. Para o manganês uma concentração de quase três vezes da observada nos vasos que receberam todos nutrientes. O acúmulo de manganês no macrotiloma devido aos baixos valores de pH do solo também foi detectado por MUNNS et alii, 1977. Verificou-se que a omissão de zinco resultou em menores quantidades do nutriente na planta, e que a falta de correção propiciou maior extração deste micronutriente.

No tratamento em que não se aplicou a correção verifica-se aumento significativo ($P < 0,05$) nos teores de ferro, boro e zinco. A maior concentração desses nutrientes na planta devido à sua maior disponibilidade no solo pela maior acidez deste, também foi verificada por MIRANDA (1979) cultivando siratro, soja-perene e galaxia cv. comum em um Podzólico Vermelho-Amarelo e em Areia Quartzosa.

Por ocasião do segundo corte verificou-se menor concentração de potássio nos tratamentos em que o nu-

Tabela 20. Teores de potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre na parte aérea no 20 corte do ma-
crotiloma (30 dias após o 10 corte) em função dos tratamentos de adubação.

Tratamento	K	Ca	Mg	P	S
	%				
Completo	1,67 b	0,53 b	0,21 bc	0,15 b	0,05 d
Omissão de Cor.	1,95 ab	0,46 b	0,18 c	0,17 ab	0,14 a
Omissão de P	2,26 a	0,80 a	0,34 a	0,11 c	0,15 a
Omissão de K	0,52 c	0,72 a	0,36 a	0,20 a	0,10 b
Omissão de S	1,65 b	0,57 b	0,22 bc	0,16 abc	0,06 cd
Omissão de B	1,58 b	0,53 b	0,21 bc	0,15 bc	0,06 d
Omissão de Cu	1,60 b	0,51 b	0,20 c	0,15 bc	0,05 d
Omissão de Zn	1,60 b	0,52 b	0,22 b	0,15 abc	0,07 cd
Omissão de Mo	1,59 b	0,53 b	0,22 b	0,15 bc	0,06 cd
Testemunha	1,99 ab	0,74 a	0,24 b	0,13 bc	0,09 bc
Teste Fa	**	**	**	**	**
C.V. (%)	10,6	7,8	7,2	12,8	15,2

a.* e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Valores assinala-
dos com letras iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 21. Teores de ferro, manganês, boro, zinco e cobre na parte aérea no 2º corte do macrotiloma (30 dias após o 1º corte) em função dos tratamentos de adubação.

Tratamento	Fe	Mn	B	Zn	Cu
	 ppm				
Completo	88 b	193 d	33 b	36 b	9,8 cd
Omissão de Cor.	98 ab	697 b	54 a	60 a	10,8 bcd
Omissão de P	112 a	367 c	60 a	59 a	12,0 ab
Omissão de K	95 ab	228 d	35 b	38 b	11,5 abc
Omissão de S	83 b	220 d	31 b	37 b	10,3 bcd
Omissão de B	83 b	213 d	30 b	36 b	10,5 bcd
Omissão de Cu	88 b	206 d	33 b	35 b	9,8 cd
Omissão de Zn	87 b	205 d	38 b	21 c	9,8 cd
Omissão de Mo	86 b	226 d	36 b	31 b	9,3 d
Testemunha	96 ab	826 a	63 a	66 a	13,3 a
Teste F ^a	**	**	**	**	**
C.V. (%)	9,7	15,4	13,5	10,6	8,4

a.* e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Valores assinalados com letras iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

triente não foi incluído nas adubações. A ausência da correção resultou, em valores absolutos, em menores teores de cálcio e magnésio e maiores de potássio e fósforo do que na adubação completa. Observou-se maior concentração de potássio, cálcio, magnésio e enxofre, nos vasos que não receberam adubação fosfatada, em relação à completa, provavelmente em consequência do efeito de diluição dos nutrientes no tratamento completo (Tabela 20). Observou-se que a relação nitrogênio:enxofre dobrou no segundo corte nos tratamentos completo e omissão de enxofre, passando de 23,9 a 48,3 e 20,4 a 40,4, respectivamente.

A Tabela 21 demonstra que o tratamento completo proporcionou um equilíbrio de nutrientes, possibilitando maior acúmulo de matéria seca (Tabela 16), havendo a diluição dos micronutrientes, e dessa forma constata-se menores teores de ferro, manganês, boro, zinco e cobre nas leguminosas que receberam todos os nutrientes. É visível o acúmulo de manganês nas plantas cultivadas no tratamento sem correção, o que teve grande contribuição no seu decréscimo de produção de matéria seca e fixação de nitrogênio atmosférico (Tabela 16). Também constata-se uma menor concentração de zinco quando este nutriente não foi incluído na adubação, resultando em menor teor do mesmo na planta. Isto indica uma menor disponibilidade do elemento no solo, o qual não está prejudicando o desenvolvimento da planta no momento.

4.3.2. Galaxia cv.Yarana

Os dados contidos na Tabela 22 revelam que a principal limitação do solo em estudo para o estabelecimento e produção da galaxia no primeiro corte foi a falta de adubação fosfatada, que representou 29% da produção obtida no tratamento que recebeu todos os nutrientes. Não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre a produção de matéria seca no tratamento com omissão de fósforo e o tratamento testemunha, o que indica a relevância do fósforo para o estabelecimento dessa forrageira nesse solo.

As plantas que não receberam nutrientes, e as que foram submetidas à omissão do fósforo, apresentaram alto teor de nitrogênio na parte aérea, revelando uma concentração do nutriente na planta.

No primeiro corte da forrageira, pode ser verificado que a ausência da correção provocou redução no teor e quantidade de nitrogênio na parte aérea da planta, revelando a necessidade de correção adequada da acidez do solo (relativamente a mais alta porcentagem de saturação por bases).

Por ocasião do segundo corte, o fósforo continuou representando a principal limitação ao desenvolvimento da galaxia. Sua omissão provocou menores produções de matéria seca da parte aérea e raízes do que as verificadas no tratamento completo (Tabela 23). A baixa disponibilidade

Tabela 22. Produção de matéria seca (M.S.), porcentagem de nitrogênio e quantidade de nitrogênio total da parte aérea no 1º corte da galaxia, em função dos tratamentos de adubação.

Tratamento	M.S. (g/vaso)	N %	N total (mg/vaso)
Completo	6,88 a	1,87 cd	128 ab
Omissão de Cor.	6,20 a	1,61 d	100 b
Omissão de P	2,00 b	3,10 b	62 c
Omissão de K	7,15 a	1,83 cd	130 a
Omissão de S	6,07 a	1,90 c	115 ab
Omissão de B	7,06 a	1,97 c	139 a
Omissão de Cu	6,37 a	1,93 c	123 ab
Omissão de Zn	7,07 a	2,02 c	142 a
Omissão de Mo	6,66 a	1,76 cd	116 ab
Testemunha	1,57 b	3,63 a	57 c
Teste F ^a	**	**	**
C.V. (%)	9,3	5,1	10,8

a.* e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Valores assinalados com letras iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 23. Produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio e quantidade de nitrogênio total no 2º corte da galaxia (55 dias após o 1º corte), em função dos tratamentos de adubação.

Tratamento	M.S. (g/vaso)				N %				N total (mg/vaso)			
	parte		planta		parte		raízes		parte		raízes	
	aérea	raízes	aérea	raízes	aérea	raízes	aérea	raízes	aérea	raízes	aérea	raízes
Completo	9,88 ab	4,55 a	14,43 a		1,96 b	2,07 a	193 abc	94 a	287 a			
Omissão de Cor.	6,76 c	3,87 ab	10,63 c		1,95 b	1,90 abc	132 d	73 ab	205 b			
Omissão de P	3,42 d	1,58 d	4,99 d		1,50 c	1,77 bc	51 e	28 d	78 c			
Omissão de K	8,32 bc	2,93 bc	11,25 bc		2,68 a	2,00 ab	223 a	59 bc	281 a			
Omissão de S	8,86 ab	4,56 a	13,42 ab		1,89 b	2,00 ab	168 c	91 a	259 a			
Omissão de B	9,06 ab	4,50 a	13,56 ab		1,96 b	2,03 a	178 bc	91 a	269 a			
Omissão de Cu	10,29 a	4,47 a	14,76 a		1,97 b	2,02 a	202 ab	90 a	293 a			
Omissão de Zn	9,05 ab	4,30 a	13,35 abc		2,04 b	2,07 a	185 bc	89 a	274 a			
Omissão de Mo	9,00 ab	4,34 a	13,34 abc		1,87 b	1,96 ab	168 c	84 ab	252 ab			
Testemunha	3,10 d	2,10 cd	5,20 d		1,34 c	1,67 c	42 e	35 cd	77 c			
Teste F _a	**	**	**		**	**	**	**	**		**	**
C.V. (%)	8,6	14,3	9,8		5,5	4,8	8,2	14,4	9,2			

a. * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Valores assinalados com letras iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

desse nutriente também limitou a quantidade de nitrogênio na parte aérea e raízes da galaxia.

A falta de correção foi o segundo fator que mais limitou a produção de matéria seca e quantidade de nitrogênio presente na parte aérea nesta forrageira, denotando a importância da correção do solo para o cultivo desta leguminosa forrageira. Alerta-se para a necessidade de ser considerado na correção do solo, o alcance de maior porcentagem de saturação por bases para este cultivar da galaxia, conforme foi discutido no item 4.2.2.

A não inclusão da adubação potássica resultou em sintomas visuais nítidos na planta, com clorose e posterior necrose das margens e pontas das folhas mais velhas (Figura 4). A deficiência de potássio significou menor produção de matéria seca nas raízes do que a obtida no tratamento completo, havendo essa tendência para a parte aérea, embora não significativa ($P > 0,05$, Tabela 23). Foi notório o acúmulo de nitrogênio na parte aérea dessa planta na omissão de potássio, porém verifica-se haver menor quantidade de nitrogênio nas raízes em relação ao tratamento completo.

Considerando os dois cortes (Tabela 24), verifica-se que os tratamentos que mais limitaram a quantidade de nitrogênio presente na planta, em ordem decrescente foram: fósforo > correção = molibdênio (embora o último sem significância estatística). Estes tratamentos, com exceção

Tabela 24. Quantidade de nitrogênio total da biomassa da galaxia (da parte aérea, 1º e 2º cortes, e raízes), número e peso seco dos nódulos nos tratamentos de adubação.

Tratamento	N total (mg/vaso) (1º + 2º corte) p.a. e raízes	Nodulação	
		nº/vaso	mg/vaso
Completo	416 a	339 a	469 ab
Omissão de Cor.	305 b	169 b	419 b
Omissão de P	140 c	84 bc	88 c
Omissão de K	412 a	301 a	458 ab
Omissão de S	374 ab	356 a	472 ab
Omissão de B	408 a	346 a	474 ab
Omissão de Cu	416 a	308 a	471 ab
Omissão de Zn	416 a	349 a	457 ab
Omissão de Mo	368 ab	366 a	599 a
Testemunha	133 c	37 c	45 c
Teste F ^a	**	**	**
C.V. (%)	8,4	16,0	16,8

a.* e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Valores assinalados com letras iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

do molibdênio, também resultaram em menor número de nódulos por vaso, e no caso da omissão do fósforo houve menor peso de nódulos por vaso. COLOZZA et alii (1987), verificaram problema similar quando cultivaram a galaxia comum nos solos: Areia Quartzosa, Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Escuro. A omissão de molibdênio provocou reduções não significativas ($P > 0,05$) na produção de matéria seca, concentração de nitrogênio e na quantidade de nitrogênio total da galaxia tanto na parte aérea como nas raízes.

O tratamento que não recebeu molibdênio apresentou dados de nodulação com a mesma tendência verificada e discutida para o macrotiloma, isto é, revelou maior número e peso de nódulos, apesar de conter menor quantidade de nitrogênio total em relação ao tratamento completo. Esse fato provavelmente deve-se a toxicidade que o molibdato de sódio exerce sobre as bactérias fixadoras de nitrogênio. Nesse sentido, GRAHAM & MORALES (1974) evidenciaram um declínio no número dessas bactérias quando aplicaram este sal junto às sementes de siratro.

A Tabela 25 revela os resultados das análises minerais da planta colhida no primeiro corte. Não se observou diferenças significativas ($P > 0,05$) no teor de fósforo entre os tratamentos, com exceção do tratamento testemunha que concentrou o elemento na planta. Plantas que não receberam correção, tiveram menores teores de cálcio e magnésio na parte aérea no primeiro corte. A omissão do fósfo-

Tabela 25. Teores de potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre na parte aérea no 1º corte da galaxia em função dos tratamentos de adubação.

Tratamento	K	Ca	Mg	P	S
	%.....				
Completo	1,62 b	1,27 bc	0,32 c	0,11 b	0,09 c
Omissão de Cor.	1,60 b	0,79 d	0,17 d	0,11 b	0,10 c
Omissão de P	2,12 a	1,76 a	0,38 b	0,11 b	0,26 a
Omissão de K	0,79 c	1,43 b	0,47 a	0,12 b	0,09 c
Omissão de S	1,67 b	1,38 b	0,34 bc	0,11 b	0,09 c
Omissão de B	1,63 b	1,29 bc	0,31 c	0,12 b	0,10 c
Omissão de Cu	1,59 b	1,35 b	0,33 c	0,12 b	0,10 c
Omissão de Zn	1,62 b	1,31 bc	0,32 c	0,11 b	0,11 c
Omissão de Mo	1,58 b	1,29 bc	0,32 c	0,11 b	0,11 c
Testemunha	2,10 a	1,15 c	0,30 c	0,16 a	0,21 b
Teste F _a	**	**	**	**	**
C.V. (%)	7,7	5,6	5,3	6,0	17,0

a. * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Valores assinalados com letras iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

ro resultou em menor desenvolvimento da parte aérea da galaxia, consequentemente foram concentrados o potássio, o cálcio e o enxofre.

No primeiro corte da galaxia, a omissão de potássio já evidenciou menor teor e quantidade de potássio na planta, embora não apresentando sintomas nítidos da deficiência naquela ocasião. Nesse tratamento pode ser detectado um acúmulo de cálcio e magnésio na planta (Tabela 25).

Os teores de cálcio e magnésio significativamente mais elevados ($P < 0,05$) no tratamento em que se omitiu o potássio podem ser explicados, em parte, pelo efeito de concentração desses nutrientes devido à menor produção de matéria seca na ausência de adubação potássica e, também, pelo efeito antagônico entre íons, confirmado ao observar-se a maior concentração de potássio no tratamento que não recebeu cálcio e magnésio. MIRANDA (1979) verificou a mesma tendência cultivando galaxia cv. comum em dois solos do Estado de São Paulo.

A Tabela 26 traz os teores de micronutrientes contidos na parte aérea da galaxia no primeiro corte. Destaca-se o elevado teor de manganês no tratamento que não recebeu correção, apresentando um teor 5 vezes superior em relação ao tratamento completo.

O tratamento testemunha propiciou uma concentração de todos os micronutrientes na parte aérea, provavelmente devido à baixa produção de matéria seca e a

Tabela 26. Teores de ferro, manganês, boro, zinco e cobre na parte aérea no 1º corte da galaxia em função dos tratamentos de adubação.

Tratamento	Fe	Mn	B	Zn	Cu
	 ppm				
Completo	106 b	99 d	58 bc	24,4 c	6,0 c
Omissão de Cor.	109 b	528 b	62 b	30,6 b	6,0 c
Omissão de P	129 a	185 c	101 a	23,8 c	11,5 b
Omissão de K	98 b	118 d	57 bc	26,2 bc	6,0 c
Omissão de S	102 b	114 d	57 bc	23,4 c	5,8 c
Omissão de B	101 b	110 d	49 bc	22,4 c	5,8 c
Omissão de Cu	97 b	122 d	48 c	23,5 c	5,5 c
Omissão de Zn	98 b	109 d	55 bc	13,7 d	5,8 c
Omissão de Mo	104 b	107 d	58 bc	24,1 c	6,0 c
Testemunha	131 a	779 a	106 a	40,5 a	17,5 a
Teste F ^a	**	**	**	**	ns
C.V. (%)	7,2	8,4	8,2	8,2	9,4

a.* e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Valores assinalados com letras iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

ns = não significativo ($P > 0,05$).

maior disponibilidade no solo dos nutrientes ferro, cobre, manganês e zinco devido ao baixo valor de pH do solo. Observou-se menor teor de zinco no tratamento onde esse nutriente foi omitido, revelando que esse solo pode apresentar limitações na disponibilidade desse elemento. COLOZZA et alii (1987) constataram que a omissão de zinco na adubação, acompanhada da presença de correção, resultou em teores deficientes desse micronutriente para a galaxia cv. comum cultivada num solo Areia Quartzosa.

Por ocasião do segundo corte foi nitidamente visível a menor concentração de potássio nos tratamentos em que o nutriente não foi incluído, quando apareceram sintomas foliares típicos da carência do elemento (clorose iniciando pelas folhas mais velhas e evoluindo para necrose, como ilustra a Figura 4). Dessa forma, observa-se menor teor do elemento no segundo corte na omissão de potássio (Tabela 27). MIRANDA (1979) observou essa mesma tendência cultivando a galaxia comum em três solos.

O menor teor de potássio no solo e na planta, devido à não aplicação desse nutriente, apesar de ter reduzido a quantidade de matéria seca e o conteúdo de nitrogênio nas raízes, não limitou significativamente a produção de matéria seca da parte aérea no segundo corte (Tabela 23), revelando a capacidade da planta em translocar internamente o potássio para a fotossíntese. Esse tratamento também provocou aumento no teor de cálcio, magnésio, fósfo-

Tabela 27. Teores de potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre na parte aérea no 2º corte da galaxia (55 dias após o 1º corte) em função dos tratamentos de adubação.

Tratamento	K	Ca	Mg	P	S
			%		
Completo	1,24 b	0,92 c	0,19 c	0,10 bc	0,11 c
Omissão de Cor.	1,58 a	0,65 d	0,12 d	0,10 b	0,12 c
Omissão de P	1,23 b	1,53 a	0,32 b	0,08 d	0,19 a
Omissão de K	0,34 d	1,37 b	0,55 a	0,15 a	0,16 b
Omissão de S	1,31 b	1,05 c	0,21 c	0,09 bcd	0,12 c
Omissão de B	1,31 b	1,01 c	0,22 c	0,09 bcd	0,13 bc
Omissão de Cu	1,30 b	0,96 c	0,21 c	0,09 bc	0,13 c
Omissão de Zn	1,34 b	1,02 c	0,22 c	0,10 bc	0,11 c
Omissão de Mo	1,34 b	1,03 c	0,22 c	0,10 bc	0,11 c
Testemunha	0,61 c	1,28 b	0,30 b	0,08 cd	0,19 a
Teste F _a	**	**	**	**	**
C.V. (%)	7,5	5,9	8,0	7,2	8,4

a.* e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Valores assinalados com letras iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 28. Teores de ferro, manganês, boro, zinco e cobre na parte aérea no 2º corte da galaxia (55 dias após o 1º corte) em função dos tratamentos de adubação.

Tratamento	Fe	Mn	B	Zn	Cu
	 ppm				
Completo	117 a	101 c	50 bcd	28 bc	5,5 d
Omissão de Cor.	116 a	458 b	54 bc	38 a	7,0 bcd
Omissão de P	122 a	174 c	79 a	22 cd	7,8 bc
Omissão de K	123 a	120 c	72 a	28 bc	9,0 ab
Omissão de S	115 a	108 c	53 bc	24 c	6,3 cd
Omissão de B	120 a	113 c	37 d	24 c	6,5 cd
Omissão de Cu	114 a	111 c	48 cd	26 bc	6,5 cd
Omissão de Zn	122 a	111 c	52 bcd	14 d	6,3 cd
Omissão de Mo	130 a	110 c	48 cd	26 bc	6,3 cd
Testemunha	125 a	839 a	65 ab	32 ab	10,8 a
Teste F ^a	ns	**	**	**	**
C.V. (%)	9,4	14,6	12,1	11,7	12,1

a.* e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Valores assinalados com letras iguais, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

ns = não significativo ($P > 0,05$).

Fig. 4. Sintomas de deficiência de potássio em galaxia Yarana, verificados no segundo corte nos tratamentos com omissão de potássio à adubação completa.

ro e enxofre do solo, havendo maior concentração desses elementos na planta em relação ao tratamento completo (Tabela 27).

A falta da correção implicou em menores teores e quantidades de cálcio e magnésio na planta, também propiciando uma maior concentração de potássio na galaxia.

Os dados contidos na Tabela 28 revelam não haver diferenças significativas ($P > 0,05$) nos teores de ferro na parte aérea da galaxia no segundo corte. É visível o acúmulo de manganês nos tratamentos testemunha e menos correção, resultando em menor desenvolvimento da planta. Entre os micronutrientes, novamente verifica-se um menor teor de zinco quando o mesmo não foi aplicado ao solo por ocasião do plantio.

5. CONCLUSOES

Com base nos resultados verificados no presente trabalho, podem ser apontadas as seguintes conclusões:

- O emprego das doses de corretivo, ocasionou aumentos na saturação por bases, no pH e nas quantidades de cálcio e magnésio trocáveis; e diminuições na saturação por alumínio e no alumínio trocável.

- As duas leguminosas apresentaram melhores respostas quanto à produção de matéria seca, quantidade de nitrogênio total (presentes tanto na parte aérea como nas raízes) e nodulação, com o maior nível de saturação por bases do solo. A galaxia Yarana demonstrou sensível melhoria

em sua produção ao nível mais elevado de saturação por bases.

- Os teores de cálcio e magnésio nas duas espécies apresentaram-se significativamente menores na ausência de correção. A aplicação do corretivo proporcionou redução altamente significativa nos teores de manganês das duas forrageiras. A omissão de zinco, resultou em teores significativamente menores do micronutriente nas duas leguminosas, indicando que este nutriente deve receber atenção especial no solo em estudo.

- Para as duas espécies a ausência de adubação com fósforo foi a maior limitação para a produção de matéria seca, fixação de nitrogênio e nodulação.

- No 2º corte, a ausência de potássio na adubação resultou em menores acúmulos de matéria seca e nitrogênio na parte aérea do macrotiloma. Apesar da galaxia ter apresentado um sintoma visual de deficiência de potássio na parte aérea, apenas nas raízes detectou-se menor produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio.

- Para um desenvolvimento inicial satisfatório e um normal estabelecimento das duas leguminosas no solo em estudo, torna-se indispensável a prática da calagem, e das adubações fosfatada, potássica e com zinco.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANDRADE, I.F.; ARRUDA, M.L.R.; BARUQUI, F.M. Recomendações e prática de adubação e calagem em pastagem para a região Sudeste do Brasil. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E., ed. Calagem e adubação de pastagens. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.335-63.

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. Australian Journal of Agricultural Research, Melbourne, 27:611-23, 1976.

ANDREW, C.S. & NORRIS D.O. Comparative responses to calcium of five tropical and four temperate legume species. Australian Journal of Agricultural Research, Melbourne, 12:40-5, 1960.

ASHER, C.J. Identificação e correção de deficiências e excesso de nutrientes no solo. In: BOOCK, A. & GARDNER, A.L., ed. Nutrição de plantas forrageiras em solos tropicais ácidos. Campo Grande, EMBRAPA, 1979. p.21-31.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS AGRÍCOLAS. Acidez do solo e calagem. São Paulo, 1988. 2.ed. 16p. (ANDA. Boletim Técnico, 1).

BUFARAH, G.; GHISI, O.M.A.A.; ALCANTARA, V.B.G.; MECELIS, N.R.; ALCANTARA, P.B.; OLIVEIRA, P.R.P.; LUCHESI, M.F. O *Macrotyloma axillare* (E. Mey) Verdc. Nova Odessa, Instituto de Zootecnia, 1981. 8p. (IZ. Nota Científica, 1).

CARRIEL, J.M.; COLOZZA, M.T.; WERNER, J.C.; PAULINO, V.T. Limitações nutricionais de dois solos de várzea do Estado de São Paulo para o cultivo da aveia e do azevém. Zootecnia, Nova Odessa, 22(2): 153-77, 1984.

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. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 6:285-90, 1971.
- CARVALHO, M.M.; 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. Fortaleza, Sociedade Brasileira de Zootecnia. 1974. p.326-7.
- CATANI, R.A. & GALLO, J.R. Avaliação da exigência em cálcio dos solos do Estado de São Paulo mediante correlação entre pH e a porcentagem de saturação em bases. Revista de Agricultura, Piracicaba, 30:49-60, 1955.
- 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.
- COLOZZA, M.T. & WERNER, J.C. Aplicação de nutrientes em três leguminosas forrageiras cultivadas num solo da região do Vale do Ribeira. Zootecnia, Nova Odessa, 22(4):

327-53, 1984.

COLOZZA, M.T.; MONTEIRO, F.A.; FANCELLI, A.L.; WERNER, J.C.

Limitações de fertilidade em solos de três localidades do Estado de São Paulo para o cultivo da *Galactia striata* (Jacq.) Urb. Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa, 44(1):135-45, 1987.

COLOZZA, M.T.; MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C.; FANCELLI, A.L.

Limitações nutricionais em solos de cinco localidades paulistas para o cultivo de centrosema. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 10(2):151-6, 1986.

DOBEREINER, J. & ARONOVICH, S. Efeito da calagem e da temperatura do solo na fixação de nitrogênio de *Centrosema pubescens* Benth, em solo com toxidez de manganês. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGENS, 9., São Paulo, 1965. Anais. São Paulo, FTD, 1966. p.1121-24.

EIRA, P.A.da. Experimentos exploratórios de fertilidade.

In: DOBEREINER, J.; EIRA, P.A.da; FRANCO, A.A.; CAMPELO, A.B., ed. As leguminosas na agricultura tropical. Rio de Janeiro, UFRJ, 1971. p.303-9.

EIRA, P.A.da; ALMEIDA, P.L.; SILVA, W.C. Fatores nutricional-

nais limitantes do desenvolvimento de três leguminosas forrageiras em solo podzólico vermelho-amarelo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 7:185-92, 1972.

FENSTER, W.E. & LEON, L.A. Considerações sobre a fertilização fosfatada no estabelecimento e persistência de pastagens em solos ácidos e de baixa fertilidade na América Latina tropical. In: SANCHEZ, P.A.; TERGAS, L.E.; SERRAO, E.A.S., ed. Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos. Brasília, Editerra, 1982. p.127-41.

FRANÇA, G.E. & CARVALHO, M.M. Ensaio exploratório de fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 5:147-53, 1970.

FREITAS, L.M. & PRATT, P.F. Respostas de três leguminosas a calcário em diversos solos ácidos de São Paulo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 4:89-95, 1969.

GOMIDE, J.A. Adubação fosfatada e potássica de plantas forrageiras. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.de; FARIA, V.P.de, ed. Pastagens: fundamentos da exploração racional. Piracicaba, FEALQ, 1986. p. 155-63.

GRAHAM, P.H. & MORALES, V.M. Seed pelleting of a legume to supply molybdenum. Turrialba, San Jose, 24(3):335-6, 1974.

JONES, M.B. & FREITAS, L.M. Respostas de quatro leguminosas tropicais a fósforo, potássio e calcário, num Latossol Vermelho-Amarelo de campo cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 5:91-9, 1970.

JONES, M.B.; QUAGLIATO, J.L.; FREITAS, L.M. Respostas de alfafa e algumas leguminosas tropicais à aplicações de nutrientes minerais, em três solos de campo cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 5:209-14, 1970.

KANEHIRO, Y.; WALKER, J.L.; ASGHAR, M. Edaphic factors. In: BURT, R.L.; ROTAR, P.P.; WALKER, J.L.; SILVEY, M.W., ed. The role of Centrosema, Desmodium, and Stylosanthes in improving tropical pastures. Boulder, Westview Press, 1983. p.197-220.

KOLLING, J.; STAMMEL, J.G.; KORNELIUS, E. Efeito da calagem e da adubação fosfatada sobre a produção de matéria seca de leguminosas de clima tropical e sobre alguns componentes químicos do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1976. Anais. Campi-

nas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976.
p.255-60.

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.; CONGRESSO BRASILEIRO DE FORRAGEIRAS, 1., Porto Alegre, 1973. Resumos. Porto Alegre, 1973. p. 421-2.

LOBATO, E.; KORNELIUS, E.; SANZONOWICZ, C. Adubação fosfatada em pastagens. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. ed. Calagem e adubação de pastagens. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.145-74.

LOPES, A.S. Solos sob "cerrado". Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 162p.

LOPES, A.S. Manual de fertilidade do solo. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 155p.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres Ltda, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1989. 201p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press, 1986. 673p.

MATTOS, H.B. & WERNER, J.C. Competição entre cinco leguminosas de clima tropical. Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa, 32(2):293-305, 1975.

McCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M. de; GALLO, J.R.; QUINN, L.R.; MOTT, G.O. Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade em solos de diferentes Campos Cerrados de São Paulo e Goiás. Bragantia, Campinas, 17(3):29-44, 1958.

MIRANDA, T.M. 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*) em dois solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1979. 132p. (Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

MONTEIRO, F.A. Micronutrientes em forrageiras. In: SIMPO-

SIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, Jaboticabal, 1988. Anais. Jaboticabal, UNESP-FCAV; IAC; ANDA; POTAFOS, 1988. p.909-61.

MONTEIRO, F.A.; MALAVOLTA, E.; WERNER, J.C. Efeitos da aplicação de micronutrientes e de níveis de calagem em leguminosas forrageiras. I. Soja perene Tinaroo e Siratro cultivados em vasos. Boletim da Indústria animal, Nova Odessa, 40(1):97-126, 1983a.

MONTEIRO, F.A.; MALAVOLTA, E.; WERNER, J.C. Efeitos da aplicação de micronutrientes e de níveis de calagem em leguminosas forrageiras. II. Centrosema e Galaxia cultivadas em vasos. Boletim da Indústria animal, Nova Odessa, 40(1):127-48, 1983b.

MONTEIRO, F.A.; CARRIEL, J.M.; MARTINS, L.; CASTRO, J.V.; LIEM, T.H. Aplicação de níveis de enxofre, na forma de gesso, para o cultivo de leguminosas forrageiras. Boletim da Indústria animal, Nova Odessa, 40(2):229-48, 1983c.

MONTEIRO, F.A.; COLOZZA, M.T.; WERNER, J.C.; OLIVEIRA, J.B. de. Limitações de fertilidade em solos de seis localidades paulistas para o cultivo da soja-perene. Zootecnia, Nova Odessa, 21(3):181-212, 1983d.

MONTEIRO, F.A.; COLOZZA, M.T.; WERNER, J.C.; SALVASTANO, S. A.A.L. Limitações de fertilidade em solos de quatro localidades paulistas para o cultivo do siratro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 11(2):175-81, 1987.

MUNNS, D.N. & FOX, R.L. Comparative lime requirements of tropical and temperate legumes. Plant and Soil, The Hague, 46: 533-48, 1977.

MUNNS, D.N.; FOX, R.L.; KOCH, B.L. Influence of lime on nitrogen fixation by tropical and temperate legumes. Plant and Soil, The Hague, 46:591-601, 1977.

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, 26(28):365-71, 1967.

PAULINO, V.T. Importância da nutrição mineral na eficiência da fixação simbiótica do nitrogênio por leguminosas forrageiras em solo de cerrado do Estado de São Paulo. Zootecnia, Nova Odessa, 22(3):195-235, 1984.

PAULINO, V.T.; COLOZZA, M.T.; MATTOS, H.B. Limitações nu-

tricionais de um Latossolo Vermelho-Escuro Álico para o cultivo da *Pueraria phaseoloides* (R) Benth. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 21., Belo Horizonte, 1984. Anais. Viçosa, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1984. p.424.

QUAGGIO, J.A. Métodos de laboratório para a determinação da necessidade de calagem em solos. In: RAIJ, B. van.; BATAGLIA, O.C.; SILVA, N.M. da, ed. Acidez e calagem no Brasil. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.33-48.

RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1987. 201p.

RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 39p. (IAC. Boletim Técnico 81).

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.

ROCHA, G.L. Perspectivas e problemas de adubação de pas-

- tagem no Brasil. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. ed. Calagem e adubação de pastagens. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.1-29.
- SEIFFERT, N.F. Leguminosas para pastagens no Brasil Central. Brasília, Embrapa, 1982. 131p.
- SIQUEIRA, C. Calagem para plantas forrageiras. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. ed. Calagem e adubação de pastagens. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.77-91.
- SOUTO, S.M. & DOBEREINER, J. Toxidez de manganês em leguminosas forrageiras tropicais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 4:129-38, 1969.
- SOUZA, P.I.M. de & CARVALHO, L.J.C.B. Nutrição mineral de plantas. In: GOEDERT, W.J. Solos dos cerrados: tecnologia e estratégias de manejo. Brasília, EMBRAPA/CPAC, 1987. p.75-98.
- SOUZA, P.I.M.de; CARVALHO, L.J.C.B.; MIRANDA, L.N.de. Correção da acidez do solo. In: GOEDERT, W.I. Solos dos cerrados: tecnologia e estratégias de manejo. Brasília,

- EMBRAPA/CPAC, 1987. p.99-127.
- TISDALE, S.L. & NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers. 3.ed. New York, Mac Millan, 1975. 694p.
- 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, San Jose, 23(2):172-80, 1973.
- VITTI, G.C. & NOVAES, N.J. Adubação com enxofre. In: MATOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E., ed. Calagem e adubação de pastagens. Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.191-231.
- WERNER, J.C. Adubação de pastagens. In: ENCONTRO DE ATUALIZAÇÃO EM PASTAGENS, 1., Nova Odessa, 1977. Anais. São Paulo, Nestlé, 1977. p.43-63.
- WERNER, J.C. Adubação de pastagens. Nova Odessa, Instituto de Zootecnia, 1986. 50p. (IZ. Boletim Técnico, 18).