

Nutrição mineral e crescimento do capim Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum) em diferentes relações Ca:Mg

M. Bueno de Paula*, A. Ricardo Evangelista**, J. Aparecida de Lima*** e A. Nogueira^φ

Introdução

As pastagens são reconhecidas como a fonte de alimentos mais econômica na pecuária. Dentre as espécies forrageiras, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) é a que apresenta maior produção por unidade de área, é também, dentre as plantas forrageiras tropicais, a que mais responde à adubação, porém apenas 63.1% das pastagens segundo Silvestre e Reis (s.f.) são consideradas boas e o maior problema apontado pelos técnicos se refere à adubação insuficiente e inadequada acrescentando-se ainda a falta de correção do solo.

Os solos de Minas Gerais são predominantemente Latossolos, que apresentam problemas relacionados à baixos teores de Ca, Mg e P e alta saturação por alumínio (Almeida e Resende, 1985), que limitam a produção de forragens.

Werner (1984) salienta que quando se planeja um sistema de manejo intensivo em que serão usadas altas fertilizações com adubos nitrogenados, deve-se prevenir a acidificação adotando-se calagem para 60% de saturação por bases. A calagem promove maior eficiência na utilização dos nutrientes, porém o uso indevido de corretivos com baixo teor de magnésio pode causar um desequilíbrio na relação Ca:Mg do solo resultando na ocorrência de desbalanços nutricionais nas plantas, comprometendo a produção.

Segundo Fageria (1973) os carregadores dos cátions Ca, Mg e K possuem a mesma afinidade, ou então, uma afinidade muito semelhante. Deste modo, estes nutrientes competem entre si pelos sítios de ligação dos carregadores, estabelecendo uma inibição competitiva na absorção pelas raízes, definido por Mengel e Kirkby (1987) como competição entre íons do tipo antagonismo de cátions. Para Carmelo (1989) a explicação dada em termos de competição pelo mesmo sítio do carregador é de difícil compreensão uma vez que existem diferenças de tamanho e estruturas destes íons. Porém, não há dúvidas de que existe uma forte interação entre estas três espécies de cátions no processo de absorção desenvolvido pelas plantas.

O excesso de cálcio em relação ao magnésio na solução do solo prejudica a absorção do último, e viceversa (Coelho e Verlengia, 1973). Segundo Bear e Toth (1948) o conceito de solo adequado deveria apresentar o complexo de troca saturado com 65% de cálcio, 10% de magnésio e 5% de potássio trocáveis, proporcionando uma relação Ca:Mg de 6.5:1. Contudo observa-se que as diversas culturas admitem ampla variação na saturação de cálcio e magnésio no complexo de troca e nas relações Ca:Mg no solo.

Com relação ao capim Napier, são encontradas poucas informações a este respeito, dificultando a decisão sobre qual corretivo usar tomando-se por base as diferentes opções quanto à composição química, qualidade e, considerando-se ainda, o aspecto econômico.

Em função da escassez de informações, objetivou-se, com o presente trabalho, estudar o efeito de diferentes relações Ca:Mg no crescimento e composição química do capim-elefante Napier.

* Pesquisadora da EPAMIG, Caixa Postal 176 - 37200-000 Lavras, MG. E-mail: bueno@ufla.br

** Professor Titular do Depto de Zootecnia, UFLA, Caixa Postal Postal 37 - 37200-000 Lavras, MG. E-mail: aricardo@ufla.br

*** Zootecnista D.Sc., Bolsista Recém-Doutor FAPEMIG, Caixa Postal 37 - 37200-000 Lavras, MG. E-mail: jlina@ufla.br

^φ Estudante de Pós-Graduação, Departamento de Ciência do Solo, UFLA, Lavras, MG, Brasil.

Materiais e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA). O solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, textura média, foi coletado no sudeste do estado de Minas Gerais na camada de 0-20 cm sendo os resultados da análise química, conforme Vettori (1969), modificado Embrapa (1979), apresentados na Tabela 1.

Os tratamentos constaram de diferentes relações $\text{CaCO}_3:\text{MgCO}_3$ no corretivo, ou seja, 1:0, 2:1, 5:1, 10:1, 20:1 e testemunha (sem calagem). A calagem foi realizada visando elevar a saturação por bases a 60%.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições. O plantio foi feito por mudas provenientes de plantas com 3 a 12 meses de idade o mais homogêneas possível. As mudas foram despalhadas para uma melhor brotação. O colmo foi seccionado, sendo que cada muda continha apenas uma gema. Visando uniformizar a brotação, foram utilizadas apenas as mudas retiradas da base do colmo que, por serem mais velhas, apresentam maior capacidade de brotação (Rodrigues e Reis, 1993). Foram postas para enraizar em substrato inerte com 10 cm de profundidade e enterradas a 2 cm da superfície. Foi feita uma seleção do material baseada em altura e diâmetro da haste visando dar homogeneidade ao material experimental. A irrigação foi feita com água deionizada duas vezes ao dia, no período da manhã e à tarde.

Tabela 1. Atributos químicos do Latossolo utilizado no experimento. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Brasil.

Atributo	Profundidade (0-20 cm)
pH em água	4.9
P (mg/dm ³) ^a	1.0
K (mg/dm ³) ^a	53.0
Ca (mmolc/dm ³) ^b	10.0
Mg (mmolc/dm ³) ^b	2.0
Al (mmolc/dm ³) ^b	3.0
H + Al (mmolc/dm ³) ^c	50.0
S (mmolc/dm ³)	13.35
T (mmolc/dm ³)	63.35
V (%)	21.0

Extratores: a. = Mehlich 1; b. = KCl 1N; c. = Acetato de Ca 1N.

Foram colocadas duas mudas de Napier por vaso. As plantas desenvolveram em vasos com capacidade para 8 lt e receberam água deionizada de modo a manter a umidade de 60% do volume total de poros sendo o controle feito por intermédio de pesagens diárias dos vasos.

Antes do plantio e após a aplicação dos tratamentos, o solo foi incubado por um período de 40 dias para a reação do corretivo e 4 dias antes do transplante foi feita uma adubação básica segundo Malavolta (1980) (Tabela 2). Após a correção inicial foram retiradas amostras de solo de cada tratamento para análise química.

Foram realizados três cortes, com intervalos de 45 dias, a uma altura de 4 cm do solo, para avaliação dos teores de matéria seca (MS) da parte aérea e concentração dos nutrientes. O material recém colhido foi lavado com água desmineralizada, acondicionado em sacos de papel e em seguida levados para secagem em estufa com ventilação forçada por um período de 60 h a uma temperatura de 65 °C até atingirem peso constante.

Todas as amostras após a pesagem da MS foram moídas e acondicionadas em vidros com tampa plástica para serem posteriormente analisadas quimicamente. As determinações dos teores de N, P, K, S, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn da MS da parte aérea das plantas foram feitas segundo Malavolta et al. (1989). Os extratos da MS foram obtidos por digestão nitroperclórica, com exceção do B que foi extraído via seca. Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram determinados por espectrometria de absorção atômica; P e B por colorimetria; K por fotometria de chama e S por turbidimetria (Blanchar et al., 1965). Os teores de N foram determinados pelo método semi-micro Kjeldhal.

Tabela 2. Adubação básica do experimento. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Brasil.

Nutriente	Fonte	Mg/kg solo
N	Uréia	400
P	MAP	200
K	KCl	200
B	Ácido bórico	0.5
Cu	CuCl	1.5
Mo	Molibdato de amônio	0.5
Zn	Sulfato de Zn	5.0

Obs.: Os nutrientes N e K foram aplicados em quatro doses, sendo a primeira junto com a adubação básica, a segunda 15 dias após o transplante, a terceira 35 dias após o transplante, e a quarta 10 dias após o primeiro corte.

Resultados e discussão

Análise química do solo. Os resultados obtidos da análise química das amostras de solo coletadas após a aplicação dos tratamentos e incubação (Tabela 3) evidenciam variações expressivas nos teores de Ca e Mg trocáveis bem como nas relações atingidas entre esses cátions. Observando-se os resultados da análise dos cátions trocáveis, verifica-se que as alterações nos valores de Ca e Mg no solo mostram tendência de serem diretamente proporcionais às variações nas relações Ca:Mg do corretivo. Evidenciam também que os teores de K trocável não sofreram influência das variações nas relações Ca:Mg atingidas.

Os valores de pH sofreram variações em função das diferentes relações Ca:Mg, não coincidindo com os dados de Lima et al. (1981) que obtiveram maiores valores de pH com aumento do teor de Mg. Contudo, segundo revisão feita por Alcarde (1985) a variação na relação Ca:Mg não provoca diferenças entre os valores de pH. O autor citado conclui que os resultados obtidos mostram que a eficiência dos calcários não é função da forma dos seus carbonatos. Embora a solubilidade do $MgCO_3$ seja maior que a do $CaCO_3$, o tempo de incubação de 40 dias, juntamente na aplicação dos corretivos, mostrou-se suficiente para permitir solubilização semelhante para ambos os sais. Além disso, o cálculo das quantidades de $CaCO_3$ e $MgCO_3$ aplicados nas diferentes relações de mistura baseou-se em massa equivalente.

Produção de MS da parte aérea. Os dados de produção de MS da parte aérea são apresentados na Tabela 4. A produção de MS no primer corte não

Tabela 3. Atributos químicos das amostras do solo após aplicação de corretivos de acidez com diferentes relações Ca:Mg. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Brasil.

Ca:Mg no corretivo	Ca (mmolc/dm ³)	Mg (mmolc/dm ³)	Ca:Mg	pH em água	V (%)	K (mg/dm ³)
Testemunha	13 d*	2 c	6.5 c	4.9 b	50	50
1:0	36 ab	2 c	17.8 a	6.1 a	62	57
2:1	27 c	11 a	2.6 d	6.2 a	60	54
5:1	34 b	5 b	6.5 c	6.0 a	59	53
10:1	25 ab	5 b	7.8 c	6.3 a	60	57
20:1	35 ab	4 bc	10.1 b	6.2 a	61	50
C.V. (%)	5.8	11.3	7.9	4.1	9.2	11

* Valores na coluna seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 4. Produção de MS (g/vaso) da parte aérea do capim *Pennisetum purpureum* cv. Napier em função de relações Ca:Mg no corretivo do solo. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Brasil.

Ca:Mg no corretivo	Primeiro corte	Segundo corte	Terceiro corte
Testemunha	29.11	34.90 b*	19.80 c
1:0	30.30	40.50 b	28.20 c
2:1	35.80	58.10 a	61.40 a
5:1	29.80	55.10 a	58.30 a
10:1	30.40	51.00 a	52.40 a
20:1	35.80	49.60 a	41.00 b

* Valores na coluna seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, o que pode ser explicado pela idade em que se efetuou (45 dias após o plantio dos toletes), estando as plantas muito jovens e sendo satisfeitas as suas necessidades nutricionais pela disponibilidade de nutrientes no solo contido no vaso.

No segundo corte as maiores produções foram obtidas quando o corretivo forneceu Mg, independente da amplitude da relação Ca:Mg. Já no tercer corte, para relações Ca:Mg compreendidas entre as faixas 2:1 a 10:1, não houve diferença significativa entre as produções, sendo, no entanto, significativamente menor o rendimento obtido quando a relação foi de 20:1. Apesar da tendência que apresenta o Mg em se manter mais em solução do que o Ca, decorrente de ser adsorção do Ca maior que a do Mg, Coelho e Verlengia (1973) mencionam que o excesso de Ca em relação ao Mg prejudica a absorção do último, tal como o excesso de Mg prejudica a absorção do Ca. Portanto, a baixa quantidade de Mg presente no corretivo com relação mais ampla pode ter contribuído para menor produção de MS. Também Key et al. (1962) verificaram que a produção de MS do milho não foi influenciada pelas relações Ca:Mg quando estes elementos estavam presentes em quantidades suficientes. Os rendimentos máximos foram obtidos na relação 2:1, excedendo em 23% e 56% os rendimentos obtidos (média dos três cortes) quando as relações foram de 20:1 e 1:0, respectivamente, evidenciando a importância do Mg na nutrição do capim Napier.

Concentração dos nutrientes. Na Tabela 5 observa-se que a concentração de cálcio na parte aérea do Napier foi influenciada pelas relações Ca:Mg a partir do segundo corte, sendo que no primeiro apenas a testemunha diferiu significativamente dos demais tratamentos. Como era esperado, houve uma

Tabela 5. Teores de Ca e Mg (g/kg) na parte aérea do capim *Pennisetum purpureum* cv. Napier em função de relações Ca:Mg no corretivo do solo. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Brasil.

Ca:Mg no corretivo	Primeiro corte		Segundo corte		Terceiro corte	
	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg
Testemunha	4.4 b*	1.7 e	5.1 c	1.2 b	5.5 c	0.7 b
1:0	8.3 a	2.1 de	7.0 b	1.1 b	7.4 b	0.7 b
2:1	7.6 a	8.1 a	7.8 ab	6.9 a	7.3 b	3.7 a
5:1	7.9 a	5.1 b	7.9 ab	2.7 a	7.7 a	1.6 a
10:1	8.6 a	4.2 c	8.2 a	1.6 a	8.6 a	1.2 ab
20:1	7.0 a	2.8 d	8.1 a	0.8 b	8.5 a	0.7 b

* Valores na coluna seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

tendência de aumento nas concentrações do Ca com aumento no valor da relação Ca:Mg do corretivo. As relações Ca:Mg na planta sugeriram a mesma tendência das relações Ca:Mg do corretivo e solo.

A concentração de Mg foi influenciada pelas relações Ca:Mg desde o primer corte. A redução observada na concentração de Mg pode ser atribuída tanto a uma diminuição em suas quantidades adicionadas pelo aumento no valor da relação Ca:Mg quanto a uma maior competição dada pelo Ca no processo de absorção.

Ainda que, em geral, as quantidades de Mg extraídas pelas plantas sejam menores que as de Ca, os maiores teores de Mg obtidos na relação Ca:Mg mais estreita (2:1) evidencia que o Napier absorve mais Mg em relações mais estreitas. Nesta condição, a maior facilidade de absorção de Mg em relação ao Ca está associada a maior disponibilidade do Mg na solução em vista da menor força de adsorção do Mg no solo quando comparado ao Ca (Loyola Jr. e Paiva, 1989). Grant e Racz (1987) sugerem que a redução na absorção de Ca em função do aumento na concentração de Mg na solução do solo e viceversa é provavelmente devida a competição entre Ca e Mg para neutralização das cargas negativas dentro dos vacúolos e dos sítios dos apoplastos.

A aplicação do corretivo com diferentes relações não alterou a concentração de K na parte aérea sendo sua absorção provavelmente controlada pela combinação Ca + Mg no complexo de troca (Tabela 6). Em trabalho desenvolvido por Bull et al. (1993) com a cultura do alho, os autores verificaram também que a concentração de K não foi influenciada por relações Ca:Mg do solo. No presente trabalho observou-se que apenas o terceiro corte a testemunha foi menor, diferindo significativamente dos demais

Tabela 6. Teores médios de K na parte aérea do capim *Pennisetum purpureum* cv. Napier em diferentes relações Ca:Mg. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Brasil.

Ca:Mg no corretivo	K (mg/dm ³)
Testemunha	19 b*
1:0	25 a
2:1	24 a
5:1	26 a
10:1	27 a
20:1	25 a

* Valores na coluna seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 7. Teores médios de nutrientes na parte aérea do capim *Pennisetum purpureum* cv. Napier. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Brasil.

Nutriente	Primeiro corte	Segundo corte	Terceiro corte
N (g/kg)	37	30	30
P (g/kg)	32	29	30
K (g/kg)	33	30	—
S (g/kg)	20	15	17
B (mg/dm ³)	13	8	9
Cu (mg/dm ³)	10	10	11
Fe (mg/dm ³)	131	81	92
Mn (mg/dm ³)	159	130	128
Zn (mg/dm ³)	75	100	83

tratamentos, ocorrendo provavelmente com os cortes sucessivos um esgotamento do K da reserva natural do solo e do fertilizante aplicado.

Os valores médios dos demais elementos não foram significativamente alterados e são apresentados na Tabela 7.

Conclusões

A relação Ca:Mg no solo influenciou tanto a produção de MS quanto a concentração destes nutrientes. Apesar do baixo teor de Mg trocável no solo nas relações 5:1, 10:1 e 20:1, as produções de MS no segundo corte foram satisfatórias, entretanto, no terceiro as produções foram superiores apenas nas relações 2:1, 5:1 e 10:1, sugerindo que concentrações no tecido na faixa de 1.2 a 3.7 g/kg de Mg são suficientes para produção satisfatória. A relação Ca:Mg 20:1 só sustenta a produção até o segundo corte.

Resumen

En la casa de vegetación del Departamento de Ciencia del Suelo de la Universidad Federal de Lavras (UFLA), Brasil, se estudiaron diferentes relaciones Ca:Mg en la producción y calidad del pasto *Pennisetum purpureum* cv. Napier. Se utilizó un Latossolo Vermelho Amarelo de textura media. Los tratamientos consistieron en diferentes relaciones $\text{CaCO}_3:\text{MgCO}_3$ (1:0, 2:1, 5:1, 10:1 e 20:1) más un tratamiento testigo. Una vez aplicados los tratamientos, el suelo fue incubado durante 40 días. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Se realizaron tres cortes en los cuales fueron analizados la producción de MS y la concentración de nutrimentos en la parte aérea de la planta. Se hicieron, además, análisis químico del suelo al iniciar y al finalizar el ensayo. En el suelo, las alteraciones en las concentraciones de Ca y Mg intercambiables fueron proporcionales a las variaciones en las relaciones de Ca:Mg del correctivo, así como las concentraciones Ca:Mg en la planta. La producción de MS no presentó diferencia significativa en el primer corte. En el segundo corte, las mayores producciones ocurrieron cuando el correctivo suministró Mg, independiente de la amplitud de la relación Ca:Mg. En el tercer corte, la producción obtenida con la relación 20:1 fue significativamente menor, lo que evidencia la importancia de suministrar Mg a *P. purpureum* cv. Napier.

Summary

The effect of different $\text{CaCO}_3:\text{MgCO}_3$ ratios (1:0, 2:1, 5:1, 10:1, 20:1) on the yield and quality of *Pennisetum purpureum* cv. Napier was studied in a greenhouse trial, using a medium-textured Red Yellow Latosol. A check treatment was also included. Once the treatments were applied, the soil was incubated for 40 days. A completely randomized design was used with four replicates. Three cuttings were performed, and the DM yield and nutrient concentrations in aerial parts of plants were analyzed. The soil was also submitted to chemical analyses at the beginning and at the end of the trial. The alterations in exchangeable Ca and Mg concentrations in the soil were proportional to the variations in the Ca:Mg ratios applied; the same occurred with plant Ca:Mg concentrations. Dry matter yield was not affected by treatments at the first cutting. At the second cutting, however, yields were higher when Mg was applied, regardless of the Ca:Mg ratio. At the third cutting, the yield obtained with the 20:1 Ca:Mg was significantly lower, evidencing the importance of supplying Mg in *P. purpureum* cv. Napier.

Referências

- Alcarde, J. C. 1985. Corretivos da acidez dos solos: características de qualidade. En: Malavolta, E. (coord.). Seminário sobre Corretivos Agrícolas. Fundação Cargill, Piracicaba. p. 97-119.
- Almeida, J. R. e Resende, M. 1985. Considerações sobre o manejo de solos rasos desenvolvidos de rochas pelíticas no Estado de Minas Gerais. Informe Agropecuário 11(128):19-26.
- Bear, F. E. e Toth, S. J. 1948 Influence of calcium on availability of other soil cations. Soil Sci. 65(1):69-75.
- Blanchar, R. W.; Rehm, G.; e Caldwell, A. C. 1965. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acids. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 1(29):71-72.
- Bull, L. T.; Nakagawa, J.; e De Pieri, J. C. 1993. Absorção de nutrientes e produção de alho em função da saturação de bases e de relações Ca:Mg do solo. Hort. Bras. 11(2):142-145.
- Carmelo, Q. A. de C. 1989. Saturação por bases e relações entre K, Ca e Mg no solo na nutrição potássica do milho (*Zea mays* L.) cv. Piranão. Tese de Doutorado. ESALQ, Piracicaba. 105 p.
- Coelho, F. S. e Verlengia, F. 1973. Fertilidade do solo., Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas. 384 p.
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 1979. Serviço nacional de levantamento e conservação do solo. Manual de métodos de análise do solo. Rio de Janeiro.
- Fageria, N. K. 1973. Absorption of magnesium and its influence on the uptake of phosphorus, potassium and calcium by intact groundnut plants. Plant Soil 40(2):313-320.
- Grant, C. A. e Racz, G. J. 1987. The effect of Ca and Mg concentrations in nutrient solution on the dry matter yield and Ca, Mg e K content of barley (*Hordeum vulgare* L.). Can. J. Soil Sci. 67(4):857-865.
- Key, J. L.; Kurtz, L. T.; e Tucker, B. B. 1962. Influence of ratio of exchangeable calcium:magnesium on yield and composition of soybean and corn. Soil Sci. 93:265-270.
- Lima, J. de A.; Defelipo, B. V.; Novais, R. F. de; e Thiébaud, J. T. 1981. Efeito das relações Ca/Mg e (Ca+Mg)/K na correção da acidez de dois latossolos e na produção de matéria seca do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill) cv. 'Kada'. Rev. Ceres 28:103-115.
- Loyola Jr., E. e Paiva, M. A. 1989. Seletividade de troca de cátions em solos ácidos. Rev. Bras. Ciência do Solo 13(2):131-138.

Malavolta, E. 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. Ceres, São Paulo. 254 p.

_____; Vitti, G. C.; e Oliveira, S. A. de. 1989. Avaliação do estado nutricional de plantas, princípios e aplicações. Potafós, Piracicaba. 201 p.

Mengel, K. e Kirkby, E. A. 1987. Principles of plant nutrition. 4a. ed. International Potash Institute. 687 p.

Rodrigues, L. R. de A. e Reis, A. 1993. Estabelecimento da cultura do capim-elefante. En: 10th Simpósio sobre manejo da pastagem. Anais. FEALQ, Piracicaba. p. 63-85.

Silvestre, J. R. e Reis, D. L. dos. (s.f.). A experiência da assistência técnica pública e privada e da extensão rural na difusão de tecnologia do capim-elefante sob pastejo. 27 p.

Vettori, L. 1969. Métodos de análise do solo. Equipe de pedologia e fertilidade do solo. Bol. tec. no. 7. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro. 24 p.

Werner, J. C. 1984. Adubação de pastagens. Bol. tec. no. 18. Instituto de Zootecnia, Nova Odessa. 49 p.