

EFEITO DE DOSES DE ENXOFRE NA PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO MINERAL DA ALFAFA¹

ADÔNIS MOREIRA², JANICE GUEDES DE CARVALHO³ e ANTÔNIO RICARDO EVANGELISTA⁴

RESUMO - Estudou-se o efeito do enxofre (S) na produção e composição mineral da alfafa, num experimento conduzido em vasos de plástico com cinco litros de Latossolo Vermelho-Escuro distrófico de cerrado (Oxissolo). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial (4 x 6), com cinco repetições. Foram estudadas quatro doses de S (0, 25, 50 e 100 mg dm⁻³ na forma de CaSO₄·2H₂O) e uma dose de sulfato de potássio (50 mg dm⁻³ de S) em seis épocas de corte. Mediram-se as produções de matéria seca (MS) e teores de proteína bruta (PB), P, K, Ca, Mg e S na matéria seca. As produções de matéria seca e teores de P e S variaram em função das doses de enxofre e das épocas de corte. As maiores produções de MS foram observadas nos tratamentos que receberam 100 mg dm⁻³ de S, e as menores, nos que não receberam S. Os dois últimos cortes apresentaram as menores produções, provavelmente em decorrência do esgotamento dos nutrientes. Os teores de S aumentaram com as doses; foram maiores nos primeiros cortes que nos últimos. O inverso foi observado com os teores de P, o que indica efeito diluição ou interação negativa entre P e S. Os teores de PB, K, Ca e Mg variaram de acordo com as épocas de corte.

Termos para indexação: gesso, matéria seca, *Medicago sativa*, nutrientes, proteína bruta, sulfato de potássio.

LEVELS OF SULFUR EFFECTS ON ALFALFA PRODUCTION AND MINERAL COMPOSITION

ABSTRACT - The sulfur (S) effect on alfalfa production and mineral composition was studied in plastic pots of five liters of soil Oxisol (Dark-Red Latosol dystrophic). The experimental design was completely randomized factorial scheme (4 x 6) with five replications. Four levels of sulfur (0, 25, 50 and 100 mg dm⁻³ of CaSO₄·2H₂O) and one level of K₂SO₄ (50 mg dm⁻³ of S) in six cutting times, were studied. The analyzed variables were: dry matter production (DM) and amounts of crude protein (CP), P, K, Ca, Mg and S in the dry matter. The dry matter production and the P and S levels varied according to the sulfur dosage and the cutting time. The highest DM levels were observed with the 100 mg dm⁻³ of S treatment, and the lowest with the one that did not receive S. The last two samples showed the lowest production, probably due to the nutrient extraction. The levels of S raised with sulfur application and diminished in the last cuttings. The opposite was observed with the level of P indicating a diluting effect or a negative interaction between P and S. The levels of CP, K, Ca and Mg varied according to the cutting number.

Index terms: crude protein, dry matter, gypsum, *Medicago sativa*, nutrients, potassium sulfate.

INTRODUÇÃO

A alfafa é originária do Sudoeste da Ásia, de onde foi levada para a Europa. Posteriormente foi difun-

dida nas Américas pelos espanhóis. O Chile, o Peru e o Uruguai foram os primeiros países a cultivá-la na América do Sul. Sua introdução no Brasil se fez através da Argentina e do Uruguai. As evidências são de que o Estado do Rio Grande do Sul tenha sido o primeiro a cultivá-la, seguindo-se-lhe os estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo (Nuernberg et al., 1990) e Minas Gerais, onde a produção média é de 8.000 kg de feno ha⁻¹ ano⁻¹ (Anuário Estatístico do Brasil, 1989). O interesse no cultivo da alfafa está ligado principalmente às suas qualidades nutritivas. Ela é rica em proteínas,

¹ Aceito para publicação em 10 de janeiro de 1997.

Trabalho financiado pela FAPEMIG. Apresentado na 29ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Lavras, MG, 1992.

² Eng. Agr., Pós graduando do Dep. de Ciência do Solo, ESALQ/USP, Caixa Postal 09, CEP 13418-900 Piracicaba, SP. Bolsista da CAPES.

³ Eng. Agr., Dr.ª, Prof.ª. Titular, Dep. de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG. Bolsista do CNPq.

⁴ Eng. Agr., Dr., Prof. Titular, Dep. de Zootecnia, UFLA. Bolsista do CNPq.

Ca, P e vitaminas A e C, e produz forragem tenra, suculenta e muito palatável, de modo que tais características lhe conferiram o título de "rainha das forrageiras" (Nuernberg et al., 1990).

A alfafa é uma leguminosa mais adaptada a solos neutros ou alcalinos (pH 6,5 a 7,5); extremamente exigente em fertilidade do solo, com altas exigências de P, S e K; é utilizada frequentemente para a produção de feno (Rocha & Evangelista, 1991).

De acordo com Griffith (1974), mesmo em solos considerados suficientes em S disponível, a aplicação desse nutriente duplicou a produção de matéria seca, passando de 4.020 para 9.410 e 9.690 kg ha⁻¹ com o emprego de 56 kg ha⁻¹ de S, na forma de S elementar e de gesso, respectivamente; houve, ainda, aumento no conteúdo de proteína na planta. Segundo Jones et al. (1971), em condições de moderada deficiência de S o conteúdo de proteína das plantas é reduzido, sem que ocorra redução do crescimento da planta; a deficiência severa desse nutriente reduz a taxa de síntese protéica mais do que a taxa de fixação de N, o que provoca acúmulo de N não-protéico (Spencer, 1959).

Com relação ao nível crítico de S na parte aérea da alfafa, em estágio de pré-floração, diversos trabalhos sobre o assunto indicam valores de 2,0 g kg⁻¹ de matéria seca (Andrew, 1977), embora Gilbert & Robson (1984) tenham encontrado nível inferior (1,3 g kg⁻¹), valor que pode ter sido subestimado pelo fato de a produção da alfafa não ter atingido o máximo da curva de resposta.

A alfafa é uma cultura exigente em S, e existem poucas informações sobre as necessidades de adubação com este nutriente nas condições de cerrado.

Este trabalho objetivou avaliar os efeitos do enxofre, aplicado na forma de gesso e sulfato de potássio na produção de matéria seca e nos teores de proteína bruta, P, K, Ca, Mg e S na alfafa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), região sul de Minas Gerais, nas coordenadas 21°14'6" de latitude sul e 45°0' de longitude oeste, a uma altitude média de 900 m.

Foram colocadas dez sementes em vasos de plástico com cinco litros de capacidade, e, posteriormente,

selecionadas cinco plantas por vaso, com a cultivar Crioula como planta-teste. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (Oxissolo), de cerrado (pH_{água} = 4,8; P = 2 mg dm⁻³; K = 40 mg dm⁻³; Ca = 0,4 cmol_c kg⁻¹; Mg = 0,1 cmol_c kg⁻¹; S = 5,1 mg dm⁻³; M.O. = 30,8 g kg⁻¹ e V = 11%), coletado no município de Lavras, MG, na camada de 0 - 25 cm de profundidade. Para elevar o índice de saturação por base ao valor de 80%, fez-se calagem (40% de CaO e 15% de MgO) 60 dias antes da aplicação dos tratamentos. O solo recebeu adubação básica nas seguintes doses (em mg dm⁻³): P - 200, K - 150, B - 0,5, Cu - 1,5, Fe - 5,0, Mn - 3,0, Mo - 0,1, Zn - 5,0 e Co - 0,01; estas doses estavam de acordo com Malavolta (1980) no tocante a experimentos em casa de vegetação.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial de 4 x 6, contendo cinco doses de S (0; 25; 50 e 100 mg dm⁻³ de S na forma de CaSO₄.2H₂O e 50 mg dm⁻³ de S na forma de K₂SO₄, sem a correção do nível de cálcio) e seis épocas de corte, com cinco repetições.

O primeiro corte foi realizado três meses após o plantio; os posteriores foram feitos com base em 10% do florescimento total do experimento. Após cada corte, o material foi pesado e levado à estufa a 65°C, onde permaneceu até atingir peso constante. Após a moagem, determinaram-se os teores de N, P, K, Ca, Mg e S, conforme Malavolta et al. (1989). O teor de PB foi obtido multiplicando o teor de N pelo fator 6,25.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, ao teste de comparação de médias (Tukey 5%), e à regressão polinomial (Pimentel-Gomes, 1987).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de produção de matéria seca são apresentados na Fig. 1. Pela análise de regressão, observou-se que os níveis de S na forma de gesso exerceram efeito positivo sobre o rendimento da alfafa; a produtividade máxima esperada foi de 20,4 g vaso⁻¹, obtida com a dose de 100 mg dm⁻³ de S. As duas fontes de S não afetaram a produção (Tabela 1).

Griffith (1974) verificou que até a dose mais elevada de S (80 kg ha⁻¹) a produção de alfafa foi crescente. Assim, a produção de matéria seca subiu de 7.500 (sem S) para 15.100 kg ha⁻¹ e 17.300 kg ha⁻¹ (com 40 e 80 kg ha⁻¹ de S, respectivamente). Conforme os dados da Tabela 2, a maior produtividade

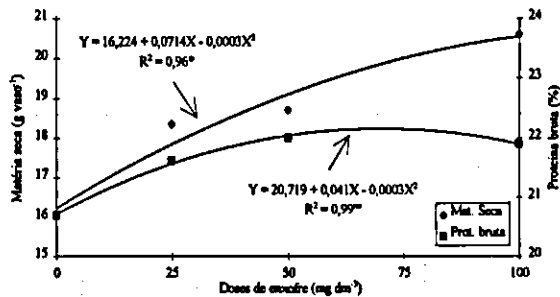


FIG. 1. Produção de matéria seca e proteína bruta em função das doses de enxofre aplicadas na forma de gesso. Média de seis épocas de corte (* significativo a 5% de probabilidade; ** não-significativo).

TABELA 1. Efeito das fontes de S na produção de matéria seca (MS) e teor de proteína (PB) na alfafa. Média de seis épocas de corte¹.

Doses de S (mg dm ⁻³)	MS (g vaso ⁻¹)	PB (%)
0	16,0b	20,7a
50 (gesso)	18,7a	22,0a
50 (K ₂ SO ₄)	19,3a	21,8a
Médias	18,0	21,5

¹ Médias seguidas por letras distintas diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

ocorreu no terceiro corte. Resultados semelhantes foram obtidos por Jones & Quagliato (1970), que observaram aumento proporcional na produção de matéria seca com a elevação no suprimento de S, efeito este mais pronunciado no terceiro corte da alfafa.

Os teores de S e P variaram de acordo com as doses e época de corte (Fig. 2 e Tabela 2). Os teores foliares de S aumentaram em razão dos níveis de gesso aplicado (Fig. 2). O aumento contínuo do teor de S foi acompanhado por idêntico aumento na produção de matéria seca (Fig. 1). Pela análise de regressão, observou-se que o teor de S na parte aérea variou quadraticamente, e a produtividade média máxima foi obtida quando o teor de S na folha alcançou 1,5 g kg⁻¹ na dose 100 mg dm⁻³, resultado de acordo com Martin & Walker (1966), que mesmo trabalhando com doses inferiores, observaram que a quantidade de S removida foi crescente até a dose máxima de 55 g ha⁻¹ de S. A média da concentra-

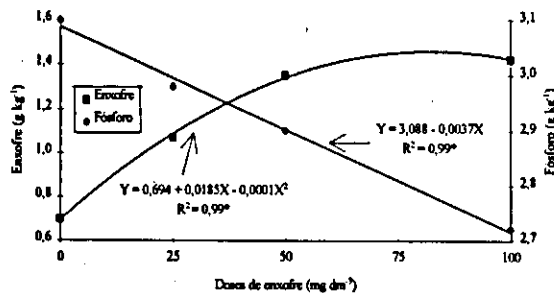


FIG. 2. Teores de S e P na matéria seca, em função das doses de enxofre aplicadas na forma de gesso. Média de seis épocas de corte (* significativo a 5% de probabilidade).

ção de S no material colhido, apresentou-se sempre aquém do nível crítico de 2,0 g kg⁻¹ na matéria seca, apontado por Andrew (1977) e de 2,4 g kg⁻¹ conforme Rhykerd & Overdahl (1972). Entretanto, a relação N/S nos tecidos, que é um índice muito utilizado na avaliação do estado nutricional das plantas, mostrou, no presente estudo, valor médio de 28,3, superior a valores considerados ideais, tais como 11,4 (Hanson et al., 1984) e 20,0 (Gilbert & Robson, 1984).

Os teores médios de P na matéria seca estiveram sempre acima do nível crítico de 2,4 g kg⁻¹ estabelecido por Andrew & Robins (1969a), variando conforme a análise de regressão de 2,7 g kg⁻¹ a 3,1 g kg⁻¹ (Fig. 2), o que indica influência do efeito de diluição ocorrido nas plantas por causa do aumento da produção de matéria seca (Rehm, 1987). Para Rhykerd & Overdahl (1972), a inibição competitiva entre P e S também pode influenciar a absorção desses dois nutrientes; a falta de S favorece a absorção de P; quando se agrega P ao S, a absorção de P é reduzida.

Os teores de proteína bruta (Fig. 1 e Tabelas 1 e 2), K, Ca e Mg (Fig. 2 e Tabelas 2 e 3) variaram apenas em função da época de corte. Resultados semelhantes foram encontrados por Malavolta et al. (1984), que não observaram influência do S nos teores de PB, K, Ca, e Mg nos cultivos realizados. O teor de PB encontrado na matéria seca foi satisfatório, com média geral de 21,6%. A análise geral dos dados não mostrou diferenças significativas entre os tratamentos nos quais os valores

TABELA 2. Produção de matéria seca e teores de proteína bruta, P, K, Ca, Mg e S na matéria seca da parte aérea. Média de cinco repetições.

Época	Doses de S (gesso) (mg dm ³)	MS (g vaso ⁻¹)	PB (%)	P	K	Ca Mg S		
						(g kg ⁻¹)		
1	0	18,3	22,8	2,5	28,2	14,9	2,9	1,0
	25	18,2	20,5	2,5	23,6	14,7	2,8	0,9
	50	17,3	19,9	2,2	19,3	15,5	2,8	1,5
	100	18,8	22,1	2,2	26,3	16,8	3,0	1,3
2	0	17,8	21,8	2,1	21,8	19,0	4,0	0,8
	25	16,5	23,3	2,2	23,3	18,6	4,0	1,5
	50	16,7	22,1	2,5	22,3	20,8	5,3	2,0
	100	17,4	22,6	2,0	19,6	20,6	6,0	2,0
3	0	18,7	20,6	4,2	27,9	12,5	3,5	0,7
	25	21,3	22,9	4,1	26,1	12,0	2,9	1,0
	50	20,8	23,5	3,9	28,0	11,4	3,1	1,3
	100	24,0	22,8	3,6	25,3	12,5	3,0	1,4
4	0	10,4	19,9	3,9	19,5	15,0	4,5	0,6
	25	19,4	21,0	3,3	15,4	15,0	4,4	1,0
	50	19,0	22,6	3,1	17,8	14,2	4,2	1,4
	100	22,0	23,8	2,9	14,3	15,0	4,2	1,5
5	0	16,4	23,1	3,2	20,6	10,1	3,4	0,6
	25	18,8	24,3	3,3	21,6	11,3	3,2	1,0
	50	19,7	25,4	3,2	23,0	11,2	3,7	1,1
	100	21,8	23,8	3,3	22,0	11,2	3,4	1,2
6	0	14,6	15,8	2,4	14,5	4,5	3,6	0,6
	25	15,9	17,7	2,5	11,9	4,4	3,5	1,0
	50	18,5	18,7	2,4	13,1	6,1	3,5	0,8
	100	19,7	16,3	2,3	10,5	6,0	3,3	1,1

TABELA 3. Efeito de fontes de S nos teores (g kg⁻¹) de P, K, Ca, Mg e S na matéria seca da parte aérea. Média de seis épocas de corte¹.

Dose (mg dm ³)	P	K	Ca	Mg	S
0	3,1a	22,1a	12,7a	3,7a	0,7b
50 (gesso)	2,9a	20,6a	13,2a	4,2a	1,4a
50 (K ₂ SO ₄)	2,8a	20,3a	13,6a	4,1a	1,2a
Médias	2,9	21,0	13,2	4,0	1,2

¹ Médias seguidas por letras distintas diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

percentuais de PB variaram de 22,0%, no tratamento 50 mg dm⁻³ de S na forma de CaSO₄.2H₂O, até 20,7% de PB, no tratamento sem S (Fig. 1 e Tabela 3). Este resultado corrobora os obtidos por Hanson et al. (1984), que também não observaram incremento no teor de PB com o aumento das doses

de S. Os teores encontrados neste trabalho estão abaixo dos obtidos por Bassols et al. (1979), que, cortando alfafa em pré-florescimento, encontraram 22,5% de proteína bruta.

O teor médio de K presente na matéria seca, 20,7 g kg⁻¹, pode ser julgado satisfatório, considerando-se o nível crítico de 12,0 g kg⁻¹ (Andrew & Robins, 1969b) e sendo superior ao de 18,2 g kg⁻¹ obtido por Leach (1983), em Queensland, Austrália. Contudo, situou-se bem abaixo do valor encontrado por Haag & Hass (1982), equivalente a 42,2 g kg⁻¹, em cultivo de alfafa no Município de Indaiatuba, São Paulo.

Conforme a Fig. 3, o teor médio de 13,0 g kg⁻¹ de Ca presente na matéria seca, obtido pela análise de regressão, está abaixo do valor médio (23,1 g kg⁻¹) indicado por Wagner & Jones (1968). A Fig. 3 e a Tabela 3 mostram que quando se eleva a saturação de bases a 80% não há influência do teor de Ca exis-

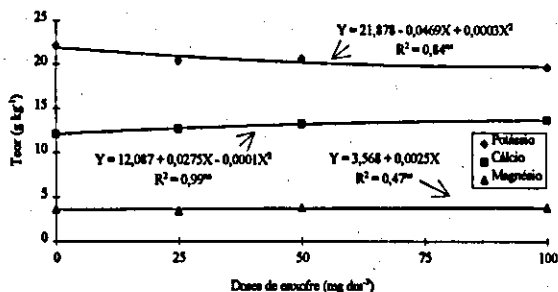


FIG. 3. Teores de K, Ca e Mg na matéria seca, em função das doses de enxofre aplicadas na forma de gesso. Média de seis épocas de corte (** não-significativo a 5% de probabilidade).

tente no gesso, o qual passa a ser preferencialmente fonte de S. Com relação à concentração de Mg na matéria seca, pode-se constatar que não houve influência do S no teor foliar; o valor médio alcançado, de 3,7 g kg⁻¹ é superior aos indicados por Rhykerd & Overdahl (1972), Haag & Hass (1982), e inferior aos obtidos por Leach (1983), respectivamente 3,0, 3,1 e 4,6 g kg⁻¹. Estes teores aparentemente não afetaram a produção.

CONCLUSÕES

1. As doses de S e épocas de corte influenciam sensivelmente a produção de matéria seca da alfafa.
2. Os teores de S na alfafa aumentam com as doses crescentes de gesso, e o inverso ocorre com o teor de P.
3. Em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, nas condições de Lavras, as doses e fontes de S não afetam os teores de proteína bruta, K, Ca e Mg na alfafa, que, no entanto são afetadas pela época de corte.

AGRADECIMENTOS

Ao pesquisador Dr. Adonias de Castro Virgens Filho, do CEPEC-CEPLAC/Itabuna, pelas sugestões na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANDREW, C.S. The effect of sulphur on the growth, sulphur and nitrogen concentrations, and critical sulphur concentrations of some tropical and temperate pasture legumes. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v.28, p.807-820, 1977.
- ANDREW, C.S.; ROBINS, M.F. The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. I. Growth and critical percentages of phosphorus. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v.20, p.665-674, 1969a.
- ANDREW, C.S.; ROBINS, M.F. The effect of potassium on the growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. I. Growth and critical percentages of potassium. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v.20, p.999-1007, 1969b.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL-1987/1988. Rio de Janeiro: IBGE, v.48, p.331, 1989.
- BASSOLS, P.A.; PAIM, N.R.; JACQUES, A.V.A. Estudos comparativos de cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.) introduzidos no Rio Grande do Sul. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.8, n.1, p.16-32, 1979.
- GILBERT, M.A.; ROBSON, A.D. Sulfur nutrition of temperate pasture species. II. A comparison of subterranean clover cultivars, medics and grasses. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v.35, p.389-398, 1984.
- GRIFFITH, W.K. Satisfying the nutritional requirements of established legumes. In: MAYS, D.A. (Ed.). *Forage Fertilization*. Madison: Soil Science Society of America, 1974. p.147-169.
- HAAG, H.P.; HASS, F.J. Recrutamento de nutrientes por uma cultura de alfafa (*Medicago sativa* L.). *O Solo*, Piracicaba, v.74, n.1, p.65-70, 1982.
- HANSON, R.G.; RISNER, N.; MALEDY, S.R. Sulfur fertilization of two aquic hapludalf soils. I. Effect on alfalfa yield and quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.15, n.2, p.227-237, 1984.
- JONES, M.B.; QUAGLIATO, J.L. Respostas de quatro leguminosas tropicais e da alfafa a vários níveis de enxofre. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.5, p.359-363, 1970. (Série Agronomia, 3).
- JONES, R.K.; ROBISON, P.S.; HAYDOCK, K.P.; MEGARRITY, R.G. Sulfur-nitrogen relationship in

- the tropical legume *Stylosanthes humilis*. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v.22, p.885-894, 1971.
- LEACH, G.J. Influence of rest interval, grazing duration and mowing on the growth, mineral content and utilization of a lucerne pasture in a subtropical environment. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v.101, p.169-183, 1983.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. Piracicaba: Ed. Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; FORNASIERI FILHO, D.; ROSOLEM, C.A.; MUTON, M.A.; EIMORI, I.; MALAVOLTA, M.A.; MORAES, R.X. Capim colômbio (*Panicum maximum* Jacq). In: MALAVOLTA, E. (Ed.). Efeitos de doses e fontes de enxofre em culturas de interesse econômico. São Paulo: SN Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio, 1984. p.9-22. (Boletim Técnico, 3).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 210p.
- MARTIN, W.E.; WALKER, T.W. Sulfur requirements and fertilization of pasture and forage crops. *Soil Science*, Baltimore, v.101, n.2, p.248-257, 1966.
- NUERNBERG, N.J.; MILAN, P.A.; SILVEIRA, C.A.M. Manual da produção de alfafa. Florianópolis: EMPASC, 1990. 102p.
- PIMENTEL-GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. Piracicaba: Nobel, 1987. 467p.
- REHM, G.W. Application of phosphorus and sulfur on irrigated alfalfa. *Agronomy Journal*, Madison, v.79, n.3, p.973-979, 1987.
- RHYKERD, C.L.; OVERDAHL, C.J. Nutrition and fertilizer use. In: HANSON, C.H. (Ed.). *Alfalfa Science and Technology*. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1972. v.2, p.437-468.
- ROCHA, G.P.; EVANGELISTA, A.R. Forragicultura. Lavras: ESAL/FAEPE, 1991. 195p.
- SPENCER, K. Growth and chemical composition of white clover as affected by sulfur supply. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v.10, p.500-509, 1959.
- WAGNER, R.E.; JONES, M.B. Fertilization of high yielding forage crops. In: NELSON, L.B.; McVICKECAR, M.H.; MUNSON, R.D.; SEATZ, L.F.; TISDALE, S.L.; WHITE, W.C. (Eds.). *Changing patterns on fertilizer use*. Madison: Soil Science Society of Fertilizer Use, 1968. p.297-326.