



## Relação fósforo e magnésio na fertilidade do solo, estado nutricional e produção da alfafa

A. MOREIRA<sup>(1)</sup>, R. HEINRICH<sup>(2)</sup>, J.G. CARVALHO<sup>(3)</sup> & A.R. FREITAS<sup>(1)</sup>

**RESUMO** – Com o objetivo de avaliar a influência da relação P:Mg na fertilidade do solo, estado nutricional e produção de matéria seca da alfafa, foi conduzido em vasos com Latossolo Vermelho Amarelo distrófico um experimento em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos de combinações de P (doses: 0, 100, 200 e 400 mg kg<sup>-1</sup>, fonte: superfosfato triplo) e Mg (doses: 0, 100 e 200 mg kg<sup>-1</sup>, fonte: cloreto de magnésio), nas proporções de 0, 0,5, 1, 2 e 4. No período, foram realizados três cortes, com intervalo de 30 dias (subparcelas). Os resultados demonstraram que o incremento da relação P:Mg e das doses de P e de Mg aumentam a produção de matéria seca. O teor de P e as combinações de P:Mg no tecido vegetal apresentaram estreita relação com a proporção desses nutrientes no solo. A relação 2:1 acarretou maior teor de clorofila e N na matéria seca, enquanto altas quantidades de P no solo diminuíram a absorção de K.

**Palavras-chave:** *Medicago sativa*, clorofila, composição mineral, macronutrientes

### Introdução

Na nutrição de plantas, as interações entre nutrientes são comuns, podendo ocorrer tanto na solução do solo como nas plantas. Na cinética de absorção, a velocidade de dado elemento pode ser aumentada, diminuída, ou não ser influenciada pela presença de outro íon, havendo nesses casos, ocorrência de antagonismos, inibição competitiva ou não e sinergismos. Nesse sentido, existem alguns casos comuns, como a presença do Ca<sup>2+</sup> na solução do solo impedindo a absorção exagerada de Cu<sup>2+</sup>, cuja toxicidade é evitada, a presença de grande quantidade de K<sup>+</sup> induzindo a deficiência de Mg<sup>2+</sup>, a adubação fosfatada provocando a carência de Zn<sup>2+</sup> e a dependência da absorção de nitrato da quantidade de P na solução do solo, entre outros.

A absorção do P é influenciada pela concentração de Mg no meio, podendo o Mg ser carregador do P para dentro da planta. Acredita-se também que a existência da inter-relação entre esses dois íons é

consequência da necessidade de Mg nas reações de transferência de energia. De qualquer modo, apesar de existirem resultados que indicam essa interação, ainda não existem evidências diretas do efeito do P e do Mg sobre a concentração de Mg ou de P na solução do solo, no transporte para superfície das raízes, e na absorção ou na translocação desses íons dentro das plantas.

Em decorrência desses resultados, o objetivo deste trabalho foi avaliar, em casa de vegetação, as prováveis interações e a influência da relação P:Mg na fertilidade do solo, no estado nutricional e na produção de matéria seca da alfafa.

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. Utilizou-se um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura média, coletado no Instituto de Zootecnia da Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo, no Município de Nova Odessa, na profundidade de 0 - 20 cm, com as seguintes características: pH (CaCl<sub>2</sub> 0,1 mol L<sup>-1</sup>) = 4,3, matéria orgânica = 20,3 g kg<sup>-1</sup>, P (Mehlich 1) = 6,0 mg dm<sup>-3</sup>, P (resina) = 4,0 mg dm<sup>-3</sup>, K (resina) = 0,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Ca (resina) = 0,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg (resina) = 0,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Al (KCl 1,0 mol L<sup>-1</sup>) = 2,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, H+Al = 9,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, V = 6,0%, B (água quente) = 0,5 mg kg<sup>-1</sup>, Cu (Mehlich 1) = 1,2 mg dm<sup>-3</sup>, Fe (Mehlich 1) = 45,0 mg dm<sup>-3</sup>, Mn (Mehlich 1) = 11,1 mg dm<sup>-3</sup> e Zn (Mehlich 1) = 1,5 mg dm<sup>-3</sup>.

A acidez foi corrigida com CaCO<sub>3</sub> (p.a.), para elevar a saturação por bases a 80% (Werner et al., 1996). Exceto o N, o P e o Mg, a adubação com K, B, Cu, Mn e Zn foi feita de acordo com Malavolta (1980), para experimentos conduzidos em casa de vegetação (50 mg kg<sup>-1</sup> de K, na forma de KCl; 0,5 mg kg<sup>-1</sup> de B, na forma de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 1,5 mg kg<sup>-1</sup> de Cu, na forma de CuSO<sub>4</sub>; 5,0 mg kg<sup>-1</sup> de Mn, na forma de MnSO<sub>4</sub>; e 5,0 mg kg<sup>-1</sup> de Zn, na forma de ZnSO<sub>4</sub>). Os vasos foram irrigados diariamente com água desionizada, para compensar as perdas por

<sup>1</sup>Pesquisadores da Embrapa Pecuária Sudeste, Caixa Postal 339, CEP: 13560-970 São Carlos, SP. E-mails: adonis@cnpse.embrapa.br (apresentador do trabalho); ribeiro@cnpse.embrapa.br; reinaldo@cnpse.embrapa.br

<sup>2</sup>Professor da Unesp – Campus Avançado de Dracena, 17900-000 Dracena, SP. E-mail: reges@dracena.unesp.br

<sup>3</sup>Professor da Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 37, 37200-000, Lavras, MG. E-mail: jccarvalho@ufla.br

PROCI-2007.00142

MOR

2007

SP-2007.00142

Relações fósforo e magnésio na  
2007 SP-2007.00142



17161-1

evapotranspiração e para manter o solo próximo de 70% do valor total de poros (VTP).

Após a escarificação das sementes da alfafa, foram inoculadas com *Sinorhizobium meliloti* e, posteriormente tratadas com 0,01 mg L<sup>-1</sup> de Co e 0,1 mg L<sup>-1</sup> de Mo. Nos vasos, foram semeadas dez sementes e, após o desbaste, foram deixadas três plantas uniformes. Três meses após o plantio, foram realizados, na altura de 10 cm da superfície do solo, três cortes consecutivos com intervalo de 30 dias. Após cada corte, as plantas foram secadas a ±65°C, pesadas para obtenção da matéria seca e posteriormente moídas para determinação dos teores totais de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea [1]. Antes de cada corte, foi realizada a leitura SPAD no terço médio e convertida em teor de clorofila (µg cm<sup>-2</sup>) pela equação  $\hat{y} = -77,233 + (3,54725 * SPAD)$ . Foram coletadas amostras de solo de cada tratamento antes do plantio e conjuntamente com a coleta da parte aérea das plantas para determinação de pH em água, P, K, Ca, Mg, S, Al, H+Al, CTC e saturação por bases (V%).

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F), ao teste de comparação de contraste entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises de regressão foram usadas com o objetivo de verificar os efeitos das relações dos teores foliares totais de P e de Mg sobre a produção e o estado nutricional das plantas.

## Resultados e Discussão

As relações P:Mg no solo mantiveram, nas três coletas, as proporções próximas das estabelecidas no início do experimento (Tabela 1). Observou-se também que a aplicação de CaCO<sub>3</sub> como corretivo da acidez foi eficiente na elevação da saturação por bases para valores próximos aos 80%. O pH e o teor de K trocável diminuíram com a sucessão de cortes, havendo neste caso redução nos valores obtidos antes do plantio e após o terceiro corte de 10% e 50%, respectivamente (Tabela 1). Apesar da interação negativa entre P e S na alfafa, o teor de S na planta não foi afetado pelo incremento da concentração de P no solo (Tabela 1).

No caso do K, o nutriente mais requerido pela alfafa, a diminuição da sua quantidade no solo está diretamente relacionada à exportação resultante da produção de matéria seca. Independentemente da época de corte, o aumento da relação P:Mg no solo até 4:1 (400 mg dm<sup>-3</sup> de P e 100 mg dm<sup>-3</sup> de Mg) proporcionou incremento linear significativo sobre a produção de matéria seca da alfafa.

À semelhança do ocorrido com a relação P:Mg, a produção de matéria seca apresentou correlação positiva com o teor foliar de P, em que, exceto na testemunha, os teores de P ficaram acima de 4,0 g kg<sup>-1</sup>, valor superior ao nível de suficiência de 3,0 g kg<sup>-1</sup>

Com relação ao efeito do teor foliar de Mg sobre a produção de matéria seca, verificou-se que a adubação com esse elemento resultou em resposta quadrática e positiva, com cerca de 65% dos teores situados entre 2,5 g kg<sup>-1</sup> e 3,6 g kg<sup>-1</sup> de Mg, valores que estão próximos do nível crítico de 3,0 g kg<sup>-1</sup>.

O teor de P na matéria seca da parte aérea foi significativamente influenciada pela relação P:Mg do solo, o mesmo não ocorrendo com o teor foliar de Mg. Observou-se também que o incremento obtido no teor foliar de P, à semelhança do teor de Mg, está diretamente relacionado às quantidades utilizadas para obtenção das concentrações de P e de Mg disponíveis no solo, não havendo neste caso interação dos nutrientes na absorção. Da mesma forma do P, as relações entre os íons estudados influenciaram de forma quadrática e significativa as relações foliares de P:Mg na matéria seca da parte aérea. Verificou-se também que os teores de P na matéria seca estão diretamente relacionados com a concentração do nutriente no solo.

Os teores foliares de N, de K e de clorofila foram significativamente influenciados pela aplicação de fósforo e de magnésio, havendo no caso da clorofila e do N respostas positivas e quadráticas (Tabela 2), com ponto de máxima produção próximo da relação 2:1.

Houve efeito linear significativo e negativo das concentrações de P e de Mg sobre o teor de K, havendo neste caso, diminuição de 18% da testemunha para a relação 4:1 (Tabela 2). Tal resultado demonstra que, além do efeito de diluição, existiu o efeito de inibição entre o Mg e o K [2], verificado na relação 1:1. Apesar da variação dos teores de K, na média, esses teores mantiveram-se acima do nível crítico de 13,3 g kg<sup>-1</sup> a 13,6 g kg<sup>-1</sup> de K [3].

A variação da relação P:Mg não se refletiu nos teores de Ca e de S na matéria seca da parte aérea (Tabela 2). Observou-se que, mesmo o Ca fazendo parte da composição do superfosfato triplo, a correção da acidez solo para alcançar saturação por bases de 80% com CaCO<sub>3</sub> foi suficiente para não ocasionar variação significativa no teor de Ca, que permaneceu na faixa de suficiência de 8 a 30 g kg<sup>-1</sup>. Com relação ao teor de S na matéria seca, ele ficou, na média, acima do nível crítico de 1,5 g kg<sup>-1</sup> obtido com a cultivar Crioula [4].

## Conclusões

A relação P:Mg do solo e os teores de P e de Mg no tecido vegetal tiveram influência significativa sobre a produção de matéria seca da alfafa.

A relação 2:1 acarretou o maior teor de clorofila e de nitrogênio, enquanto altas quantidades de P no solo diminuíram a absorção de K.

As relações P:Mg não afetaram o teor foliar Ca e S presente na matéria seca.

#### Referências

[1] MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

[2] MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.

[3] RANDO, E.M.; SILVEIRA, R.I. Desenvolvimento da alfafa em diferentes níveis de acidez, potássio e enxofre no solo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.19, p.235-242, 1995.

[4] MOREIRA, A.; CARVALHO, J.G.; EVANGELISTA, A.R. Efeito de doses de enxofre na produção e composição mineral da alfafa. **Pesq. Agr. Bras.**, v.32, p.533-538, 1997.

**Tabela 1** - Análise química do solo antes do plantio e após os cortes da alfafa.

P:Mg	pH	P	S-SO <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	CTC	V	P:Mg <sup>(1)</sup>
		--- mg dm <sup>-3</sup> ---		----- mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				%	
Antes do plantio									
0	6,6	2	-	3,2	26	4	44,2	75,1	0,04
0,5	6,4	44	-	1,6	22	14	47,6	78,9	0,26
1	6,3	44	-	2,0	19	13	45,0	75,6	0,28
2	6,2	64	-	2,2	24	9	46,2	76,2	0,59
4	6,2	112	-	2,1	26	13	53,1	77,4	0,72
Após o 1º corte									
0	6,1	2	6,0	3,6	27	4	45,6	75,9	0,04
0,5	6,2	42	6,2	2,8	27	17	56,8	82,4	0,21
1	6,6	50	4,8	2,9	24	12	48,9	79,6	0,35
2	6,4	68	8,5	2,8	24	10	46,8	78,6	0,67
4	5,7	96	9,7	1,8	25	5	44,8	71,0	1,60
Após o 2º corte									
0	5,6	2	3,5	0,9	30	8	51,9	74,9	0,02
0,5	6,0	41	8,5	1,0	21	21	55,0	78,2	0,16
1	5,8	52	3,5	1,6	21	19	52,6	79,1	0,23
2	5,7	78	11,0	1,4	19	12	44,4	72,9	0,54
4	6,1	128	11,0	2,0	25	13	51,0	78,5	0,82
Após o 3º corte									
0	5,8	2	4,7	1,8	30	4	50,8	70,5	0,04
0,5	5,6	80	3,5	0,8	25	13	55,8	69,6	0,51
1	5,6	96	8,2	0,9	26	13	54,9	72,7	0,62
2	5,8	100	7,2	0,9	26	13	54,9	72,7	0,64
4	5,8	128	6,0	1,1	25	6	45,1	71,2	1,78

<sup>1</sup>Relação entre o P e Mg disponível do solo. <sup>2</sup>P disponível e K trocável - extrator Mehlich 1; Ca, Mg e Al trocáveis - extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; H+Al - tampão SMP; S-SO<sub>4</sub> - extrator 0,1 mol L<sup>-1</sup> Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O.

Tabela 2 - Teor de clorofila e concentração de N, K, Ca e S na matéria seca da parte aérea da alfafa.

P	Mg	Relação	Clorofila	N	K	Ca	S
mg kg <sup>-1</sup>		P/Mg	µg cm <sup>-2</sup>			g kg <sup>-1</sup>	
0	0	0	221,3	32,4	20,7	27,9	2,1
100	200	0,5	261,4	33,0	18,0	21,6	2,2
100	100	1	280,9	32,4	18,5	24,2	2,1
200	100	2	283,4	34,3	18,7	21,1	2,3
400	100	4	209,2	33,1	17,0	24,2	2,1
Médias			251,2	33,0	18,6	23,8	2,2
Efeito linear			ns	ns		ns	ns
Efeito quadrático			**	*		ns	ns

\* e \*\* significativo a 5% e 1% pelo teste F, respectivamente; ns não significativo. Média de três épocas de cortes e de três repetições.