

Eficiência do fosfato natural de Gafsa associado à calagem e gesso e sintomas nutricionais da alfafa, *Medicago sativa* L.

Patrícia Sarmento^{1*}, Moacyr Corsi² e Fábio Prudêncio de Campos²

¹Departamento de Zootecnia, FCAV, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/nº km 5, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Produção Animal, Esalq - USP, C.P. 9, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: psarment001@yahoo.com.br

RESUMO. A alfafa *Medicago sativa* L. (Poaceae), foi cultivada em vasos, utilizando Latossolo Vermelho-amarelo Álico. O objetivo do trabalho foi avaliar o índice de eficiência agrônomo (IEA) do fosfato de Gafsa (FG) e do FG com gesso, aplicados antes e após a calagem em relação ao superfosfato triplo (ST), nas doses de 50, 100 e 200 mg P dm⁻³; e relacionar os nutrientes do solo com os tratamentos e com os sintomas nutricionais. Foram realizadas três semeaduras. O IEA foi baixo na primeira e alto na terceira semeadura; o teor de fósforo no solo apresentou-se maior com o FG comparado ao ST somente após o último corte; o momento de calagem não interferiu na concentração de fósforo no solo; a deficiência de fósforo causou crescimento reduzido e arroxamento de hastes, enquanto que o excesso de manganês ocasionou amarelecimento e arroxamento das bordas das folhas; a eficiência do FG aumentou com o tempo.

Palavras-chave: fontes de fósforo, índice de eficiência agrônomo, *Medicago sativa* L., deficiência de fósforo, toxicidade por manganês.

ABSTRACT. Efficiency of Gafsa phosphate associated with liming and gypsum and alfalfa *Medicago sativa* L. nutrient symptoms. This experiment was carried out in glasshouse, Alfalfa, *Medicago sativa* L. (Poaceae), was cultivated in Typical Mapluolox soil. The study aimed at evaluating the agronomic efficiency index (AEI) of Gafsa phosphate (GP) and of GP with gypsum application before and after liming compared to triple superphosphate (TS), at the rates of 50, 100 and 200 mg P dm⁻³, as well as relating soil nutrients with the treatments and with the nutrient symptoms. Three sowings were made. All GP combinations presented a very low AEI during the first sowing and high in third sowing. A higher soil phosphorus concentration was obtained with GP than TS only after ultimate harvest. Liming before or after phosphate fertilization had similar responses on soil phosphorus concentration. Phosphorus deficiency occasioned reduced growth and purple stem. Symptoms of manganese toxicity were characterized by a yellow and purple color in the leave borders. The efficiency of GP increased with the time.

Key words: phosphorus sources, agronomic efficiency index, *Medicago sativa* L., phosphorus deficiency, manganese toxicity.

Introdução

O fósforo é essencial para o crescimento da alfafa, *Medicago sativa* L. (Poaceae) e sua deficiência interfere na fixação biológica de nitrogênio (Lanyon e Griffith, 1988). A alfafa é uma leguminosa que apresenta maior nível crítico interno de fósforo, quando comparada às leguminosas tropicais (Lobato *et al.*, 1985). No entanto, os sintomas de carência de fósforo são difíceis de serem detectados (Kelling, 1990). Quando a concentração de fósforo no solo encontra-se deficiente, somente se nota a diminuição na

produtividade da alfafa, lento crescimento, atraso na floração e frutificação (Honda e Honda, 1990).

O fósforo é um dos nutrientes mais importantes para o estabelecimento na produção de alfafa e para a longevidade da cultura, devido ao baixo nível de P nos solos brasileiros. Diversos adubos fosfatados são encontrados no comércio, distinguindo-se na concentração de fósforo e na sua solubilidade (Raij, 1991). Os fosfatos solúveis em água são os mais caros e os melhores adubos fosfatados utilizados no plantio. Existem os fosfatos de rocha nacionais, que são de menor preço, mas apresentam baixa eficiência agrônomo em relação às fontes solúveis. Por outro

lado, os fosfatos naturais importados, como o de Gafsa, possuem maior solubilidade que os nacionais, e podem ser tão eficientes quanto os fosfatos solúveis (Goedert e Lobato, 1984; Rajj *et al.*, 1992). A eficiência dos fosfatos de rocha está em função da espécie vegetal, do tipo de solo, da dose utilizada, do pH do solo e da duração da avaliação (Kochhann *et al.*, 1982).

Os fosfatos solúveis em água tornam-se indisponíveis para a planta, com o passar do tempo, devido à adsorção pelo solo (não-lábil). No entanto, o aumento do pH do solo para 5,5 a 6,5 melhora sua eficiência, devido à diminuição da fixação do fósforo (Goedert e Sousa, 1984). Por outro lado, os fosfatos naturais necessitam de acidez do solo para solubilizar-se e aumentam sua eficiência com o passar do tempo (Goedert e Sousa, 1984). Dessa maneira, o fosfato de rocha necessita ser aplicado antes da calagem seguida de período de incubação (Magalhães *et al.*, 1987).

Em pH menor que 5,5, ocorre a fixação do fósforo pelo alumínio (Goedert e Sousa, 1984), sendo que a utilização de gesso junto à adubação fosfatada poderia ser uma alternativa para diminuir o teor de alumínio no perfil do solo e, conseqüentemente, decrescer a fixação do fósforo, sem interferir com a acidez do solo, necessária para a solubilização do fosfato de Gafsa, aumentando, dessa forma, a eficiência do adubo.

Braga *et al.* (1991) testaram em Latossolo Vermelho-Escuro (Typic Acrustox), textura média, 9 fontes de fósforo em 4 cultivos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), empregando doses de 0, 100, 200 e 400 kg P₂O₅ ha⁻¹. Dentre os fosfatos utilizados, os que proporcionaram eficiência similar ao adubo fosfatado solúvel foram: termofosfato magnesiano fundido e o fosfato de Gafsa, apresentando 117 e 111% de índice de eficiência agrônômica, respectivamente, em relação ao fosfato supertriplo, com nível de adubação fosfatada de 400 kg P₂O₅ ha⁻¹.

Hanafi e Syers (1994) estudaram o efeito do fosfato de Christmas Island e o fosfato de Gafsa, na produção de *Setaria splendida* em solos da Malásia. Cinco solos foram incubados por duas semanas, após atingirem pH 5,5. O índice de eficiência agrônômica do fosfato de Gafsa e do fosfato de Christmas Island foi de 90 e 72%, respectivamente, em relação ao superfosfato triplo, na dose de 300 kg P ha⁻¹.

Considerando que os fertilizantes fosfatados são essenciais no aumento da produtividade da alfafa e que seu uso está relacionado ao maior custo de produção das explorações agrícolas, torna-se necessário aprimorar técnicas que aumentem a eficiência desses fertilizantes. O uso do gesso com o fosfato de Gafsa pode corrigir o perfil do solo em relação ao alumínio, diminuir a fixação do fósforo

pelo solo e, conseqüentemente, aumentar a eficiência do adubo. Uma vez que a acidez do solo afeta a eficiência dos adubos fosfatados, o uso da calagem não deve ser desconsiderado nas pesquisas envolvendo fontes de fósforo.

O objetivo do trabalho foi o de avaliar o índice de eficiência agrônômica do fosfato de Gafsa, com ou sem gesso, associado ao momento de calagem em relação ao uso do superfosfato triplo, e verificar o teor de fósforo no solo em função dos tratamentos com fontes e doses de fósforo. O trabalho também visa contribuir na descrição de sintomas nutricionais de alfafa.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em estufa da Esalq (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"), localizada no município de Piracicaba - SP. O solo utilizado foi coletado do Instituto de Zootecnia de Nova Odessa, Estado de São Paulo, e apresentava textura média arenosa, sendo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (Typic Mapluolox). O solo apresentava, inicialmente, as seguintes características químicas: pH, 4,1; MO, 18,6 mg dm⁻³; P (resina), 3,0g dm⁻³; S-SO₄, 31,9g dm⁻³; K, 0,5 mmol_c dm⁻³; Ca, 6,0 mmol_c dm⁻³; Mg, 3,0 mmol_c dm⁻³; Al, 9,0 mmol_c dm⁻³; H + Al, 38,1 mmol_c dm⁻³; T, 47,6 mmol_c dm⁻³ e V, 20%.

Foram utilizados vasos de plástico com capacidade de 5 L, em cada qual colocou-se 6k de solo. Os tratamentos foram: superfosfato triplo aplicado antes da calagem (STAC); superfosfato triplo depois da calagem (STDC); fosfato de Gafsa antes da calagem (FGAC); fosfato de Gafsa depois da calagem (FGDC); fosfato de Gafsa com gesso antes da calagem (FGGAC) e fosfato de Gafsa com gesso depois da calagem (FGGDC). Foram utilizadas as doses de 0, 50, 100 e 200 mg P dm⁻³. O superfosfato triplo e o fosfato de Gafsa apresentaram 47,11 e 27,39% de P₂O₅ total e 40,02 e 11,06% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico, respectivamente.

Realizaram-se três semeaduras (05/10/97, 25/01/98 e 12/04/98) devido ao ataque de fungos *Fusarium*, nas raízes das plantas. Foram cultivadas 5 plantas por vaso. As sementes de alfafa cultivar Crioula (primeira semeadura) e cv. XAI 32 (terceira semeadura) foram inoculadas com *Rhizobium meliloti* SEMIA 116. Os dados experimentais da segunda semeadura não foram analisados, pois o ataque de fungo do gênero *Fusarium* comprometeu completamente os rendimentos de matéria seca. Após a autoclavagem do solo, procedeu-se a um terceiro plantio. Na primeira semeadura, a alfafa foi colhida com 47 dias. Na terceira semeadura, o primeiro corte da alfafa foi realizado com três meses

de idade (10/07/98), e os dois restantes foram feitos a cada 30 dias (09/08/98 e 08/09/98, respectivamente), a 7,5 cm acima da superfície do solo.

As adubações com micronutrientes e cloreto de potássio foram realizadas juntamente com a primeira semeadura, usando-se das seguintes concentrações: 171 mg K dm⁻³; 1 mg B dm⁻³; 0,1 mg Co dm⁻³; 1,5 mg Cu dm⁻³; 5 mg Fe dm⁻³; 5 mg Mn dm⁻³; 0,1 mg Mo dm⁻³; 5 mg Zn dm⁻³. As adubações de manutenção foram realizadas após cada corte, e consistiram na aplicação de KCl de acordo com o teor de potássio na matéria seca considerado como sendo 3,6%. Assim, após a determinação da produção de matéria seca por tratamento, calculou-se a adubação potássica. A calagem foi feita visando elevar a saturação por base a 85%, utilizando-se calcário dolomítico. Quando foi utilizado gesso (1/3 do cálcio adicionado como calcário) junto ao fosfato de Gafsa, a dose de calcário adicionada foi 2/3 do cálcio utilizado para o tratamento que não recebia gesso. Aplicou-se enxofre elementar nos tratamentos que não receberam gesso, para que fosse mantido o equilíbrio no fornecimento de enxofre.

A irrigação dos vasos foi realizada para manter a capacidade de campo do solo em 70%, utilizando-se água de torneira. Os vasos foram pesados diariamente para completar a água utilizada pelo sistema solo-planta.

As concentrações de P no solo foram medidas em amostras tiradas antes do terceiro plantio e após a última colheita; a disponibilidade de P no solo foi medida pelo método de resina trocadora de íons (Raij *et al.*, 1986). Os sintomas nutricionais foram observados diariamente, sendo que a terminologia borda da folha se refere ao contorno dos limbos dos folíolos, onde foram observados os sintomas visuais; a parte adaxial representa o lado frontal da folha, enquanto a parte abaxial é o verso da mesma. Utilizou-se análise descritiva para a discussão dos sintomas nutricionais e do índice de eficiência agrônômica (IEA). O IEA relatado por Goedert e Sousa (1984) foi calculado como:

$$IEA (\%) = [(Y2 - Y1)/(Y3 - Y1) \times 100]$$

sendo:

Y1 = rendimento de matéria seca obtido pela parcela que não teve aplicação de fósforo (zero para a primeira semeadura e segundo e terceiro cortes da terceira semeadura e 50 mg MS por vaso para o primeiro corte da terceira semeadura);

Y2 = rendimento de matéria seca obtido pela fonte que está sendo testada, com a dose X2;

Y3 = rendimento de matéria seca obtido pela fonte de referência (supertriplo aplicado após a calagem) na mesma dose (X2) de fósforo total aplicado;

X2 = doses em estudo (50, 100 e 200 mg P dm⁻³).

Os rendimentos de matéria seca obtidos na primeira e segunda semeaduras estão apresentados na Tabela 1, mas eles não foram submetidos à análise estatística. Esses dados foram apresentados somente com o objetivo de mostrar os valores de matéria seca que deram origem aos dados de IEA. A alfafa não persistiu nos vasos sob a dose zero de fósforo nos dois plantios, seja por problemas nutricionais (terceiro plantio), seja por se tornarem, as plantas mais suscetíveis ao fungo (primeiro plantio). Em função disso, optou-se por eliminar tal tratamento da análise de variância.

Tabela 1. Rendimentos de matéria seca da parte aérea de alfafa, obtidos em todos os tratamentos com fontes e doses de fósforo referentes à primeira e terceira semeaduras

Doses de P mg dm ⁻³	Tratamentos com fontes de fósforo				
	STDC	FGAC	FGDC	FGGAC	FGGDC
-----g/vaso-----					
Primeira semeadura					
50	1,35	0,35	0,34	0,45	0,44
100	4,29	1,45	1,23	0,86	0,60
200	5,71	1,92	1,91	1,24	1,64
Terceira semeadura					
		Corte 1			
50	0,08	0,13	0,15	0,17	0,89
100	1,69	2,77	4,14	3,38	8,15
200	14,47	9,80	9,09	17,47	16,38
		Corte 2			
50	0,05	0,10	0,93	0,40	3,25
100	3,36	7,76	9,53	9,02	11,03
200	12,53	12,00	12,91	14,95	16,47
		Corte 3			
50	0,02	0,08	1,90	0,91	3,57
100	3,79	7,29	8,58	8,11	8,00
200	8,75	12,32	11,21	10,46	11,71

(STDC: supertriplo depois da calagem; FGAC: Fosfato de Gafsa antes da calagem; FGDC: Fosfato de Gafsa depois da calagem; FGGAC: Fosfato de Gafsa com gesso antes da calagem; FGGDC: Fosfato de Gafsa com gesso depois da calagem); Primeira semeadura: CV = 24,6%. Terceira semeadura: CV (parcelas) = 13,3%; CV (subparcelas) = 14,7%

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos completos ao acaso com 3 repetições, na primeira semeadura; e de blocos completos ao acaso com parcelas subdivididas no tempo com 3 repetições, na terceira semeadura. Um fator que compôs as parcelas foi representado pelos tratamentos com fontes de fósforo, associadas ou não, ao gesso e momento de calagem; o outro fator que compôs as parcelas foram as doses de fósforo, e as subparcelas foram representadas pelos cortes ou momentos de amostragem do solo para análise da concentração de fósforo.

Os dados foram submetidos à análise de variância através do programa estatístico Sanest (Sarriés *et al.*, 1993). Foi utilizado o teste t (contrastes ortogonais) na

comparação entre os tratamentos com fontes de fósforo para a concentração de fósforo no solo, e o teste de Tukey para os períodos de amostragens do solo. Em relação às doses de fósforo, utilizou-se a análise de regressão polinomial. Os dados de concentração de P no solo foram analisados com a transformação logarítmica.

Resultados e discussão

Teor de fósforo no solo

A concentração de fósforo no solo aumentou ($P < 0,05$) com as doses de fósforo aplicadas dos tratamentos com fontes de fósforo, segundo a equação $Y = -0,95 + 9,45X$ ($R^2 = 0,97$). Resultados semelhantes foram encontrados por Rosand e Santana (1986) e Braga *et al.* (1991).

As concentrações médias de fósforo no solo antes da terceira semeadura foram maiores ($P < 0,05$) quando foi utilizada a fonte solúvel em comparação com o emprego do fosfato de Gafsa (Figura 1 e contraste 1 da Tabela 2). Esse resultado está de acordo com os obtidos por Goedert e Lobato (1984). Os rendimentos de matéria seca, no entanto, foram mais elevados com o uso do fosfato de Gafsa (4,61 g MS/vaso) do que com supertriplo (0,98 g MS/vaso) na dose de 100 mg de P dm^{-3} , no primeiro corte da terceira semeadura. Isso pode estar relacionado ao aumento do pH do solo com a utilização do fosfato de Gafsa (5,42 em CaCl_2), em relação ao superfosfato triplo (5,71 em CaCl_2), uma vez que a alfafa é muito exigente em pH do solo, sendo sua faixa ótima de 6,5 a 7,5 (Honda e Honda, 1990).

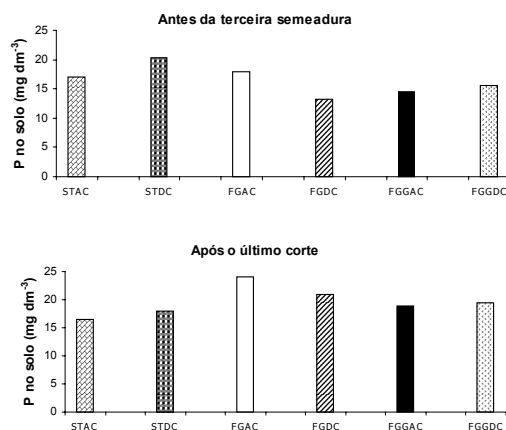


Figura 1. Teor de fósforo no solo (mg dm^{-3}) conforme os diferentes tratamentos com fontes de P, antes da terceira semeadura e após o último corte da alfafa. (Médias das três doses de fósforo). (STAC: supertriplo antes da calagem; STDC: supertriplo depois da calagem; FGAC: Fosfato de Gafsa antes da calagem; FGDC: Fosfato de Gafsa depois da calagem; FGGAC: Fosfato de Gafsa com gesso antes da calagem; FGGDC: Fosfato de Gafsa com gesso depois da calagem.)

Tabela 2. Contrastes ortogonais para comparação do teor de fósforo no solo, entre os tratamentos com fósforo dentro de cada momento de amostragem do solo

Nº	Contrastes	Momento de amostragem	
		Antes da 3ª semeadura	Após o úl- timo corte
		Valor do contraste	
1	2STAC + 2STDC - FGAC - FGDC - FGGAC - FGGDC	0,64*	-0,51*
2	STAC - STDC	-0,17 ^{ns}	-0,10 ^{ns}
3	FGAC + FGDC - FGGAC - FGGDC	0,08 ^{ns}	0,30*
4	FGAC - FGDC	0,32*	0,05 ^{ns}
5	FGGAC - FGGDC	-0,06 ^{ns}	-0,07 ^{ns}

(STAC: supertriplo antes da calagem; STDC: supertriplo depois da calagem; FGAC: Fosfato de Gafsa antes da calagem; FGDC: Fosfato de Gafsa depois da calagem; FGGAC: Fosfato de Gafsa com gesso antes da calagem; FGGDC: Fosfato de Gafsa com gesso depois da calagem). * significativo a 5% de probabilidade. ^{ns} não-significativo a 5% de probabilidade

Solos apresentando altos níveis de manganês e com pH igual ou menor que 5,5 podem induzir toxicidade desse elemento na planta (Kabata-Pendias e Pendias, 1985) e, a cada incremento de 0,1 unidade de pH, há redução de 10 vezes na atividade do íon manganês na solução do solo (Bataglia, 1988). Dessa maneira, é possível que os tratamentos com fosfato de Gafsa, que apresentaram maior pH do solo em relação ao superfosfato triplo, tenham diminuído o efeito tóxico do manganês que estava alto no solo (11 mg Mn dm^{-3}), devido à sua liberação por meio do processo de autoclavagem.

Na amostragem do solo após o último corte, os tratamentos com fosfato de Gafsa apresentaram teores mais elevados de fósforo ($P < 0,05$) que a fonte solúvel (Figura 1 e contraste 1 da Tabela 2). Isso é atribuído ao aumento ($P < 0,05$) do fósforo no solo com o tempo (Tabela 3), devido à solubilização do fósforo do fosfato natural, confirmando as afirmações de Goedert e Sousa (1984). Por outro lado, não foi verificado efeito ($P > 0,05$) do momento de amostragem sobre a concentração de fósforo no solo utilizando-se fonte solúvel de fósforo (Figura 1 e contraste 2 da Tabela 2).

Tabela 3. Teor de P no solo, antes da terceira semeadura e após o último corte da alfafa, em função dos tratamentos com fontes de fósforo. (Média de três repetições e três doses de fósforo)

Momento de amostragem	Tratamentos com fontes de fósforo					
	STAC	STDC	FGAC	FGDC	FGGAC	FGGDC
	-----mg dm^{-3} -----					
Antes da semeadura	17,00a	20,22a	18,00b	13,22b	14,44b	15,67b
Após o último corte	16,45a	18,00a	24,00a	21,00a	18,89a	19,44a

(STAC: supertriplo antes da calagem; STDC: supertriplo depois da calagem; FGAC: Fosfato de Gafsa antes da calagem; FGDC: Fosfato de Gafsa depois da calagem; FGGAC: Fosfato de Gafsa com gesso antes da calagem; FGGDC: Fosfato de Gafsa com gesso depois da calagem); Médias seguidas por letras distintas, numa mesma coluna, diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV = 5,1%

Apesar de não ter ocorrido efeito ($P > 0,05$) da aplicação da calagem antes da adubação com fonte

solúvel de fósforo (contraste 2 da Tabela 2), observou-se tendência para que o teor de fósforo no solo com o tratamento STDC fosse superior ao tratamento STAC (Figura 1). Isso se deve, conforme Goedert e Sousa (1984), à elevação do pH do solo, o que provoca redução no “reservatório” de P-não-lábil por meio da diminuição do número de sítios de troca no solo ou por meio da neutralização do alumínio trocável.

Analisando-se o efeito do momento de calagem sobre o fosfato de Gafsa, associado ou não ao gesso, verificou-se maior ($P < 0,05$) concentração de fósforo no solo no tratamento FGAC do que no FGDC, em amostragem do solo antes da terceira semeadura (Figura 1 e contraste 4 da Tabela 2). Esse resultado não refletiu em maior rendimento de matéria seca da parte aérea, ao contrário, houve maior rendimento de matéria seca com o uso do FGDC (2,00g MS/vaso) comparado ao FGAC (0,60g MS/vaso), na dose de 50mg P dm^{-3} do terceiro corte.

A adição do gesso, juntamente com o fosfato de Gafsa, não teve efeito ($P > 0,05$) sobre a concentração de fósforo no solo amostrado antes da terceira semeadura (Figura 1 e contraste 3 da Tabela 2). Dessa maneira, pode-se concluir que o gesso não teve efeito sobre a solubilização do fosfato de Gafsa.

O teor de fósforo no solo foi maior ($P < 0,05$) sem o uso do gesso (FGAC e FGDC) do que com a aplicação dele (FGGAC e FGGDC), depois do último corte (Figura 1 e contraste 3 da Tabela 2). Isso pode ser devido à maior retirada do fósforo do solo nos tratamentos FGGAC e FGGDC, uma vez que esses tratamentos tenderam apresentar maiores rendimentos de matéria seca (8,02g MS/vaso) do que o FGAC e o FGDC (6,15g MS/vaso), na terceira semeadura. Constatações semelhantes foram encontradas por Siqueira e Pons (*apud* Macedo, 1985), que trabalharam com trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.) e alfafa, respectivamente.

Índice de eficiência agronômica

Todas as combinações da aplicação do fosfato de Gafsa nas 3 dosagens apresentaram muito baixo IEA (Tabela 4) na primeira semeadura. Isso ocorreu, provavelmente, devido à menor solubilidade inicial do fosfato de rocha em relação ao fosfato solúvel e ao curto período de implantação (47 dias) da alfafa, por causa do surgimento de *Fusarium*. No entanto, Goedert e Lobato (1984) e Rosand e Santana (1986) observaram IEA do fosfato de Gafsa semelhante ou superior ao superfosfato triplo, desde o primeiro cultivo do sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.) (doses de 88 e 350kg P ha^{-1}) e do trigo (*Triticum vulgare* Vill.) (dose de 250 μg P g^{-1} de solo), em Latossolo Vermelho-

Escuro (Haplustox) e em solos do sul do Estado da Bahia (Umbriorthox, Haplorthox, Tropodult e Tropudalf), respectivamente.

Tabela 4. Índice de eficiência agronômica (IEA) em função dos tratamentos com fontes de fósforo, momento de calagem e utilização do gesso, na primeira e terceira semeaduras*

Doses de P (mg/dm ³)	Tratamentos com fontes de fósforo			
	FGAC	FGDC	FGGAC	FGGDC
-----IEA (%)-----				
Primeira Semeadura				
50	25,93	25,19	33,33	32,59
100	33,80	28,67	20,05	13,99
200	33,63	33,45	21,72	28,72
Terceira Semeadura				
Corte 1				
50	266,67	333,33	400,00	2800,00
100	165,85	249,39	203,05	493,90
200	67,61	62,76	120,80	113,25
Corte 2				
50	200,00	1860,00	800,00	6500,00
100	230,95	283,63	268,45	328,27
200	95,77	103,03	119,31	131,44
Corte 3				
50	400,00	9500,00	4550,00	17850,00
100	192,35	226,39	213,98	211,08
200	140,80	128,11	119,54	133,83

(FGAC: Fosfato de Gafsa antes da calagem; FGDC: Fosfato de Gafsa depois da calagem; FGGAC: Fosfato de Gafsa com gesso antes da calagem; FGGDC: Fosfato de Gafsa com gesso depois da calagem). *Média de três repetições

No primeiro corte da terceira semeadura, as doses de 50 e 100 mg P dm^{-3} apresentaram altos IEA, principalmente o fosfato de Gafsa associado ao gesso (Tabela 4). Esse resultado deve-se, provavelmente, à fixação do fosfato solúvel pelo solo em razão do atraso na realização da terceira semeadura. Essa fixação do fósforo provocou menor rendimento da alfafa, quando se utilizou o fósforo solúvel aplicado após a calagem, na terceira semeadura (0,89 g MS/vaso), em relação ao rendimento na primeira semeadura (2,82 g MS/vaso). Admite-se que, em condições de maior contato solo-fertilizante, haja maior imobilização da fonte solúvel, devido à liberação mais rápida do fósforo do que a dos fosfatos naturais reativos (Rosand e Wild, 1982). A elevada eficiência do fosfato de Gafsa em relação a uma fonte solúvel foi relatada por Rosand e Santana (1986) e Braga *et al.* (1991). No entanto, em relação à dose de 200mg P dm^{-3} no primeiro corte, o FGGAC e o FGGDC apresentaram IEA superior ao STDC, enquanto que o FGAC e o FGDC apresentaram baixos índices (Tabela 4).

Por outro lado, todos os tratamentos citados elevaram os IEA em relação à época de corte na dose de 200 mg P dm^{-3} ; com exceção do FGGAC, que manteve o IEA (Tabela 4). Isso ocorreu por causa do aumento do rendimento do primeiro para o terceiro corte de 9,80 e 9,09 g MS/vaso para 12,32 e 11,21 g MS/vaso com o uso do FGAC e FGDC, respectivamente, e a diminuição do rendimento de

14,47 para 8,75 g MS/vaso com a utilização do STDC.

Os valores de IEA nas doses de 50 e 100 mg P dm⁻³ aumentaram em função da época de corte, e de maneira acentuada na dose de 50 mg P dm⁻³ (Tabela 4). Isso foi devido, provavelmente, ao efeito residual do fosfato de Gafsa, o que possibilitou o incremento no rendimento do primeiro para o terceiro corte de 0,34 para 1,62 g MS/vaso, e também associado ao baixo rendimento mantido com o uso do STDC na dose de 50mg P dm⁻³ (0,05 g MS/vaso). A exceção foi para o FGGDC na dose de 100mg P dm⁻³, cujo IEA diminuiu nos cortes subseqüentes (Tabela 4) devido ao aumento de rendimento do primeiro para o terceiro corte de 1,69 para 3,79 g MS/vaso com o uso do STDC, nessa mesma dose.

O aumento da eficiência do fosfato de rocha reativo, com o passar do tempo, foi relatado por Braga *et al.* (1991) e Moreira (1997). Dessa maneira, é importante levar em consideração o efeito residual do fosfato de Gafsa na produção agrícola.

Sintomas nutricionais

Na primeira semeadura foi constatado como sintoma de deficiência de fósforo somente o crescimento reduzido da planta. Os teores médios de P na MS da parte aérea da alfafa foram de 0,59, 1,20, 1,57 e 1,57g.kg⁻¹, na testemunha e nas doses de 50, 100 e 200mg P dm⁻³, respectivamente (média de todas as fontes de fósforo). No entanto, no primeiro período de crescimento da terceira semeadura, os sintomas de deficiência de fósforo na alfafa já se apresentavam bem evidentes com, aproximadamente, 47 dias de idade.

Os sintomas de deficiência de fósforo na alfafa na terceira semeadura foram: crescimento reduzido; hastes e pecíolos arroxeados; folíolos muitos pequenos (3,9 mm de largura e 4,2 mm de comprimento); senescência das folhas mais velhas nas testemunhas e nos tratamentos com dose de 50 mg P dm⁻³, cujos teores médios de P na MS da parte aérea da alfafa foram de 0,53 e 1,19 g.kg⁻¹, respectivamente; senescência das folhas mais velhas nos tratamentos STAC e FGAC na dose de 100 mg P dm⁻³, sendo que os teores médios de P na MS da planta foram de 1,45 e 1,69 g.kg⁻¹, respectivamente; morte das plantas após o primeiro corte nos tratamentos que não receberam fósforo. Os sintomas relatados estão de acordo com os descritos por Kelling (1990). Entretanto, suspeitou-se de que alguns sintomas que apareceram nas folhas mais velhas da alfafa, durante a terceira semeadura no primeiro corte, fossem causados pela toxicidade por manganês que apresentaram as seguintes características: amarelecimento das bordas da parte

adaxial dos folíolos com pequenos pontos necróticos; amarelecimento das bordas da parte adaxial dos folíolos, seguido de necrose, com ou sem arroxejamento intenso das bordas da parte abaxial das folhas; arroxejamento intenso das bordas da parte abaxial dos folíolos, que transparecia de maneira opaca nas bordas da parte adaxial, ou de cor amarelo amarronzado; amarelecimento entre nervuras e bordas da parte adaxial dos folíolos, seguida também de necrose das bordas; intensificados os sintomas de amarelecimento e arroxejamento das bordas, as folhas ficavam totalmente amareladas e caíam.

Os sintomas apareceram quando as plantas tinham aproximadamente 54 dias de idade e apresentaram-se de maneira mais intensa nos tratamentos realizados com superfosfato triplo do que naqueles com o fosfato de Gafsa, cujo teor de manganês na parte área da planta encontrava-se em torno de 376 e 200 mg kg⁻¹, respectivamente. Os tratamentos que apresentaram os sintomas descritos foram: STAC (dose de 200mg P dm⁻³); STDC, FGAC, FGDC, FGGAC (doses de 100 e 200 mg P dm⁻³); FGGDC (doses de 50, 100 e 200 mg P dm⁻³).

Esses sintomas foram confirmados como sendo devido à toxicidade por manganês em trabalho realizado por Sarmento *et al.* (2000), com dois cultivares de alfafa (Crioula e XAI 32) submetidos a 5 doses de manganês (0,5; 2,5; 5,0; 15,0 e 30,0mg Mn L⁻¹) em solução nutritiva. Sarmento *et al.* (2000) observou os mesmos sintomas descritos anteriormente, com exceção do sintoma de amarelecimento entre nervuras e bordas dos folíolos seguida de necrose das bordas.

Quellette e Dessureaux (1958), Siman *et al.* (1974), Kelling (1990), Sale *et al.* (1992) e De Marco *et al.* (1995) descreveram os sintomas de toxicidade por manganês nas folhas mais velhas da alfafa, como clorose, nas bordas dos folíolos, para toxicidade suave, e necrose, para toxicidade severa. Quellette e Dessureaux (1958), Smith *et al.* (1983) e Kelling (1990) também apontaram como sintoma de toxicidade o aparecimento de pequenos pontos necróticos nas margens dos folíolos. Entretanto, somente Siman *et al.* (1974) descrevem os sintomas de toxicidade por manganês como arroxejamento das bordas da parte abaxial dos folíolos.

Referências

- BRAGA, N.R. *et al.* Eficiência agrônômica de nove fosfatos em quatro cultivos consecutivos de soja. *Rev. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v.15, n.3, p.315-319, 1991.
- BATAGLIA, O.C. Micronutrientes: disponibilidade e interações. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F. (Ed.) *Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira*.

- Londrina: Embrapa, CNPSo; Iapar; SBCS, 1988. cap. 6, p.121-132.
- DE MARCO, D.G. *et al.* Manganese toxicity in *Trifolium balansae*, *T. resupinatum*, *T. subterraneum*, *Medicago murex*, *M. polymorpha*, *M. sativa*, *Lotus pedunculatus*, and *Ornithopus compressus*: relative tolerance and critical toxicity concentrations. *Aust. J. Exp. Agric.*, Collingwood, v.35, n.3, p.367-374, 1995.
- GOEDERT, W.J.; LOBATO, E. Avaliação agronômica de fosfatos em solo de cerrado. *Rev. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v.8, n.1, p.97-102, 1984.
- GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. *Anais...* Brasília: Embrapa, 1984. p.206-255. (Documentos, 14).
- HANAFI, M.M.; SYERS, J.K. Agronomic and economic effectiveness of two phosphate rock materials in acid Malaysian soil. *Trop. Agric.*, St. Augustine, v.71, n.4, p.254-259, 1994.
- HONDA, C.S.; HONDA, A.M. *Cultura da alfafa*. Cambara: Iara, 1990. 245p.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. *Trace elements in soils and plants*. 3.ed. Boca Roton: CRC Press, 1985.
- KELLING, K.A. Nutrient deficiencies and toxicities In: Stuteville, D.L.; Erwin, D.C. *Compendium of alfalfa diseases*. 2.ed. St. Paul: APS Press, 1990. cap.67, p.67-70.
- KOCHHANN, R. *et al.* Adubação fosfatada do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: OLIVEIRA, A.J. *et al.* *Adubação fosfatada no Brasil*. Planaltina: Embrapa, CPAC, 1982. p.29-60. (Embrapa - CPAC. Documentos, 21).
- LANYON, L.E.; GRIFFITH, W.K. Nutrition and fertilizer use. In: HANSON, A.A. *Alfalfa and alfalfa improvement*. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1988. cap.10, p.333-364.
- LOBATO, E. *et al.* *Calagem e adubação de pastagens*. Piracicaba: Potafós, 1985.
- MACEDO, W. Efeito de fontes e níveis de fósforo e calcário na adubação de forrageiras em solos do Rio Grande do Sul. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.20, n.6, p.643-657, 1985.
- MAGALHÃES, J.C.A.J. *et al.* Avaliação agronômica de fosfatos naturais com ênfase para solos sob vegetação de cerrado - I. *Rev. Agric.*, Piracicaba, v.62, n.1, p.61-89, 1987.
- MOREIRA, A. *Efeito de fontes e doses de fósforo na alfafa (Medicago sativa L.) e centrosema (Centrosema pubens Benth.) e avaliação de extratores*. 1997. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.
- QUELLETTE, G.J.; DESSUREAUX, L. Quimical composition of alfalfa as related to degree of tolerance to manganese and aluminium. *Can. J. Plant Sci.*, Ottawa, v. 38, n.2, p. 206-214, 1958.
- RAIJ, B. VAN *et al.* *Adubação fosfatada no Brasil*. Planaltina: Embrapa, CPAC, 1992. (Embrapa - CPAC. Documentos, 21).
- RAIJ, B. Van *Fertilidade do solo e adubação*. São Paulo: Ceres, 1991.
- RAIJ, B. VAN *et al.* Extraction of phosphorus, potassium, calcium and magnesium from soil by ion-exchange resin procedure. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, Monticello, v.17, n.5, p.547-66, 1986.
- ROSAND, P.C.; SANTANA, M.B. Influência do tempo de contato e valor fertilizante de fontes fosfatadas em solos do sul da Bahia. *Rev. Theobroma*, v.16, n.1, p.1-15, 1986.
- ROSAND, P.C.; WILD, A. Direct use of low grade phosphate rock from Brazil as fertilizer. I. Effect of reaction time in soil. *Plant Soil*, Dordrecht, v.65, n.3, p.351-362, 1982.
- SALE, P.W.G. *et al.* Tolerance to manganese toxicity among of lucerne (*Medicago sativa L.*). *Plant Soil*, Dordrecht, v.146, n.1-2, p.31-38, 1992.
- SARMENTO, P. *et al.* Diagnóstico de toxidez de manganês em dois cultivares de alfafa. In: REUNIÃO ANUAL BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000. Viçosa. *Anais...* Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM. n° 694.
- SARRIÉS, G.A. *et al.* *Sanest*. Piracicaba: USP, Esalq, Ciagri, 1993. (Série Didática, 6).
- SIMAN, A. *et al.* The development of manganese toxicity in pasture legumes under extreme climatic conditions. *Plant Soil*, Dordrecht, v.41, n.1, p.129-140, 1974.
- SMITH, G.S. *et al.* Manganese status of New Zealand pastures 1. Toxicity in ryegrass, white clover, and lucerne. *N. Z. J. Agric. Res.*, Wellington, v.26, n.2, p.215-221, 1983.

Received on August 21, 2001.

Accepted on May 02, 2002.