

FATORES QUE INFLUENCIAM OS NÍVEIS CRÍTICOS DE FÓSFORO PARA O ESTABELECIMENTO DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS: I. CASA DE VEGETAÇÃO⁽¹⁾

D. M. da FONSECA⁽²⁾, J. A. GOMIDE⁽³⁾, V. H. ALVAREZ V.⁽⁴⁾
& R. F. de NOVAIS⁽⁴⁾

RESUMO

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), utilizando vasos com amostras de solo LV textura argilosa, com três níveis de fertilidade: baixo, médio e alto. Os níveis críticos de P no solo foram estimados em função das suas doses - 0, 15, 30, 60, 90 e 150 mg dm⁻³ - na aplicação localizada no sulco e - 0, 45, 90, 180, 270 e 450 mg dm⁻³ - para as distribuídas no solo com esse nutriente e o calcário aplicado em diferentes modalidades em relação à sementeira das forrageiras capim-andropógon (*Andropogon gayanus* var. *bisquamulatus* Hochst Hack e capim-colonião (*Panicum maximum* Jack). Foram determinados os teores de P das amostras de solo da camada de 0-5 cm do vaso pelo extrator Mehlich-1, após a colheita das plantas da primeira espécie com 41 dias e, da segunda, com 54. Os níveis críticos médios de P no solo foram 18 e 14 mg dm⁻³ com o nutriente aplicado no sulco e de 70 e 43 mg dm⁻³, quando distribuído na camada de 0-10 cm para capim-andropógon e capim-colonião respectivamente. A aplicação antecipada de calcário, em relação à sementeira, em geral, elevou o nível crítico de P no solo. Também a aplicação de P, antecedente à sementeira, resultou em maiores valores de seus níveis críticos. A fertilidade do solo não influenciou de forma consistente os valores de níveis críticos de P.

Termos de indexação: capim-andropógon, *Andropogon gayanus*, capim-colonião, *Panicum maximum*; calcário, época de aplicação; fósforo, época e forma de aplicação, pastagem.

SUMMARY: FACTORS ASSOCIATED WITH THE CRITICAL LEVELS OF PHOSPHORUS FOR THE ESTABLISHMENT OF FORAGE GRASSES: I. GREENHOUSE TRIAL

The trial was carried out to study the growth of Andropogon grass (Andropogon gayanus var. bisquamulatus), and Guineagrass (Panicum maximum) grown in plastic pots, 5.5 dm³ in a greenhouse. The soil was a Red Yellow Latosol, a clay textured soil. Eight plants were grown in each pot. The factors evaluated were: soil fertility levels, time of phosphorus and lime application in relation to sowing, methods of single superphosphate application: incorporated

⁽¹⁾ Parte da Tese do primeiro autor para obtenção do Título de DS em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, financiada pelo CNPq e pela FAPEMIG. Recebido para publicação em abril de 1995 e aprovado em novembro de 1996.

⁽²⁾ Professor do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. CEP 36570-000 Viçosa (MG). Bolsista do CNPq.

⁽³⁾ Pesquisador do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. CEP 36570-000 Viçosa (MG). Bolsista do CNPq.

⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. CEP 36570-000 Viçosa (MG). Bolsista do CNPq.

into the soil or in bands. Six phosphorus levels: 0, 15, 30, 60, 90 and 150 mg dm⁻³ as band application and 0, 45, 90, 180, 270 and 450 mg dm⁻³ for incorporation into the soil were used. Soil samples were collected from the 5 cm top layer for analysis of available P, after harvesting the forages. Cutting was taken 41 to 54 days after sowing. Soil-P critical values for andropogongrass and guineagrass were 18 and 14 mg dm⁻³ for the band application or 70 and 43 mg dm⁻³ for the incorporation of the fertilizer into the soil. Soil liming and phosphorus application before sowing brought about higher critical level values. Soil fertility levels had no effect on critical levels.

Index terms: Andropogongrass, Andropogon gayanus, Guineagrass, Panicum maximum, forages, phosphorus, critical levels.

INTRODUÇÃO

Depois da água e do nitrogênio, a acidez e o fósforo são os dois fatores mais frequentemente limitantes do desenvolvimento das culturas, nos trópicos. Nos solos destinados à implantação de pastagens, que, em geral, são de baixa fertilidade, a adoção correta, otimizada economicamente, de técnicas de fertilização, é da maior relevância.

Experimentos em condições controladas ou em campo demonstraram a importância do fósforo no crescimento e no desenvolvimento das plantas forrageiras. Entretanto, seus valores de níveis críticos de fósforo, foram elevados (Costa et al., 1983; Fonseca et al., 1988; Guss et al., 1990a,b) e apresentaram grandes variações.

Além dessas grandes variações, entre espécies, as diferenças na eficiência de absorção e, ou, de utilização do nutriente, no nível tecnológico de manejo e no período de cultivo, foram as prováveis razões das inconsistências observadas nos valores de níveis críticos (Neves, 1983, Goedert & Souza, 1984).

O nível crítico de um nutriente varia com tipo de solo, espécie de planta, teores de outros nutrientes, duração do crescimento, sucessão de cortes, período de incubação do fósforo, calagem etc. (Alvarez V. et al., 1988). A constatação do papel desses fatores, em estudos em casa de vegetação, tem-se mostrado eficiente para identificar comportamentos diferenciais entre espécies, no que respeita à absorção e, ou, à utilização de fósforo em condições controladas.

Para identificar alguns fatores que influenciam os valores de níveis críticos de fósforo no solo, foram estudados os efeitos da aplicação antecipada de calcário e de fósforo, em relação à semeadura, níveis de fertilidade de outros nutrientes e forma de aplicação das doses de fósforo.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de latossolo vermelho-amarelo (LV) textura argilosa foram coletadas da camada de 0-20 cm e passadas em peneira com malhas de 4 mm de abertura e, subamostras, em peneira com malha de 2 mm, para as análises físicas e químicas de rotina (Quadro 1).

O experimento, em bloco ao acaso com quatro repetições, consistiu num esquema fatorial 2 (12 x 6),

utilizando uma matriz mista (Turrent, F., 1979, citado por Alvarez V., 1986), sendo dois capins - o andropógon e o colônio (doze modalidades de aplicação de calcário e de P x seis níveis de P).

Quadro 1. Características químicas e físicas da amostra superficial do solo LV argiloso estudado

Características químicas							
pH (H ₂ O)	M.O. ⁽¹⁾	P ⁽²⁾	K ⁽²⁾	Ca ⁽³⁾	Mg ⁽³⁾	Al ⁽³⁾	(H + Al) ⁽⁴⁾
	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³				
4,5	67	1,9	140	0,5	0,6	1,4	11,4
Características físicas							
Argila	Silte	Areia fina			Areia grossa		
g kg ⁻¹							
570	130	90			210		

(1) Matéria orgânica método Walkley e Black. (2) Extraído com Mehlich-1. (3) Extraído com KCl 1 mol L⁻¹. (4) Extraídos com Ca (Oac)₂ - 0,5 mol L⁻¹, pH 7.

As doze modalidades resultaram da combinação (3 x 2 x 1 x 1) + (1 x 2 x 2 x 1) + (1 x 1 x 2 x 1), as quais, na ordem apresentada, correspondem, respectivamente, a:

– **três níveis de fertilidade** - baixo, médio e alto x duas formas de aplicação de P: no sulco e não localizada, isto é, incorporação à camada de 0-10 cm do vaso x uma época de aplicação de calcário 60 dias antes da semeadura x uma época de aplicação de P na semeadura;

– **um nível de fertilidade no solo** – nível médio x duas formas de aplicação de P: no sulco e incorporação à camada de 0-10 cm do vaso x duas épocas de aplicação de calcário, 30 dias antes e no momento da semeadura x uma época de aplicação de P, na semeadura;

– **um nível de fertilidade no solo** – nível médio x uma forma de aplicação de P, não localizada, distribuído na camada de 0-10 cm do vaso x duas épocas de aplicação de calcário, 90 e 30 dias antes da semeadura x uma época de aplicação de P, 30 dias antes da semeadura.

Os seis níveis de P corresponderam, respectivamente, às doses de 0, 15, 30, 60, 90 e 150 mg de P dm⁻³, na aplicação localizada no sulco, e a 0, 45, 90, 180, 270 e 450 mg de P dm⁻³, na aplicação não localizada, com incorporação à camada de 0-10 cm. A forma localizada de P consistiu na aplicação do fertilizante em um sulco circular de 1 cm de profundidade.

Os três níveis de fertilidade foram obtidos pela adição de N, S, K e micronutrientes após a emergência das plantas, e Ca e Mg por meio de calagem. O nível alto foi definido, arbitrariamente, como sendo de 60 mg de N dm⁻³, aplicados, semanalmente, 80 mg de S dm⁻³ e 60 mg de K dm⁻³. A dose de calcário, no nível alto, correspondeu a 1,2 vez a recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1978). Os micronutrientes, no nível alto, foram aplicados nas seguintes doses, em mg dm⁻³: B = 0,81, Mn = 3,66, Zn = 4,00, Cu = 1,33, Mo = 0,15 e Fe = 1,55. Os níveis de fertilidade baixo e médio corresponderam, respectivamente, a 33,3 e 66,7% das doses do alto. À exceção de P, Ca e Mg, os outros nutrientes foram aplicados em solução.

Para a calagem, utilizou-se calcário dolomítico calcinado, com PRNT de 92%, em quantidades calculadas para o volume total de solo do vaso. Para os demais nutrientes, inclusive o P, tanto na forma localizada no sulco quanto na não localizada, as quantidades foram calculadas, considerando a metade do volume de solo do vaso (2,75 dm³), de modo a corresponder a 10 cm da sua camada superior.

As amostras de solo correspondentes às duas formas de aplicação de P que receberam calcário e, ou P antes da semeadura, foram incubadas em sacos plásticos, mantendo-se a umidade em torno de 0,8 kg kg⁻¹ da capacidade de campo.

Decorridos os períodos de incubação de calcário e de P, procedeu-se à semeadura das forrageiras; passados 15 dias da emergência, foram desbastadas, deixando-se oito plantas por vaso.

Diariamente, os vasos foram irrigados com água destilada, em quantidade suficiente para manter o teor de umidade próximo à capacidade de campo, iniciando-se, a partir do sétimo dia da emergência, a aplicação dos micronutrientes (parcelados em três vezes) e de N, K e S.

Aos 41 dias após a semeadura do colônio e 54 dias do andropógon, procedeu-se ao corte da parte aérea das plantas, ao nível do solo, e à secagem do material colhido a 70°C, em estufa com ventilação forçada, até obter-se massa constante.

Colhidas as plantas, o solo, não deformado, juntamente com o sistema radicular, foi retirado do vaso, dele obtendo-se uma camada superior, com 5 cm de espessura, a qual foi passada em peneira para separar o sistema radicular e amostrada para análise. Foram determinados os teores de P disponível pelo extrator Mehlich-1, segundo método de Thomas & Peaslee (1973), modificado pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (1979).

Equações de regressão foram ajustadas às médias de produção de matéria seca da parte aérea em função das doses de P aplicadas. A partir das equações obtidas, estimaram-se as doses recomendáveis de aplicação de P relativas a 90% da produção máxima, ou a 90% da produção correspondente à maior dose de P aplicada. Substituindo-se as doses recomendáveis de P nas equações de regressão linear do P disponível pelo extrator Mehlich-1 em função das doses de P aplicadas, foram obtidos os níveis críticos de P no solo para cada espécie, nas diferentes modalidades de aplicação de calcário e de P.

As equações foram selecionadas em função da significância de seus coeficientes e do coeficiente de determinação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de matéria seca da parte aérea

As equações quadráticas ou quadráticas base raiz quadrada foram as que melhor se ajustaram à produção de matéria seca, excetuando o andropógon quando o P foi aplicado com 30 dias de antecedência à semeadura (Quadro 2). A partir dessas equações, estimaram-se as produções correspondentes a 90% do máximo, ou 90% da produção na maior dose aplicada (Quadro 3). Esse índice pode representar a máxima eficiência econômica (Spencer & Glendinning, 1980; Alvarez V. et al., 1988). Os dados (Quadro 3) mostram que a produção de matéria seca do colônio em média foi, aproximadamente, 77% superior à do andropógon. Esse comportamento diferencial entre espécies crescendo na mesma condição pode ser atribuído a um controle genético, caracterizando-se por diferenças de eficiência de absorção ou de utilização de um ou de mais nutrientes. Também as variações de crescimento entre espécies podem ser atribuídas ao seu ritmo, ou velocidade de crescimento e capacidade de perfilhamento (Nascimento et al., 1980; Nelson & Zarroug, 1981; Rodrigues & Rodrigues, 1987).

Para as produções estimadas correspondentes a 90% da produção máxima, observa-se (Quadro 3) que os rendimentos com a aplicação localizada e não localizada no solo foram semelhantes. Esses resultados com as doses da aplicação localizada duas vezes menores que as distribuídas na camada de 0-10 cm do vaso, evidenciam que menores doses de P aplicadas no sulco tiveram efeito semelhante ao de maiores doses distribuídas no solo para a fase de estabelecimento da forrageira. Resultados semelhantes foram relatados por Guimarães et al. (1980) e Italiano et al. (1981). Entretanto, menores doses aplicadas no sulco poderão, em função da disponibilidade de P no solo, determinar a necessidade de adubações fosfatadas mais frequentes, a fim de manter a produtividade da pastagem, o que também poderá ocorrer em adubações não localizadas devido à passagem de P para formas não lábeis.

Quadro 2 . Equações de regressão para a produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea das plantas de capim-andropógon e capim-colonião como variável dependente (y) das doses de fósforo adicionadas (x), em mg dm⁻³ às amostras de solo, nos diferentes tratamentos

Aplicação de calcário e de P ⁽¹⁾	Equação	R ²
Capim-andropógon		
BPL60-0	$Y = 0,21 + 2,723^{**} \sqrt{X} - 0,0948^{+} X$	0,994
BPNL60-0	$Y = 0,11 + 0,082^{**} X - 0,0001^{*} X^2$	0,985
MPL60-0	$Y = 0,41 + 3,008^{**} \sqrt{X} - 0,0126^{*} X$	0,993
MPNL60-0	$Y = 0,43 + 0,082^{**} X - 0,0001^{*} X^2$	0,972
APL60-0	$Y = 0,43 + 2,808^{**} \sqrt{X} - 0,1095^{*} X$	0,992
APNL60-0	$Y = 0,21 + 0,085^{**} X - 0,0001^{*} X^2$	0,996
MPL30-0	$Y = 0,39 + 3,383^{**} \sqrt{X} - 0,1336^{**} X$	0,989
MPNL30-0	$Y = 1,46 + 0,086^{**} X - 0,0001^{*} X^2$	0,987
MPL0-0	$Y = 1,11 + 2,133^{**} \sqrt{X} - 0,0628^{ns} X$	0,992
MPNL0-0	$Y = 2,48 + 0,855^{*} \sqrt{X} - 0,0076^{ns} X$	0,876
MPNL90-30	$Y = -0,26 + 0,037^{**} X$	0,994
MPNL30-30	$Y = 0,91 + 0,041^{**} X$	0,984
Capim-colonião		
BPL60-0	$Y = -0,03 + 4,492^{**} \sqrt{X} - 0,1483^{**} X$	0,994
BPNL60-0	$Y = 0,19 + 3,131^{**} \sqrt{X} - 0,0835^{**} X$	0,997
MPL60-0	$Y = 0,32 + 5,825^{**} \sqrt{X} - 0,2610^{**} X$	0,999
MPNL60-0	$Y = -0,05 + 3,349^{**} \sqrt{X} - 0,0802^{**} X$	0,998
APL60-0	$Y = 0,22 + 6,310^{**} \sqrt{X} - 0,2935^{**} X$	0,998
APNL60-0	$Y = -0,06 + 3,460^{**} \sqrt{X} - 0,0819^{**} X$	0,991
MPL30-0	$Y = 0,21 + 5,639^{**} \sqrt{X} - 0,2276^{**} X$	0,995
MPNL30-0	$Y = 0,09 + 3,588^{**} \sqrt{X} - 0,0879^{**} X$	0,997
MPL0-0	$Y = 0,68 + 5,385^{**} \sqrt{X} - 0,2590^{**} X$	0,989
MPNL0-0	$Y = -0,07 + 3,116^{**} \sqrt{X} - 0,0774^{**} X$	0,968
MPNL90-30	$Y = -0,89 + 2,550^{**} \sqrt{X} - 0,0403^{**} X$	0,955
MPNL30-30	$Y = 0,58 + 0,208^{**} X - 0,0003^{**} X^2$	0,980

(1) B: nível baixo de fertilidade (0,4 da necessidade de calcário, 20 mg de N dm⁻³ por semana, 26,7 mg de S dm⁻³, 20 mg de K dm⁻³ e micronutrientes); M: nível médio de fertilidade (duas vezes as doses de B); A: nível alto de fertilidade (três vezes as doses de B). PL: fósforo localizado (no sulco); PNL: fósforo não-localizado (distribuído na camada de 0 a 10 cm); 60-0: períodos de incubação do calcário e do fósforo, em dias, que antecedem à semeadura. ns, +, *, **: Não significativo até 10%, significativo em 10, 5 e 1% respectivamente.

A aplicação de calcário com antecedência à semeadura de 60 e 30 dias resultou em aumento de 4,3 e 19,3% na produção do andropógon e de 18,4 e 14,2% na do colonião, com a aplicação localizada e a distribuída de P respectivamente. Essa influência da antecipação de calagem à semeadura sobre a produção de matéria seca provavelmente seja devida à liberação de nutrientes oriundos da matéria orgânica, além de seus efeitos na redução da passagem de P para formas não lábeis, principalmente quando o nutriente foi distribuído no solo.

Quadro 3 . Matéria seca da parte aérea das plantas de capim-andropógon e capim-colonião correspondente a 90% da produção máxima, ou 90% da produção na maior dose aplicada

Aplicação de calcário e de P ⁽¹⁾	Capim-andropógon	Capim-colonião
	g/vaso	
BPL60-0	17,8	30,6
BPNL60-0	16,9	26,6
MPL60-0	16,5	29,5
MPNL60-0	17,2	31,4
APL60-0	16,6	30,7
APNL60-0	15,1	32,9
MPL30-0	19,6	31,6
MPNL30-0	19,8	33,0
MPL0-0	17,3	25,8
MPNL0-0	15,5	28,2
MPNL90-30	14,7	31,6
MPNL30-30	17,4	35,3
Média PL	17,6	29,6
PNL	16,7	31,3

(1) B: nível baixo de fertilidade (0,4 da necessidade de calcário, 20 mg de N dm⁻³ por semana, 26,7 mg de S dm⁻³, 20 mg de K dm⁻³ e micronutrientes); M: nível médio de fertilidade (duas vezes as doses de B); A: nível alto de fertilidade (três vezes as doses de B); PL: fósforo localizado (no sulco); PNL: fósforo não localizado (distribuído na camada de 0 a 10 cm); 60-0: períodos de incubação do calcário e do fósforo, em dias, que antecedem à semeadura.

Entretanto, ao considerar que as gramíneas forrageiras tropicais, em geral, são tolerantes à acidez e ao alumínio trocável do solo (CIAT, 1978; Siqueira et al., 1980, citados por Siqueira, 1986) e que as doses de calcário serão menores que as utilizadas neste trabalho, visando apenas ao fornecimento de Ca e Mg como nutrientes, é de esperar que uma possível redução na produção com a aplicação simultânea de calcário e P no momento da semeadura seja compensada nos crescimentos subsequentes ao do estabelecimento. Isso poderá ter implicações práticas importantes como a antecipação da época de estabelecimento da forrageira, bem como uma provável redução no custo de implantação da pastagem em relação à recomendação de a calagem ser efetuada com antecedência à semeadura de, pelo menos, 60 dias, especialmente no período da seca.

Com relação à adição de P antes da semeadura, seus efeitos sobre a produção variaram com a espécie, ou seja, no andropógon reduziu 9,0% e no colonião aumentou 8,4% os rendimentos. Por outro lado, os níveis de fertilidade do solo não influenciaram de forma consistente a produção do andropógon nos dois métodos de aplicação de P e a do colonião na aplicação localizada do nutriente.

Fósforo disponível no solo após a colheita

Na quase totalidade das equações relacionando P disponível e doses do nutriente, observaram-se coeficientes de regressão linear semelhantes (Quadro 4), em torno de 0,1930.

Quadro 4. Equações de regressão para o fósforo disponível (Mehlich-1) após o cultivo das forrageiras, em mg de P dm⁻³, como variável dependente (y) das doses de fósforo adicionadas (x), em mg dm⁻³

Aplicação de calcário e de P ⁽¹⁾	Equação	R ²
Capim-andropógon		
BPL60-0	$Y = 3,13 + 0,1796^{**}X$	0,993
BPNL60-0	$Y = 4,52 + 0,1801^{**}X$	0,981
MPL60-0	$Y = 1,12 + 0,2065^{**}X$	0,959
MPNL60-0	$Y = 2,89 + 0,2115^{**}X$	0,995
APL60-0	$Y = 3,04 + 0,1341^{*}X$	0,979
APNL60-0	$Y = 2,68 + 0,2004^{**}X$	0,999
MPL30-0	$Y = 1,84 + 0,2085^{**}X$	0,971
MPNL30-0	$Y = 3,79 + 0,2070^{**}X$	0,999
MPL0-0	$Y = 1,75 + 0,2008^{**}X$	0,971
MPNL0-0	$Y = 0,58 + 0,2063^{**}X$	0,989
MPNL90-30	$Y = 2,11 + 0,1902^{**}X$	0,998
MPNL30-30	$Y = 1,10 + 0,1980^{**}X$	0,995
Capim-colonião		
BPL60-0	$Y = 1,70 + 0,1958^{**}X$	0,983
BPNL60-0	$Y = 1,77 + 0,1948^{**}X$	0,985
MPL60-0	$Y = 0,26 + 0,2390^{**}X$	0,965
MPNL60-0	$Y = 1,33 + 0,1877^{**}X$	0,993
APL60-0	$Y = 2,54 + 0,1870^{**}X$	0,916
APNL60-0	$Y = 2,42 + 0,1742^{**}X$	0,991
MPL30-0	$Y = 0,57 + 0,1893^{**}X$	0,931
MPNL30-0	$Y = 0,64 + 0,1958^{**}X$	0,994
MPL0-0	$Y = 0,83 + 0,2188^{**}X$	0,967
MPNL0-0	$Y = 2,12 + 0,1841^{**}X$	0,997
MPNL90-30	$Y = 0,82 + 0,1639^{**}X$	0,991
MPNL30-30	$Y = 0,22 + 0,1777^{**}X$	0,965

(1) B: nível baixo de fertilidade (0,4 da necessidade de calcário, 20 mg de N dm⁻³ por semana, 26,7 mg de S dm⁻³, 20 mg de K dm⁻³ e micronutrientes); M: nível médio de fertilidade (duas vezes as doses de B); A: nível alto de fertilidade (três vezes as doses de B); PL: fósforo localizado (no sulco); PNL: fósforo não localizado (distribuído na camada de 0 a 10 cm); 60-0: períodos de incubação do calcário e do fósforo, em dias que antecedem à semeadura.
*, **: Significativo em 5 e 1% respectivamente.

A equivalência dos valores de declividade das equações entre os tratamentos indica, nessas condições, que o P, aplicado no sulco numa dose duas vezes menor que uma aplicação não localizada, incorporado

à camada de 0-10 cm do vaso, proporcionou a mesma disponibilidade. Entretanto, a expectativa é de que exista maior disponibilidade de P para a planta, com aplicação localizada mesmo com o uso de doses 1/3 daquelas incorporadas ao solo. A não-constatação desse fato se atribui à diluição do P, adicionado no sulco, ao ser homogeneizado na camada de 0-5 cm do vaso, na amostragem. Leite (1991), utilizando um método de amostragem de solo no vaso, onde foi aplicado o nutriente, encontrou valores de declividade mais elevados, relativamente, aos da distribuição do nutriente em maior volume de solo. Também Vasconcellos et al. (1982) e Alvarez V. et al. (1988) afirmam que a relação entre os nutrientes recuperados pelo extrator e as doses aplicadas varia com a localização do fertilizante e, mesmo, com a amostragem.

Níveis críticos de fósforo no solo

Em média, os níveis críticos de P no solo para o colônio, foram inferiores aos do andropógon (Quadro 5), em vista das menores doses de P recomendáveis, uma vez que os coeficientes angulares das equações (Quadro 4) apresentam valores, na grande maioria dos tratamentos, muito semelhantes. Essas menores doses recomendáveis parecem decorrentes de uma

Quadro 5. Doses recomendáveis (DR) de fósforo correspondentes a 90% da produção máxima ou 90% da produção na maior dose aplicada e níveis críticos (NiCrí) de fósforo no solo para o capim-andropógon e capim-colonião nos diferentes tratamentos

Aplicação de calcário e de P ⁽¹⁾	Capim-andropógon		Capim-colonião	
	DR	NiCrí	DR	NiCrí
	mg dm ⁻³			
BPL60-0	96	20	107	23
BPNL60-0	320	62	164	34
MPL60-0	65	14	58	14
MPNL60-0	316	70	203	39
APL60-0	76	13	54	13
APNL60-0	269	57	209	39
MPL30-0	74	17	71	14
MPNL30-0	342	75	195	39
MPL0-0	131	28	50	12
MPNL0-0	328	68	190	37
MPNL90-30	406	79	311	52
MPNL30-30	403	81	254	45
Média PL	88	18	68	15
PNL	340	70	218	41

(1) B: nível baixo de fertilidade (0,4 da necessidade de calcário, 20 mg de N dm⁻³ por semana, 26,7 mg de S dm⁻³, 20 mg de K dm⁻³ e micronutrientes); M: nível médio de fertilidade (duas vezes as doses de B); A: nível alto de fertilidade (três vezes as doses de B); PL: fósforo localizado (no sulco); PNL: fósforo não localizado (distribuído na camada de 0 a 10cm); 60-0: períodos de incubação do calcário e do fósforo, em dias que antecedem à semeadura.

acentuada resposta do colônio às primeiras doses de P aplicadas, pois, na quase totalidade das equações, os dados de produção de matéria seca ajustaram-se a modelos quadráticos base raiz quadrada (Quadro 2). Dessa forma, as diferenças entre os valores de níveis críticos das espécies podem ser reflexos das características relativas à eficiência de absorção e de utilização de P e de outros nutrientes.

Entretanto, os menores valores de níveis críticos para o colônio parecem indicar que sua maior exigência, em termos de fertilidade (Spain, 1979), não o seja quanto a P, embora o andropógon seja considerado menos exigente nesse nutriente que o colônio (Sanchez & Salinas, 1981).

O método de aplicação de P teve grande influência sobre os valores de níveis críticos. Para o andropógon, observaram-se níveis críticos médios de 18 e 70 mg de P dm⁻³ e, para o colônio, de 15 e 41 mg de P dm⁻³, respectivamente, para a aplicação localizada e não localizada de P (Quadro 5).

Os menores valores de níveis críticos com a aplicação de P no sulco de semeadura podem ser atribuídos à forma de amostragem do solo, a qual consistiu na retirada de uma amostra da camada de 0-5 cm do solo do vaso. Isso promoveu, após a homogeneização, uma diluição do nutriente aplicado ao sulco, resultando em menores teores de P recuperado pelo extrator.

No caso de uma amostragem restrita ao volume de solo, no qual se realiza a localização do fertilizante fosfatado, maiores teores do nutriente serão recuperados pelo extrator, o que certamente levará à obtenção de maiores valores de níveis críticos de P no solo, conforme constatado por Leite (1991).

Entretanto, é importante ressaltar que maiores valores de níveis críticos, em aplicações localizadas de P, não implicam maiores doses a serem adicionadas, pois pequenas quantidades do nutriente, em uma reduzida fração do volume de solo, proporcionarão elevadas concentrações na região fertilizada. Em aplicações distribuídas, todavia, exigirão maiores quantidades do nutriente para promover igual incremento nos teores e formas disponíveis.

As grandes diferenças entre valores dos níveis críticos da aplicação localizada e distribuída do nutriente, mesmo com doses diferentes entre os dois métodos, indicam que a forma de aplicação de P e as evidências dos efeitos da amostragem do solo exercem marcante influência sobre tais valores, quando outros fatores são mantidos constantes.

Portanto, os elevados e, às vezes, inconsistentes valores de níveis críticos de P no solo, que vêm sendo obtidos para forrageiras (Guss et al., 1987, 1990a,b; Fonseca et al., 1988), podem ser atribuídos ao método utilizado. Por exemplo, níveis dos outros nutrientes, método de aplicação de P, forma em que o nutriente é aplicado (sólida, granulada, em pó e em solução), método e momento de amostragem do solo.

A aplicação de calcário com 60 e 30 dias antes da semeadura do andropógon sob nível médio de fertilidade e P adicionado no sulco resultou em níveis críti-

cos, respectivamente, de 14 e 17 mg de P dm⁻³, e 28 mg de P dm⁻³ na aplicação de ambos no momento da semeadura. Para a mesma espécie, na aplicação distribuída, os valores de níveis críticos, na mesma ordem da aplicação localizada, foram 70, 75 e 68 mg de P dm⁻³, ou seja, menor valor para a aplicação de calcário e P no momento da semeadura. No caso do colônio, a aplicação de calcário 60 e 30 dias antes e no momento da semeadura resultou em valores de níveis críticos de 14, 14 e 12 mg de P dm⁻³, respectivamente, para a aplicação localizada, e de 39, 39 e 37 mg de P dm⁻³ para a não localizada (Quadro 5).

As diferenças nos valores de níveis críticos entre as espécies, nos dois métodos de aplicação de P, em relação ao momento de adição do corretivo, podem ser devidas às características de cada espécie, conferindo diferentes ritmos de crescimento. Assim, o colônio, de crescimento rápido, tem maior demanda por nutriente em menor período que uma espécie de crescimento mais lento, como o andropógon. Também relacionado à velocidade de crescimento das espécies, o momento de aplicação do calcário pode exercer maior ou menor influência sobre determinada forma de P (P-H₂O, P-Ca, P-Al, P-Fe) e, assim, ser mais facilmente absorvido pelas plantas (Novais & Kamprath, 1978; Barbosa Filho et al., 1987).

Os níveis de fertilidade - baixo, médio e alto no solo - proporcionaram níveis críticos de P para o andropógon de 20, 14 e 13 mg dm⁻³ respectivamente, sob aplicação localizada, e de 62, 70 e 57 mg dm⁻³, para a não localizada, quando o calcário foi adicionado 60 dias antes da semeadura. Para o colônio, os valores de níveis críticos de P no solo foram 23, 14 e 13 mg dm⁻³ para a aplicação localizada e 34, 39 e 39 mg dm⁻³ para a não localizada (Quadro 5).

A redução nos valores de níveis críticos com o aumento dos níveis de fertilidade no solo é contrária às evidências e, ou, às constatações de alguns trabalhos, nos quais se elevaram com a fertilidade (Goedert & Souza, 1984; Carvalho et al., 1988; Brienza Júnior, 1988; Fonseca et al., 1988).

A aplicação de P com 30 dias de antecedência à semeadura e incorporação na camada de 0-10 cm do vaso resultou, em média, na elevação de 12,7 e 26,5% nos níveis críticos do andropógon e do colônio respectivamente, em relação aos obtidos com o nutriente adicionado no momento da semeadura (Quadro 5).

Embora os coeficientes lineares das equações ajustadas entre P recuperado pelo extrator e doses aplicadas tenham reduzido com a aplicação antecipada do nutriente (Quadro 4), observa-se, mais uma vez, que a maior influência sobre o nível crítico, em ambas as espécies, foi da dose recomendável. Esta decorre da forma de resposta da espécie à aplicação do fertilizante fosfatado, que, por sua vez, deve estar relacionada à disponibilidade do nutriente pelo extrator químico.

Por outro lado, as menores doses recomendáveis com a aplicação de P, no momento da semeadura, resultaram, provavelmente, de melhor aproveitamento do nutriente, antes que parte dele passasse para formas não lábeis. A maior diferença entre os valores

médios de níveis críticos entre o P adicionado antes (48 mg dm^{-3}) e no momento da semeadura (38 mg dm^{-3}) do colômbio, comparada aos do andropogon (80 e 71 mg dm^{-3}) parece confirmar essa argumentação. A primeira espécie, de crescimento inicial mais rápido, colhida 13 dias antes da segunda, aproveitou a maior disponibilidade de P com a aplicação no momento da semeadura.

CONCLUSÕES

1. A forma de aplicação de fósforo foi o fator que mais influenciou os valores de níveis críticos de fósforo no solo. Assim, menores valores foram observados com a aplicação localizada no sulco.
2. Os níveis críticos de fósforo no solo, em geral, elevaram-se com a aplicação antecipada do calcário, relativamente ao dia da semeadura.
3. Os níveis de fertilidade do solo não influenciaram, de forma consistente, os valores de níveis críticos no solo.
4. A aplicação de fósforo, com antecedência à semeadura, resultou em maiores valores de níveis críticos de fósforo no solo.

LITERATURA CITADA

- ALVAREZ V., V.H. Pesquisa em casa de vegetação e campo. Definição dos tratamentos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1986. 48p.
- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BRAGA, J.M.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; RIBEIRO, A.C. & DEFELIPO, B.V. Avaliação da fertilidade do solo: metodologia. In: SIMPÓSIO DA PESQUISA NA UFV, 1., Viçosa, 1988. Resumos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1988. p.68-69.
- BARBOSA FILHO, M.P.; KINJO, T. & MURAOKA, T. Relações entre fósforo "extraível", frações inorgânicas de fósforo e crescimento do arroz em função de fontes de fósforo, calagem e tempo de incubação. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 11:147-155, 1987.
- BRIENZA JÚNIOR, S. Níveis críticos de fósforo e de enxofre em plantas de sorgo e em dois latossolos com níveis variáveis de fertilidade. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1988. 68p. (Tese de Mestrado)
- CARVALHO, M.M.; SARAIVA, O.F.; OLIVEIRA, F.T.T. & MARTINS, C.E. Respostas de leguminosas forrageiras tropicais à calagem e ao fósforo, em casa de vegetação. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 12:153-159, 1988.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT) Fertilidad del suelo y nutrición de la planta. In: PROGRAMA de ganado de carne. Cali, Colombia, CIAT, 1978. 188 p.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 3.^a aproximação. Belo Horizonte, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, 1978. 80p. (Boletim técnico)
- COSTA, G.G.; MONERATT, P.H. & GOMIDE, J.A. Efeito de doses de fósforo sobre o crescimento e teor de fósforo de capim-jaraguá e capim-colômbio. R. Soc. bras. Zoot., Viçosa, 1:1-10, 1983.
- FONSECA, D.M. da; ALVAREZ V., V.H.; NEVES, J.C.L.; GOMIDE, J.A.; NOVAIS, R.F. de & BARROS, N.F. de. Níveis críticos de fósforo em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 12:49-58, 1988.
- GOEDERT, W.J. & SOUZA, D.M.G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA. Brasília, 1984. Anais. Brasília, EMBRAPA, 1984. p. 255-289.
- GUIMARÃES, P.T.G.; FERREIRA, J.G.; CARVALHO, J.G. de & LOPES, A.S. Adubação de pastagens. Inf. Agropec., Belo Horizonte, 6:34-52, 1980.
- GUSS, A.; GOMIDE, J.A. & NOVAIS, R.F. de. Eficiência do uso de fósforo pelo estilosantes (*Stylosanthes guianensis*) e pela soja perene (*Neonotonia wightii*) em diferentes tipos de solo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 24., Brasília, 1987. Resumos. Brasília, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1987. p.163.
- GUSS, A.; GOMIDE, J.A. & NOVAIS, R.F. de. Exigência de fósforo para o estabelecimento de quatro espécies de *Brachiaria* em solos com características físico-químicas distintas. R. Soc. bras. Zoot., Viçosa, 19:278-289, 1990a.
- GUSS, A.; GOMIDE, J.A.; NOVAIS, R.F. de. Exigência de fósforo para o estabelecimento de quatro leguminosas forrageiras tropicais em solos com distintas características físico-químicas. R. Soc. bras. Zoot., Viçosa, 19:450-458, 1990b.
- ITALIANO, E.C.; GOMIDE, J.A. & MONNERAT, P.H. Doses e modalidades de aplicações de superfosfato simples na semeadura do capim-jaraguá. R. Soc. bras. Zoot., Viçosa, 10:1-10, 1981.
- LEITE, P.B. Níveis críticos de fósforo para milho e eucalipto, em função de sua localização no solo, em vasos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1991. 107p. (Tese de Mestrado)
- NASCIMENTO, M.P.S.C.B.; NASCIMENTO, H.T.S. & GOMIDE, J.A. Alguns aspectos morfofisiológicos de três gramíneas de clima tropical. R. Soc. bras. Zoot., Viçosa, 1:142-158, 1980.
- NELSON, C.J. & ZARROUGH, K.M. Tiller density and tiller weight as yield determinants of vegetative swards. In: WRIGHT, C.E., ed. Plant physiology and herbage production. Hurley, British Grassland Society, 1981. p.25-29.
- NEVES, J.C.L. Aspectos nutricionais em mudas de *Eucalyptus* spp. Tolerância de alumínio e níveis críticos de fósforo no solo. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1983. 87p. (Tese de Mestrado)
- NOVAIS, R.F. de & KAMPRATH, E.J. Phosphorus supplying capacities of previously heavily fertilized soils. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 42:931-936, 1978.
- RODRIGUES, L.R. de A. & RODRIGUES, T. de J.D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O. & YAMADA, T., eds. Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1987. p.203-230.
- SANCHEZ, P.A. & SALINAS, J.G. Low-input technology for managing Oxisols in tropical America. Adv. Agron., New York, 34:279-406, 1981.

- SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979. v.2, 83p.
- SIQUEIRA, C. Calagem para plantas forrageiras. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T. & MALAVOLTA, E., eds. SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1., Nova Odessa, 1985. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.77-91.
- SPAIN, J.M. Establecimiento y manejo de pastos en los Llanos Orientales de Colombia. In: TERGAS, L.E. & SANCHEZ, P.A., eds. Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Cali, Colombia, CIAT, 1979. p.181-189.
- SPENCER, K. & GLENDINNING, J.S. Critical soil test values for predicting the phosphorus and sulfur status of subhumid temperate pastures. Aust. J. Soil. Res., Victoria, 18:435-445, 1980.
- THOMAS, G.W. & PEASLEE, D.E. Testing soils for phosphorus. In: WALSH, L.M. & BEATON, J.D., eds. Soil testing and plant analysis. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 1973. p.115-129.
- VASCONCELOS, C.A.; SANTOS, H.L.; BAHIA FILHO, A.F.C.; OLIVEIRA, A.C. & PACHECO, E.B. Amostragem de solo em área com adubação fosfatada aplicada a lanço e no sulco de plantio. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 6:221-225, 1982.