

Influência de calagem e adubação fosfatada no crescimento inicial de eucalipto e nos níveis críticos de P

Shizuo Maeda¹, Itamar Antonio Bognola¹

¹Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal 319, CEP 83411-000, Colombo, PR, Brasil

*Autor correspondente:
shizuo.maeda@embrapa.br

Termos para indexação:
Solo
Tecido
Nível crítico
Eucalyptus dunnii

Index terms:
Soil
Tissue
Critical level
Eucalyptus dunnii

Histórico do artigo:
Recebido em 27/07/2011
Aprovado em 28/11/2012
Publicado em 28/12/2012

doi: 10.4336/2012.pfb.32.72.401

Resumo - O efeito da aplicação combinada de calagem e adubação fosfatada nos níveis críticos do solo e da planta em *Eucalyptus dunnii* foi estudado em condições de vaso. Os tratamentos consistiram na combinação de três níveis de calagem (C0, sem calagem; C1/2, metade da dose para elevar o pH em água a 5,5 pelo método do pH SMP; C1, dose para elevar o pH em água a 5,5 pelo método do pH SMP) e cinco doses de fósforo (0; 50; 150; 300 e 600 mg de P kg⁻¹ de solo). O experimento foi conduzido por 67 dias em casa de vegetação não climatizada, utilizando um Cambissolo Húmico Ta Alumínico Típico. As maiores produções de matéria seca da parte aérea foram observadas no maior nível de calagem. Os níveis críticos de P no solo e na massa seca da parte aérea diminuíram com o aumento do nível de calagem.

Influence of lime and phosphorus in initial growth of eucalyptus and in P critical level

Abstract - The effect of combined application of lime and phosphorus in critical levels in soil and plants of *Eucalyptus dunnii* in vessels was studied. The treatments consisted of three levels of lime (C0, without liming; C1/2, liming with half the doses to raise the pH in water at pH 5.5 by the method of SMP; C1, liming with dose to raise the pH in water at 5.5 by the same method) and five doses of phosphorus (0, 50, 150, 300 and 600 mg P kg⁻¹ of soil). The experiment was carried out during 67 days in a greenhouse, using a Ta-aluminate Typical Humic Cambisol. The highest yields of shoots dry matter were observed at the highest level of liming. The critical levels of P in soil and shoot dry mass decreased with increasing level of liming.

Introdução

A obtenção de plantios florestais com alto rendimento depende de adequada nutrição das mudas em fase de viveiro e no início do desenvolvimento após o plantio no campo. Uma vez atendidas as necessidades nutricionais, o estabelecimento e crescimento inicial é otimizado, resultando no máximo da exteriorização do potencial de crescimento da espécie. Para isso, há necessidade de se conhecer as exigências nutricionais da cultura e o nível de fertilidade do solo a ser cultivado.

O plantio de eucalipto no Brasil é predominantemente realizado em solos de baixa aptidão agrícola. Nesses solos, os teores de alumínio são elevados, o que não se constitui em limitação para o cultivo do eucalipto, uma vez que a maioria das espécies é tolerante ao elemento. O fósforo é o nutriente mais limitante para o crescimento da espécie, devido aos teores naturalmente baixos e à elevada capacidade de adsorção de P da maioria dos solos (Barros & Novais, 1996). Apesar da tolerância das espécies de eucalipto à acidez do solo

e ao alumínio trocável, a disponibilidade de cálcio deve ser adequada, por se tratar do nutriente de maior acúmulo na parte aérea (Bellote, 1979), o que justifica a necessidade de realização da calagem com o objetivo de disponibilizar esse nutriente para a cultura. A aplicação de calcário em eucalipto tem sido recomendada em solos com teores de Ca e Mg menores que $2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Bellote & Neves, 2001), resultando em saturação por bases próximo de 50%.

Em função da influencia da acidez do solo sobre a disponibilidade de P para as plantas (Novais & Smyth, 1999), a avaliação da dependência da disponibilidade de P em função da calagem possibilita reduzir a aplicação do nutriente, reduzindo o custo da adubação. Isso se torna possível uma vez que, com a redução da acidez, ocorre um aumento na densidade de cargas negativas na superfície dos colóides do solo, resultando em menor adsorção entre o íon fosfato (Barrow, 1985), redução da capacidade máxima de adsorção de P do solo (Novais & Smyth, 1999) e aumento da eficiência do fósforo aplicado.

O rápido crescimento inicial das mudas é importante para minimizar o efeito competitivo de plantas invasoras. A prática racional de adubação, otimizando a utilização de recursos financeiros e ambientais, depende de criteriosos estudos de calibração. Nesses estudos, o nível crítico é definido como a concentração do nutriente no solo e na planta que corresponde à disponibilidade necessária para atingir a máxima eficiência econômica na produção (Alvarez V., 1996; Santos et al., 2002).

Em alguns solos utilizados para cultivo do *Eucalyptus* na região Sul do Brasil os teores de Al^{+3} ($10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) superam os teores do elemento encontrados, por exemplo, em solos da região dos Cerrados, enquanto os teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} são baixos e similares aos encontrados nessa região. Nesse cultivo, a aplicação de calcário não é realizada, são aplicadas em doses reduzidas e sem a incorporação do mesmo ao solo.

Esse trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação combinada de níveis de calagem e de fósforo no crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* e estabelecer níveis críticos de P no solo e na massa seca da parte aérea.

Materiais e métodos

O ensaio foi conduzido em vaso em condições de casa-de-vegetação da Embrapa Florestas, em Colombo, PR, no período de fevereiro a abril de 2011, totalizando 67 dias. Foram utilizadas mudas de *Eucalyptus dunnii* obtidas por estaquia. As mudas foram conduzidas em tubetes de 50 mL, sendo em seguida transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 4 litros.

Foi utilizado um Cambissolo Húmico Ta Alumínico Típico (Santos et al., 2006), coletado em Rio Negrinho, SC, anteriormente cultivado com pinus. A amostra de solo utilizada foi coletada na camada de 0 a 20 cm. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneira com malha de 5 mm. As características químicas e físicas foram analisadas segundo Silva (1999) e apresentaram os seguintes valores: pH SMP = 4,30; pH CaCl_2 = 4,12; P (Mehlich-1) = $1,38 \text{ mg dm}^{-3}$; K^+ = $0,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Ca^{+2} = $0,03 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg^{+2} = $0,01 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al^{+3} = $9,24 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ = $25,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; T = $25,44 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; V = 2%; m = 94%; matéria orgânica = $54,7 \text{ g kg}^{-1}$; argila = 35,5%; areia grossa = 1,0 %; areia fina = 8,5% e silte = 54,0%.

Os tratamentos consistiram na combinação de três níveis de calagem (Co, sem calagem; C1/2, metade da dose para elevar o pH em água a 5,5 pelo método do pH SMP e C1, calagem para elevar o pH em água a 5,5 pelo método do pH SMP (Thomé Júnior, 1997), com cinco doses de fósforo (P0, 0 mg de P kg^{-1} de solo; P1, 50 mg de P kg^{-1} de solo; P2, 150 mg de P kg^{-1} de solo; P3, 300 mg de P kg^{-1} de solo e P4, 600 mg de P kg^{-1} de solo). O experimento foi conduzido num esquema fatorial completo, em delineamento inteiramente casualizado com três repetições, sendo a unidade experimental constituída por um vaso com uma planta.

As doses de corretivos (CaCO_3 e MgCO_3 p.a., relação estequiométrica de 4:1) de cada tratamento foram misturadas a 3,4 kg de terra e incubadas durante dez dias em umidade correspondente à capacidade de campo. Após esse período, os solos foram secos para a aplicação das doses de P [$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ p.a.] correspondentes a cada tratamento e de uma adubação básica com 300 mg de N kg^{-1} solo [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ p.a.], 300 mg de K_2O (KCl p.a.), 30 mg S kg^{-1} de solo [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ p.a.] e micronutrientes (FTE BR12) 150 mg kg^{-1} de solo.

Durante o período experimental, a umidade do solo nos vasos foi mantida a valores próximos a 90% da capacidade de campo, com a aplicação de água deionizada.

Foi feita uma amostragem de solo de cada unidade experimental no início de condução do ensaio para avaliação do pH em água e do teor de P segundo Silva (1999).

O efeito dos tratamentos no crescimento das mudas foi avaliado pela produção de matéria seca da parte aérea (MSPA); pelo acúmulo de P na MSPA, obtido pelo produto entre a MSPA e o teor de P e a eficiência na utilização de P, obtida pela razão entre a MSPA e o respectivo teor de P. A parte aérea foi coletada cortando-se o caule das mudas rente ao solo. Após descontaminação por meio de lavagem em água deionizada, o material coletado foi seco em estufa com circulação forçada a 65 °C; em seguida de cada amostra foi determinada a massa seca. Após essa etapa, o material foi moído em moinho tipo Wiley e determinado o teor de P, conforme Silva (1999).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ($P \leq 5\%$), teste de médias (Scott-Knott a 5%) e à análise de regressão.

Resultados e discussão

Matéria seca da parte aérea e fósforo recuperado no solo

A produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) foi significativamente influenciada pela aplicação de doses de P nos níveis de calagem estudados (Tabelas 1 e 2). Na ausência de calagem – C0, a produção de MSPA foi crescente até a maior dose de P (600 mg P kg⁻¹ de solo). No nível de calagem C1/2, a MSPA foi aumentada até a dose P3 (300 mg P kg⁻¹ de solo) seguida por uma redução na maior dose de P. Por outro lado, no maior nível de calagem – C1, observou-se efeito da aplicação de P até a dose P1 (50 mg P kg⁻¹ de solo), seguindo-se de uma redução na MSPA produzida até a maior dose de P (Tabela 1). Por sua vez, observaram-se respostas positivas à calagem nos tratamentos P0, P1 e P2 até o maior nível de calagem, enquanto no tratamento P3, houve resposta até a dose intermediária, e no maior nível de P houve acréscimo até o nível intermediário de calagem, seguido por

redução na MSPA no maior nível de calagem (Tabela 2). As respostas à calagem e à aplicação de P eram esperadas em razão dos baixos teores de Ca⁺², Mg⁺² e P no solo. Recomendações apresentadas por Bellote & Neves (2001) indicam a necessidade de teores para Ca⁺² + Mg⁺² de 2 cmol_c dm⁻³. No caso do solo utilizado no presente estudo o teor de Ca⁺² + Mg⁺² era de 0,04 cmol_c dm⁻³. A redução MSPA produzida nas maiores doses de P nos tratamentos com calagem pode ser devido à indução da deficiência de Zn pela diluição do nutriente na biomassa das plantas em teste promovida pelo aumento da taxa de crescimento pela aplicação de P, sem o equivalente aumento na taxa de absorção de Zn (Loneragan & Weeb, 1993).

Na Tabela 1 são apresentados os valores de pH, enquanto na mesma tabela e na Figura 1 são mostrados os teores de P recuperados por Mehlich-1, nas diferentes combinações entre níveis de calagem e doses de P. Pode-se observar que as doses de carbonatos de cálcio e magnésio aplicadas nos tratamentos C1 proporcionaram valores de pH próximo ao esperado. A taxa de recuperação de P no solo apresentou relação linear com o aumento da dose de P aplicada. No entanto, contrário do esperado, não se observou efeito da calagem nessa variável, o que pode estar relacionado com a pequena amplitude nos valores de pH observados entre os tratamentos sem calagem e no maior nível de calagem (Tabela 1). Nesse caso, a capacidade de adsorção de P pode ter sido pouco influenciada ou mesmo não alterada pela calagem aplicada. Conforme Barrow (1985) e Novais & Smith (1999), o bloqueio dos pontos de adsorção de P promovidos pela calagem aumenta a disponibilidade de P para plantas. Outra possibilidade seria pela ação da matéria orgânica, cujo efeito na redução da adsorção dos íons fosfatos é atribuído ao bloqueio dos sítios de adsorção (Almeida et al., 2003; Araújo et al., 2004; Souza et al., 2006). Conforme Traina et al. (1986), ácidos orgânicos do solo solubilizam fosfatos de ferro e alumínio, reduzindo a sua precipitação com íons Fe e Al e diminuem a adsorção de fósforo por oxidróxidos de ferro e de alumínio. Estes minerais podem adsorver as substâncias húmicas com grande energia e assim competirem com o fosfato pelos mesmos sítios de adsorção (Haynes, 1984). O solo estudado apresenta alto teor de matéria orgânica - 54,7 g kg⁻¹. (Thomé Junior, 1997).

Tabela 1. de pH e teores de P extraíveis no início do experimento e produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), em função dos níveis de calagem aplicados.

Tratamento	pH H ₂ O	Teor de P (mg dm ⁻³)	MSPA (g planta ⁻¹)
C0			
P0	3,82	2,53 e	5,8 e
P1	3,76	9,58 d	9,3 d
P2	3,76	24,85 c	10,4 c
P3	3,73	54,37 b	12,0 b
P4	3,79	115,45 a	13,8 a
C1/2			
P0	4,48	2,71 e	8,2 e
P1	4,50	8,73 d	12,0 d
P2	4,51	26,30 c	14,7 b
P3	4,40	51,15 b	15,0 a
P4	4,40	112,87 a	14,3 c
C1			
P0	5,26	3,16 e	14,8 d
P1	5,41	8,39 d	16,0 a
P2	5,35	22,20 c	15,8 b
P3	5,44	47,84 b	15,0 c
P4	5,38	112,80 a	8,8 e

Valores médios de três repetições.

C0, sem calagem; C1/2, metade da dose para elevar o pH a 5,5 pelo método SMP; C1, dose para elevar o pH a 5,5 pelo método SMP. P0, 0 mg de P kg⁻¹ de solo; P1, 50 mg de P kg⁻¹ de solo; P2, 150 mg de P kg⁻¹ de solo; P3, 300 mg de P kg⁻¹ de solo e P4, 600 mg de P kg⁻¹ de solo. Médias de MSPA seguidas por letras minúsculas, para doses de P dentro do mesmo nível de calagem, e letras maiúsculas, para os níveis de calagem dentro de uma mesma dose de P, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Tabela 2. de pH e teores de P extraíveis no início do experimento e produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), em função das doses de tratamentos P aplicados.

Tratamentos	pH CaCl ₂	P mg dm ⁻³	MSPA g planta ⁻¹
P0			
C0	3,82 c	2,53	5,80 b
C1/2	4,48 b	2,71	8,20 b
C1	4,97 a	3,16	14,8 a
P1			
C0	3,76 a	9,58	9,30 c
C1/2	4,50 b	8,73	12,0 b
C1	5,41 c	8,39	16,0 a
P2			
C0	3,76 a	24,85	10,40 c
C1/2	4,51 b	26,30	14,70 b
C1	5,35 c	22,20	15,80 a
P3			
C0	3,73 a	54,37	12,00 b
C1/2	4,40 b	51,15	15,00 a
C1	5,44 c	47,84	15,00 a
P4			
C0	3,79 a	115,45	13,80 b
C1/2	4,40 b	112,87	14,30 a
C1	5,38 c	112,80	8,80 c

Valores médios de três repetições.

C0, sem calagem; C1/2, metade da dose para elevar o pH a 5,5 pelo método SMP; C1, dose para elevar o pH a 5,5 pelo método SMP. P0, 0 mg de P kg⁻¹ de solo; P1, 50 mg de P kg⁻¹ de solo; P2, 150 mg de P kg⁻¹ de solo; P3, 300 mg de P kg⁻¹ de solo e P4, 600 mg de P kg⁻¹ de solo. Médias de MSPA seguidas por letras minúsculas, para doses de P dentro do mesmo nível de calagem, e letras maiúsculas, para os níveis de calagem dentro de uma mesma dose de P, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

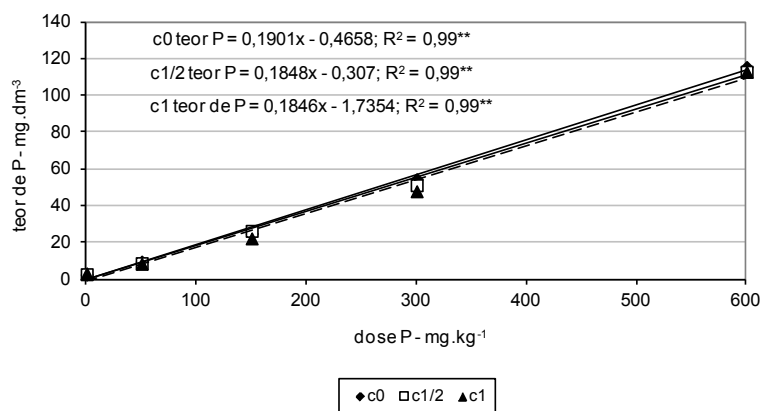


Figura 1. Teores de P recuperados por Mehlich-1, em função da aplicação de doses de P em diferentes níveis de calagem. C0, sem calagem; C1/2, metade da dose para pH 5,5 pelo método do pH SMP; C1, dose para pH 5,5 pelo método do pH SMP.

Teores críticos de P no solo nos níveis de calagem

A equação quadrática foi a que apresentou melhor ajuste para relação entre a MSPA e as doses de P aplicadas nos três níveis de calagem (Figura 2). Com base nessas equações, foram estimadas as MSPA correspondentes a 90% da produtividade máxima em cada nível de

calagem, valores esses que corresponderiam à máxima eficiência econômica - MEE em trabalhos de casa-de-vegetação (Alvarez V., 1996; Santos et al., 2002). Para a MSPA correspondente à MEE, foram estimados os níveis críticos de P no solo para cada nível de calagem, os quais são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 Matéria seca da parte aérea (MSPA) de mudas de *Eucalyptus dunnii* correspondentes a 90% da produção máxima e os respectivos níveis críticos - NC de P no solo em três níveis de calagem e eficiência de uso de P no nível crítico do nutriente no solo.

Tratamento	MSPA (g planta ⁻¹)	Dose de P para 90% da MSPA (mg de P kg ⁻¹)	NC de P no solo (mg dm ⁻³)	Eficiência de uso de P no seu NC no solo* (mg MSPA mg P ⁻¹)
C0 (P0, P1, P2, P3, P4)	12,43	279,57	52,68	274
C1/2 (P0, P1, P2, P3, P4)	13,54	141,22	25,79	525
C1 (P0, P1, P2, P3, P4)	14,21	90,11	14,90	954

* Eficiência de utilização: razão da relação entre o a matéria seca produzida (em mg) no nível crítico de P no solo. C0, sem calagem; C1/2, metade da dose para elevar o pH a 5,5 pelo método SMP; C1, dose para elevar o pH a 5,5 pelo método SMP. P0, 0 mg de P kg⁻¹ de solo; P1, 50 mg de P kg⁻¹ de solo, P2, 150 mg de P kg⁻¹ de solo; P3, 300 mg de P kg⁻¹ de solo e P4, 600 mg de P kg⁻¹ de solo.

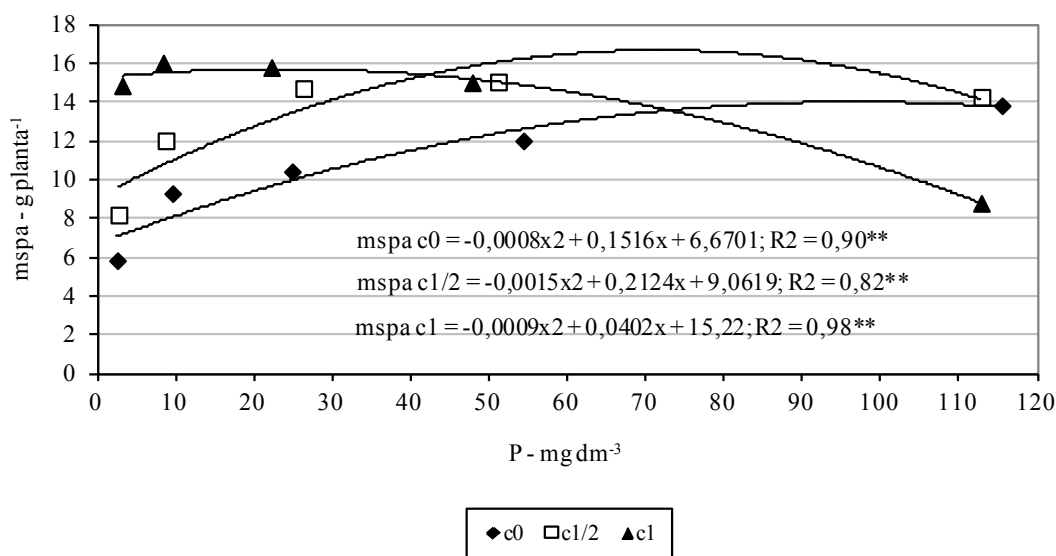


Figura 2. Equações de regressão ajustadas entre massa seca da parte aérea ($Y =$ massa seca, g planta⁻¹) de mudas de *Eucalyptus dunnii* como variável dependente das doses de P ($x = P$, mg kg⁻¹) nos níveis de calagem C0, C1/2 e C1 e respectivos coeficientes de determinação.

O nível crítico de P no solo foi menor no maior nível de calagem, sendo que esse valor equivale a 28,28% do nível crítico obtido no tratamento sem calagem. Por outro lado, o nível crítico de P no tratamento C1/2 correspondeu a 48,96% do nível crítico obtido sem a aplicação de calcário. Silva et al. (2007), observaram uma redução do nível crítico de P no solo com a calagem para elevar a saturação por bases a 50%

seguido por uma elevação do nível crítico quando a saturação por bases foi elevada a 80%. Nesse estudo, a calagem propiciou uma redução do nível crítico de P no solo. Tendo em vista que não foi observado aumento na disponibilidade de P no solo com a calagem (Tabela 1), é possível que o fator restritivo ao crescimento das mudas de *E. dunnii* no tratamento sem calagem, tenha sido além da deficiência de P, a baixa disponibilidade

de cálcio, uma vez que a espécie é considerada exigente quanto à disponibilidade desse nutriente (Bellote & Neves, 2001), e o teor inicial do elemento no solo era de $0,03 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo que o teor de cálcio considerado adequado para o cultivo do eucalipto é de $0,45$ a $0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e de Mg de $0,10$ a $0,19 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, para um incremento médio anual de 20 a $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente (Barros & Novais, 1999). As doses de carbonatos de cálcio e magnésio seriam suficientes para elevar os teores dos mesmos para $5,6$ e $1,86$ no nível de calagem C1/2 e $11,6$ e $3,74 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no nível de calagem C1.

Com relação às doses de P para a obtenção de 90% da produtividade máxima de MSPA, pode ser observado na Tabela 3 que no tratamento C1 são necessários 90 mg de P kg^{-1} de solo, o que corresponde a 32% da necessidade de aplicação de P, quando cultivado sem a realização da calagem e 63% da necessidade quando da aplicação da metade da dose de corretivo, mostrando uma redução importante na necessidade de P no tratamento C1 em relação ao C0 e C1/2. Silva et al. (2007), também observaram uma redução da necessidade de fósforo para a obtenção de 90% da MSPA com a elevação da saturação por bases a 50%, embora tenha se seguido de uma elevação da necessidade do nutriente com a elevação da saturação por bases a 80%.

É possível que o aumento da concentração de P no solo tenha proporcionado maior difusão do elemento e maior absorção do mesmo (Cox & Barber, 1992) com consequente estímulo ao crescimento radicular (Ernani et al., 2000) e redução no nível crítico no solo para o crescimento das mudas de eucalipto.

Quanto à eficiência de utilização de P na produtividade da MSPA, observou-se expressivo aumento na eficiência com a calagem. Comparado à ausência de calagem e à aplicação de metade da dose, a eficiência de uso no maior nível de calagem foi 25% e 80% superior, respectivamente.

Níveis críticos de P na parte aérea

Com base em 90% da produtividade máxima observada na MSPA nos tratamentos estudados, foram obtidos os níveis críticos de P na MSPA a partir das equações estabelecidas entre as massas secas e os teores do nutriente. Os níveis críticos de P na massa seca da parte aérea diminuíram com o aumento do nível de calagem (Tabela 4), indicando que outros fatores podem ter limitado a expressão da capacidade produtiva das mudas da espécie estudada. Foi observada menor produção de massa seca da parte aérea (Tabela 2) e, como consequência, em maior concentração de P na ausência de calagem. No caso desse estudo o cálcio e o magnésio podem ter limitado a produção de massa seca da parte aérea, resultando em maior concentração de P nessa massa seca.

Tabela 4. Equações de regressão ajustadas entre os teores de P na parte aérea ($y = P$, g de P kg^{-1}) como variável dependente das produções de matéria seca da parte aérea ($x = P$, g de P kg^{-1}) e os níveis críticos (NC) de P em mudas de *Eucalyptus dunnii* em cada nível de calagem considerando a produtividade de 90% da maior produtividade de massa seca da parte aérea obtida em cada nível de calagem.

Tratamento	Equação	R ²	NC de P g de P kg^{-1}
C0 (P0, P1, P2, P3, P4)	$y = -0,0190x^2 + 0,5831x - 2,2047$	0,98**	2,11
C1/2 (P0, P1, P2, P3, P4)	$y = -0,0199x^2 + 0,6433x - 3,0852$	0,93**	1,98
C1 (P0, P1, P2, P3, P4)	$y = -0,0032x^2 + 0,2627x - 1,2227$	0,96**	1,90

**significativo a 1%. C0, sem calagem; C1/2, metade da dose para pH 5,5 pelo método do pH SMP; C1, dose para pH 5,5 pelo método do pH SMP. P0, sem aplicação de P; P1, aplicação de 50 mg P kg^{-1} ; P3, aplicação de 150 mg P kg^{-1} ; P4, aplicação de 300 mg P kg^{-1} ; P4, aplicação de 600 mg P kg^{-1} .

Conclusões

Os níveis críticos de fósforo no solo e na parte aérea para a produção de matéria seca da parte aérea das mudas de *Eucalyptus dunnii* diminuem com a calagem.

A calagem aumenta a eficiência de utilização do fósforo para a produção de matéria seca da parte aérea de *Eucalyptus dunnii*.

Referências

- ALMEIDA, J. A.; TORRENT, J.; BARRÓN, V. Cor do solo, formas do fósforo e adsorção de fosfato em Latossolos desenvolvidos de basalto do extremo-sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 985-1002, 2003.
- ALVAREZ V., V. H. Correlação e calibração de análise de solos. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p. 615-645.
- ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; GUERRA, A. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de argissolo amarelo distrófico na Amazônia ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 28, p. 307-315, 2004.
- BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F. de. Eucalyptus nutrition and fertilizer regimes in Brazil. In: ATTIWILL, P. M.; ADA-MS, M. A. (Ed.). **Nutrition of Eucalyptus**. Collin-wood: CSIRO, 1996. p. 335-355.
- BARROS, N. F. de B.; NOVAIS, R. F. de. Eucalipto. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.) **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 303-305.
- BARROW, N. J. Reaction of anions and cations with variable-charge soils. **Advances in Agronomy**, New York, v. 38, p. 183-230, 1985.
- BELLOTE, A. F. J. **Concentração, acumulação e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) em função da idade**. 1979. 129 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BELLOTE, A. F. J.; NEVES, E. J. M. **Calagem e adubação em espécies florestais plantadas na propriedade rural**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 6 p. (Embrapa Florestas. Circular técnica, 54).
- COX, M. S.; BARBER, S. A. Soil supply levels needed for equal P uptake from four soils with different water contents at the same water potential. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 143, p. 93-98, 1992.
- ERNANI, P. R.; NASCIMENTO, J. A. L.; CAMPOS, M. L.; CAMILLO, R. J. Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 537-544, 2000.
- HAYNES, R. J. Lime and phosphate in the soil-plant system. **Advanced Agronomy**, New York, v. 37, p. 249-315, 1984.
- LONERAGAN, J. F.; WEBB, M. J. Interactions between zinc and other nutrients affecting the growth of plants. In: ROBSON, A. D. (Ed.). **Zinc in soil and plants**. Madison: Kluwer Academic, 1993. p. 119-134.
- NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: Ed da UFV, 1999. 399 p.
- SANTOS, H. Q.; FONSECA, D. M.; CANTARUTTI, R. B.; ALVAREZ, V., V. H.; NASCIMENTO JUNIOR, D. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais em diferentes idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, p. 173-182, 2002.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. da (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SILVA, C. A.; RANGEL, O. J. P.; BELIZÁRIO, M. H. Interação calagem-adubação fosfatada e sua influencia nos níveis críticos de P e crescimento do eucalipto. **Scientia Forestalis**, Lavras, n. 73, p. 63-72, 2007.
- SILVA, F. C. da (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370 p.
- SOUZA, R. F.; FAQUIM, V.; TORRES, P. R. F.; BALIZA, D. P. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, p. 975-983, 2006.
- THOMÉ JUNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247 p.
- TRAINA, S. J.; SPOSITO, G.; HESTERBERG, D.; KAFKAFI, U. Effects of pH and organic acids on orthophosphate solubility in an acidic, montmorillonitic soil. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 50, p. 45-52, 1986.

