



Acúmulo de nutrientes na cultura do eucalipto em função da adubação fosfatada

Rodolfo de Niro Gazola^(1*); Salatiér Buzetti⁽¹⁾; Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho⁽¹⁾; Raíssa Pereira Dinalli Gazola⁽²⁾; Thiago de Souza Celestrino⁽¹⁾; Gabriela Gomes Marques⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000 (*rngazola@gmail.com).

⁽²⁾ Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000.

RESUMO: O fósforo (P) é um dos nutrientes menos acumulado no eucalipto, conseqüentemente, o menos exportado pela colheita da madeira. No entanto, a sua disponibilidade no solo na maioria das áreas de plantio no Brasil é muito baixa, principalmente, nas regiões do bioma Cerrado, que apresentam solos de baixa fertilidade, refletindo assim na redução da produtividade da cultura. Neste sentido, objetivou-se avaliar a adubação fosfatada no acúmulo dos macronutrientes no eucalipto após 66 meses do plantio, em função de doses de fósforo em solo com baixo teor deste nutriente. O experimento foi conduzido na fazenda Renascença, fundo agrícola administrado pela Cargill Agrícola S/A, localizada no município de Três Lagoas/MS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de quatro doses de P_2O_5 (0, 40, 70 e 100 kg ha⁻¹), aplicadas no sulco de plantio. O acúmulo de P nas folhas e na parte aérea total das plantas de eucalipto aumentaram com a aplicação de doses de P_2O_5 .

Termos de indexação: *Eucalyptus urophylla*, Fertilização, Macronutrientes.

INTRODUÇÃO

As espécies de *Eucalyptus* são mais exigentes em P principalmente na fase inicial do crescimento (STAHL, 2009). Considerando o acúmulo dos nutrientes no tronco e na parte aérea total seguem a seguinte ordem: N > Ca > K > Mg > P (ANDRADE et al., 2006; FARIA et al., 2008). Nesse sentido, dentre os macronutrientes o P é o menos extraído pela cultura. No entanto, é dos que mais limitam a produção na região do Cerrado, pois os seus teores na solução do solo são geralmente baixos, além de apresentar alta capacidade de adsorção e precipitação, uma vez que esses solos são extremamente ácidos e com altos teores de alumínio trocável (SOUSA et al., 2004; SILVEIRA; GAVA, 2004).

A aplicação de elevadas quantidades de fertilizantes fosfatados é uma forma de compensar a baixa disponibilidade de P no solo, porém tal prática onera bastante os custos de implantação do eucalipto. Portanto, a prática racional da adubação otimizando a utilização de recursos financeiros e ambientais depende de criteriosos estudos de calibração (BOGNOLA et al., 2011; MAEDA; BOGNOLA, 2012).

Tendo em vista o exposto, objetivou-se avaliar a adubação fosfatada no acúmulo de nutrientes no eucalipto após 66 meses do seu plantio, em função de doses de fósforo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de setembro/2011 a julho/2017, na Fazenda Renascença, fundo agrícola administrado pela Cargill Agrícola S/A, com latitude 20° 34' S, longitude 51° 50' O e altitude média de 305 m, no município de Três Lagoas, MS.

Antecedendo a instalação do experimento, foram coletadas amostras do solo nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm para determinação dos atributos químicos do solo, segundo a metodologia descrita por Rajj et al. (2001). Os atributos químicos na profundidade de 0 a 20 cm foram: pH em CaCl₂ de 4,2; 7,4 g dm⁻³ de M.O.; 1 mg dm⁻³ de P em resina; e teores de K, Ca, Mg, H+Al e Al de 0,2; 4,2; 1,9; 17,0 e 4,3 mmol_c dm⁻³, respectivamente, e a saturação por bases (V) de 27%. Na profundidade de 20 a 40 cm, foram: pH em CaCl₂ de 4,2 e 6,8 g dm⁻³ de M.O.; 1 mg dm⁻³ de P em resina; teores de K, Ca, Mg, H+Al e Al de 0,3; 1,6; 1,1; 18,0 e 4,5 mmol_c dm⁻³, respectivamente, e V de 14%. O solo foi classificado como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO órtico (SANTOS et al., 2013).

Antes da implantação do experimento foi realizado um conjunto de operações necessárias para implantação da cultura do eucalipto, como: a) Controle de formigas: foram aplicados 3 kg ha⁻¹ de isca formicida granulada Dinagro-S (0,9 g do i.a. sulfluramida); b) Capina química em área total: foram aplicados 6,0 L ha⁻¹ do herbicida Glifosato TROP (2880 g do i.a. glifosato); c) Calagem: foram aplicados 1500 kg ha⁻¹ de calcário



de PRNT 80%; d) Gessagem: foram aplicados 500 kg ha⁻¹ de gesso; e) Subsolagem; f) Sulcação.

O experimento foi implantado em janeiro de 2012, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro tratamentos, quatro repetições e 420 m² por parcela. Os tratamentos consistiram nas diferentes doses de P (0, 40, 70 e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Cada parcela foi composta por 56 plantas, distribuídas em sete linhas de oito plantas cada. Nas linhas de plantio, as mudas do clone de *Eucalyptus urophylla* foram espaçadas em 2,5 m e nas entre linhas em 3 m. Como área útil da parcela foram consideradas apenas as 30 plantas centrais, com área efetiva de amostragem de 225 m² por parcela.

Na adubação de plantio foram aplicados no sulco de plantio 15 kg ha⁻¹ de N e K₂O, sendo utilizado como fonte a ureia e o cloreto de potássio, respectivamente. A adubação fosfatada foi realizada somente no plantio, utilizando como fonte o superfosfato triplo, sendo a quantidade aplicada conforme a descrição dos tratamentos.

Nas adubações de cobertura, aos 2, 9 e 14 meses, o nitrato de amônio e o cloreto de potássio, como fontes de N e K₂O, respectivamente, foram aplicados em cobertura 37,5; 37,5 e 50,0 kg ha⁻¹ de N e 49,5; 49,5 e 66,0 kg ha⁻¹ de K₂O (2, 9 e 14 meses, respectivamente).

Aos 66 meses de idade após o plantio, foram selecionadas quatro árvores (repetições) por tratamento para serem abatidas, sendo uma árvore representativa da classe inferior, duas da classe intermediária e uma da classe superior, segundo a metodologia descrita por Silva (2011). Foram retiradas de maneira manual amostras de todos os componentes das árvores (folhas, galhos e tronco) para determinação da umidade em laboratório e posterior quantificação da biomassa seca. As amostras obtidas do tronco foram separadas em casca e lenho no laboratório, antes da secagem.

As amostras vegetais dos diferentes componentes das árvores foram secas em estufas de ventilação forçada (65 °C, por 72 horas), pesadas em balança com precisão de 0,1 g e moídas em moinho do tipo Willey. Posteriormente foram realizadas as análises químicas para determinar a concentração dos macronutrientes segundo a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Para determinação dos nutrientes no lenho e na casca foram considerados os teores médios obtidos nos discos coletados na base, DAP, 10, 30, 50 e 70% da altura total. Com os valores das concentrações em cada compartimento, foi estimado o conteúdo nos diferentes componentes das árvores (kg ha⁻¹).

Os dados foram submetidos à análise de variância com a aplicação do teste F a 5% de probabilidade. Quando significativo, realizou-se a análise de regressão. O procedimento estatístico foi realizado utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adubação fosfatada influenciou no acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S no compartimento folhas, de N e Ca no lenho, de Ca na casca e de N, P, Ca, Mg e S no total da parte aérea da planta (**Tabela 1**).

O conteúdo de N aumentou com as doses de P₂O₅, sendo o máximo de 80,5; 138,6 e 271,3 kg ha⁻¹ de N (folhas, lenho e total, respectivamente) obtido com a aplicação de 62,2; 57,7 e 59,6 kg ha⁻¹ de P₂O₅, propiciando com as respectivas doses, incrementos de 64, 49 e 36%, respectivamente, em relação à testemunha.

Os maiores estoques de P com as doses de 70,4 e 100,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foram obtidos nas folhas e total (6,1 e 33,9 kg ha⁻¹ de P, respectivamente), sendo que o aumento com essas doses foram de 48 e 38% em relação à testemunha.

O K no compartimento folhas foi de 42,3 kg ha⁻¹ com a dose de 59,1 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Para os de Ca, os máximos de 28,5; 87,1; 297,5 e 444,5 kg ha⁻¹ de Ca (folhas, lenho, casca e total, respectivamente) foram obtidos com as doses de 54,2; 62,7; 82,0 e 72,1 kg ha⁻¹ de P₂O₅, sendo que com essas doses, os aumentos foram de 31, 52, 58 e 51% em relação à testemunha. Os maiores estoques de Mg com as doses de 54,8 e 64,4 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foram obtidos nas folhas e total (14,7 e 133,5 kg ha⁻¹ de Mg, respectivamente), sendo que o aumento com essas doses foram de 53 e 41% em relação à testemunha. Para o S, os máximos acúmulos de 6,8 e 52,3 kg ha⁻¹ de S (folhas e total, respectivamente) foram obtidos com as doses de 54,9 e 55,3 kg ha⁻¹ de P₂O₅, sendo que com essas doses os aumentos foram de 45 e 78% em relação à testemunha. Verifica-se com esses resultados que a adubação fosfatada propiciou aumentos expressivos nos acúmulos de nutrientes nos diferentes compartimentos e na parte aérea total das plantas de eucalipto.

Em relação aos compartimentos, no lenho os estoques dos nutrientes das plantas de eucalipto aos 66 meses pós-plantio ocorreu na seguinte ordem: K > N > Ca > Mg > S > P e na parte aérea das plantas de eucalipto: Ca > K > N > Mg > S > P. Com base nessas constatações, verifica-se que, o P é o nutriente que apresentou menor estoque no lenho (15,2 kg ha⁻¹ de P) e no tronco (lenho + casca = 22,7 kg ha⁻¹ de P) (**Tabela 1**). Portanto, esse nutriente é menos exportado pela colheita (lenho), sendo que a retirada da casca nessa operação mantém cerca de 33% do P na área florestal.

Faria et al. (2008) constataram que a exploração somente da parte comercializável da planta (lenho) é uma forma de reduzir a exportação de nutrientes do sítio florestal, mantendo assim a sua capacidade produtiva por maior período de tempo. Nesse sentido, a remoção da casca na operação da colheita propicia o retorno de P para o sítio florestal, sendo esse nutriente fornecido para os próximos ciclos da cultura, conseqüentemente, na sua menor reaplicação pela adubação.



CONCLUSÕES

A adubação fosfatada propiciou maior acúmulo de N, P, Ca, Mg e S na parte aérea total das plantas de eucalipto.

As doses de 70,4 e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ propiciaram os maiores acúmulos de P nas folhas e na parte aérea total das plantas de eucalipto.

AGRADECIMENTOS

À CAPES e à FAPESP pelo financiamento da pesquisa do primeiro autor (processo número 2014/02641-6).

REFERÊNCIAS

ANDRADE, G.C.; BELLOTE, A.F.J.; SILVA, H D.; RIZZI, N. E.; GAVA, J.L. Acúmulo de nutrientes na biomassa e na serapilheira de *Eucalyptus grandis* em função da aplicação de lixo urbano e de nutrientes minerais. Boletim de Pesquisa Florestal, 53:109-136, 2006.

BOGNOLA, I A.; CLASEN, L.A.; FRANCISCON, L.; GAVA, J. L.; DEDECEK, R.A. Aplicação de silicatos de cálcio e de potássio e o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis*. Pesquisa Florestal Brasileira, 31:83-92, 2011.

FARIA, G.E.; BARROS, N.F.; CUNHA, V.L.P.; MARTINS, I. S.; MARTINS, R.C.C. Avaliação da produtividade, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes em genótipos de *Eucalyptus spp.* no Vale do Jequitinhonha, MG. Ciência Florestal, 18: 363-373, 2008.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium, 6: 36-41, 2008.

MAEDA, S.; BOGNOLA, I.A. Influência de calagem e adubação fosfatada no crescimento inicial de eucalipto e nos níveis críticos de P. Pesquisa Florestal Brasileira, 32: 401-407, 2012.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 317 p.

RAIJ, B.van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: IAC, 2001. 285 p.

SANTOS, H.G.; ALMEIDA, J.A.; OLIVEIRA, J.B.; LUMBRERAS, J.F.; ANJOS, L.H.C.; COELHO, M.R.; JACOMINE, P.K.T.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, V.A. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SILVA, P.H.M. Impactos das doses e do parcelamento da fertilização na produtividade, lixiviação e ciclagem de nutrientes em plantações de eucalipto. 2011. 118 f. Tese (Doutorado em Ciências/Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SILVEIRA, R.L.V.A.; GAVA, J.L. Nutrição e adubação fosfatada em eucalipto. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R. S. (Org.). Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos, 2004. p.495-536.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Org.). Cerrado: Correção do solo e adubação. Brasília: Embrapa, 2004. p.147-168.

STAHL, J. Resposta inicial de *Eucalyptus spp.* à adubação fosfatada e potássica no planalto sul catarinense. 2009. 70 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2009.



Tabela 1 - Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S nos diferentes compartimentos das árvores de eucalipto (folhas, galhos, lenho e casca) e total da parte aérea, aos 66 meses após o plantio do eucalipto, em função de doses de P₂O₅.

Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
Folhas						
0	49,1 ⁽¹⁾	4,2 ⁽²⁾	31,5 ⁽³⁾	21,8 ⁽⁴⁾	9,5 ⁽⁵⁾	4,8 ⁽⁶⁾
40	76,5	5,4	38,5	28,4	14,9	6,4
70	80,2	6,2	45,2	27,9	13,5	6,8
100	69,3	5,2	36,1	24,1	11,1	5,0
C.V. (%)	14,98	16,0	12,01	15,83	15,25	17,86
Galhos						
0	13,2 ^{ns}	1,3 ^{ns}	17,7 ^{ns}	26,8 ^{ns}	7,7 ^{ns}	1,9 ^{ns}
40	11,7	1,7	18,0	34,5	9,2	1,3
70	12,9	1,8	22,0	34,5	9,6	1,9
100	10,3	1,4	21,1	29,2	7,5	1,6
C.V. (%)	27,13	34,26	32,87	16,12	19,80	14,06
Lenho						
0	90,0 ⁽⁷⁾	12,7 ^{ns}	184,3 ^{ns}	57,2 ⁽⁸⁾	43,8 ^{ns}	15,7 ^{ns}
40	147,2	14,7	267,8	83,1	59,4	33,9
70	121,8	16,3	239,0	87,0	62,2	33,1
100	119,3	17,2	233,0	76,9	56,7	21,7
C.V. (%)	21,28	18,96	20,63	17,94	16,58	23,58
Casca						
0	34,9 ^{ns}	6,1 ^{ns}	47,0 ^{ns}	192,8 ⁽⁹⁾	35,3 ^{ns}	7,1 ^{ns}
40	34,8	6,1	44,9	249,1	39,2	8,0
70	46,3	9,1	72,9	317,2	53,9	9,7
100	41,6	8,7	59,1	284,0	44,3	8,4
C.V. (%)	14,13	27,95	21,17	21,64	21,20	16,33
Total						
0	197,4 ⁽¹⁰⁾	24,2 ⁽¹¹⁾	262,0 ^{ns}	298,6 ⁽¹²⁾	96,4 ⁽¹³⁾	29,6 ⁽¹⁴⁾
40	270,2	27,9	342,4	395,2	122,7	49,7
70	261,2	33,4	355,2	466,5	139,3	51,5
100	240,5	32,5	326,1	414,2	119,5	36,7
C.V. (%)	16,06	17,80	15,71	17,43	16,62	19,26

ns - não significativo a 5% pelo teste F.

⁽¹⁾ $\hat{Y} = 49,1 + 1,0082 \cdot X - 0,0081 \cdot X^2$ (R² = 0,99)

⁽²⁾ $\hat{Y} = 4,1 + 0,0563 \cdot X - 0,0004 \cdot X^2$ (R² = 0,91)

⁽³⁾ $\hat{Y} = 30,8 + 0,3902 \cdot X - 0,0033 \cdot X^2$ (R² = 0,81)

⁽⁴⁾ $\hat{Y} = 21,8 + 0,2493 \cdot X - 0,0023 \cdot X^2$ (R² = 0,99)

⁽⁵⁾ $\hat{Y} = 9,6 + 0,1865 \cdot X - 0,0017 \cdot X^2$ (R² = 0,95)

⁽⁶⁾ $\hat{Y} = 4,7 + 0,0768 \cdot X - 0,0007 \cdot X^2$ (R² = 0,95)

⁽⁷⁾ $\hat{Y} = 93,3 + 1,5705 \cdot X - 0,0136 \cdot X^2$ (R² = 0,74)

⁽⁸⁾ $\hat{Y} = 57,2 + 0,9531 \cdot X - 0,0076 \cdot X^2$ (R² = 0,99)

⁽⁹⁾ $\hat{Y} = 187,8 + 2,6741 \cdot X - 0,0163 \cdot X^2$ (R² = 0,89)

⁽¹⁰⁾ $\hat{Y} = 199,1 + 2,4214 \cdot X - 0,0203 \cdot X^2$ (R² = 0,96)

⁽¹¹⁾ $\hat{Y} = 24,6 + 0,0930 \cdot X$ (R² = 0,86)

⁽¹²⁾ $\hat{Y} = 293,6 + 4,1840 \cdot X - 0,0290 \cdot X^2$ (R² = 0,94)

⁽¹³⁾ $\hat{Y} = 95,0 + 1,1975 \cdot X - 0,0093 \cdot X^2$ (R² = 0,92)

⁽¹⁴⁾ $\hat{Y} = 29,4 + 0,8298 \cdot X - 0,0075 \cdot X^2$ (R² = 0,99)