

## Efeito de níveis de fósforo no crescimento inicial, biomassa e atividade *in vivo* da fosfatase ácida em *Lychnophora ericoides* Mart.

MAIA-ALMEIDA, C.I.<sup>1\*</sup>; PARON, M.E.<sup>1</sup>; CÉZAR, V.R.S.<sup>3</sup>; FERNANDES, D.M.<sup>2</sup>; FERNANDES, L.A.<sup>4</sup>; MING, L.C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Produção Vegetal - Horticultura <sup>2</sup>Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo, FCA - UNESP, Fazenda Experimental Lageado, s/n, Caixa Postal 237, 18-603-970, Botucatu-SP; <sup>3</sup>EMBRAPA Tabuleiros Costeiros – UEP, Rio Largo, Caixa Postal 2031, Tabuleiro do Martins, 57061-970 Maceió-AL; <sup>4</sup>Fitotecnia, Núcleo de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Caixa postal 135, 39404-006 Montes Claros-MG \*iezidbr@yahoo.com.br

**RESUMO:** Estudou-se o efeito de doses de fósforo sobre o crescimento de mudas, produção de massa da matéria seca e fresca e atividade da enzima fosfatase ácida *in vivo* em *L. ericoides*, cultivadas por 130 dias após o transplante em casa de vegetação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0; 40; 80; 160 mg dm<sup>-3</sup> na forma de Superfosfato triplo), com cinco repetições de quatro plantas por repetição. O solo utilizado foi latossolo vermelho escuro ácido e distrófico. A *L. ericoides* é responsiva à adubação fosfatada com modificação na taxa de crescimento relativo diário, produção e distribuição de massa seca entre as partes da planta. A atividade da enzima fosfatase ácida apresentou correlação significativa e negativa com a produção de massa seca total, foliar, caulinar, e com o teor e quantidade acumulada de P no tecido foliar, porém, apresentando correlação significativa e positiva com a razão raiz/parte aérea.

**Palavras-chave:** Arnica-da-serra, plantas medicinais, nutrição de plantas, plantas nativas brasileiras, extinção

**ABSTRACT:** Effect of phosphorus levels on initial growth, phytomass and *in vivo* acid phosphatase activity in *Lychnophora ericoides* Mart. The effect of phosphorus levels on seedling growth, dry and fresh matter production, and *in vivo* acid phosphatase activity was studied in *Lychnophora ericoides* cultivated during 130 days after transplanting in a greenhouse. Experimental design was completely randomized, with four P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> levels (0; 40; 80; 160 mg dm<sup>-3</sup> as triple superphosphate) and five replicates of four plants each. The used soil was dystrophic acid dark red latosol. *Lychnophora ericoides* is responsive to phosphate fertilization with modification in daily relative growth rate, dry matter production and distribution among the plant parts. Acid phosphatase activity had significant and negative correlation with total, leaf and stem dry matter production, as well as with P levels accumulated in the leaf tissue. On the other hand, acid phosphatase activity had significant and positive correlation with root/shoot ratio.

**Key words:** arnica, medicinal plants, plant nutrition, Brazilian native plants, extinction

### INTRODUÇÃO

A *Lychnophora ericoides* (Mart.) (Asteraceae) é espécie medicinal popularmente conhecida como arnica-da-serra, com ocorrência endêmica a micro-endêmica em campos rupestres do Bioma Cerrado no Estados de Minas Gerais, Bahia, Goiás e Distrito Federal (Almeida et al., 1998; Semir, 1991).

Atualmente, a *L. ericoides* encontra-se em *status* de vulnerável, e classificada como espécie prioritária para ações de conservação e manejo de

recursos genéticos, necessitando de estudos agronômicos (Vieira & Silva, 2002). No âmbito das ciências agronômicas, o estudo das necessidades nutricionais das plantas e as respostas são de importância básica.

O fósforo (P) está relacionado a todas as etapas metabólicas, por fazer parte dos processos de síntese protéica e energética, na translocação e formação de ácidos graxos, fosfolípidios e núcleo-

proteínas além de interferir diretamente no processo fotossintético (Malavolta et al., 1997; Marschner, 1995; Malavolta, 1980).

Em solos tropicais, a forma solúvel do P é encontrada em pequenas quantidades devido a adsorção à óxidos de ferro e alumínio (Araújo, 2000; Novais & Smith, 1999; Malavolta, 1980). A *L. ericoides* ocorre em solos litólicos formados a partir de quartzito (Coile & Jones, 1981) com baixa fertilidade natural e baixa capacidade de retenção de água (CRA) (Paron, 2002), afetando o fluxo difusivo do nutriente até a zona de depleção próxima à rizosfera.

Algumas plantas apresentam eficiência em absorver, acumular e utilizar o P. Quando em condições favoráveis, as plantas armazenam no vacúolo o máximo possível do P na forma inorgânica para utilizá-lo em condições de limitação (Lynch & Ho, 2005; Martinez et al., 2005; Smith et al., 2003; Luca et al., 2002; Smith, 2002; Hinsinger, 2001; Shachtman et al., 1998; Fabres et al., 1987). Os vários mecanismos que atuam na eficiência de P podem ser agrupados em duas categorias: a primeira é a eficiência de absorção que está relacionada com a capacidade de absorção de maiores quantidades de P com um mínimo de investimento em crescimento radicular, e a segunda é a eficiência de utilização, que reflete a habilidade relativa de produção de biomassa para cada unidade de P acumulada (Araújo, 2000).

A eficiência de utilização do P em produzir massa seca da parte aérea pode ser indicada pelo Índice ou Quociente de utilização do P (Iup), dado em gramas de massa seca produzida por grama de P acumulado (Siddiqi & Glass, 1981). Fernandes et al. (2000a); Ramos et al. (2000); Renó (1994); Renó et al. (1997) e Schumacher et al. (2004), ao avaliarem o efeito da adubação fosfatada sobre o desenvolvimento de plantas nativas brasileiras, observaram respostas significativas na produção e partição da biomassa, razão raiz/parte aérea e eficiência de utilização do P.

As plantas também contam com a enzima fosfatase, que aumenta sua atividade em condições sub-ótimas de P no tecido foliar, atuando na desfosforilação de moléculas orgânicas e liberando o P para a síntese do “novo” e manutenção do metabolismo basal (Fernandes et al., 2000b; Lehninger, 1995; Taiz & Zeiger, 2004; Bielecki & Ferguson, 1983; Silva & Basso, 1993; Fernandes et al., 1998). O estudo da atividade da fosfatase para algumas espécies vegetais é útil para diagnose nutricional, prevendo a deficiência de P antes do surgimento do sintoma visual na planta (Besford, 1979).

Portanto, tendo em vista a demanda por informações agrônomicas para a conservação da espécie e da importância do fósforo na formação de mudas, o presente trabalho avaliou o efeito da adubação fosfatada sobre o crescimento inicial,

produção e distribuição da biomassa entre as partes da planta e a atividade da enzima fosfatase ácida *in vivo* em *L. ericoides* Mart.

## MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação com temperatura e umidade relativa controlada, no Departamento de Produção Vegetal-Horticultura na Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista em Botucatu-SP, no período de março a julho de 2004 (130 dias). Utilizou-se vasos de 3 dm<sup>3</sup> contendo latossolo vermelho escuro distrófico, álico e de textura média (Carvalho et al., 1983) classificado pela nova nomenclatura como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 1999). Os tratamentos consistiram na aplicação de 0, 40; 80; 160 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato triplo moído. Efetuou-se a aplicação de 60 e 90 mg dm<sup>-3</sup> de N e K na forma de uréia e KCl, e de micronutrientes (Zn = 1,5; B = 0,25 e Cu = 0,4 mg dm<sup>-3</sup>), na forma de sais puros para análise laboratorial (P.A.) de sulfato de zinco, ácido bórico e sulfato de cobre. Não foi realizada calagem. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições, sendo quatro plantas por repetição. Tendo em vista que a fonte fosfatada utilizada apresenta o cálcio como íon acompanhante, realizou-se nova análise do solo após 68 dias do início da incubação. Com base nos teores observados de Ca e Mg no solo, realizou-se a correção diferencial para cada tratamento dos níveis de Ca e Mg, considerando-se a relação destes na maior dose do superfosfato triplo. Estes nutrientes foram aplicados via solução nutritiva preparada a partir de fontes P.A de cloreto de cálcio e sulfato de magnésio. O solo foi novamente incubado por 20 dias (Van Raij et al., 2001), totalizando 88 dias de incubação e então re-analisado (Tabela 1).

As incubações foram iniciadas com umidade do solo de aproximadamente 70% da saturação por água, determinado através do teste de friabilidade.

As plântulas foram obtidas a partir de aquênios (frutos secos indeiscentes) coletados na população nativa da espécie, que é denominada de “Paraíso Perdido” (20° 37'.54” S e 46° 19'.37” W a 839.8 m de altitude) no município de São João Batista do Glória - MG, em 29 de maio de 2004.

As mudas foram produzidas em condição de casa de vegetação com substrato vermiculita. Após a emergência e abertura completa dos cotilédones as plântulas foram transplantadas com raiz nua para bandeja de poliestireno de 72 células contendo o mesmo solo e adubações determinadas para o experimento em vaso, com exceção das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. As mudas foram transplantadas aos 60 dias com altura média de 4 cm e em torrão. A umidade do

**TABELA 1.** Características químicas do Latossolo vermelho após aplicação das doses de  $P_2O_5$  e das adubações de plantio.

$P_2O_5^*$	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O g kg <sup>-1</sup>	$P_{res}$ mg dm <sup>-3</sup>	H+Al	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				CTC	V (%)
					K	Ca	Mg	SB		
** 0	4,8	9	4	16	1,6	10	01	3,3	28	43
40	4,5	8	9	17	1,4	10	01	3,1	29	42
80	4,4	6	23	21	1,6	12	01	4,5	36	42
160	4,4	5	37	21	1,4	10	01	5,8	33	37

\* Tratamentos em mg dm<sup>-3</sup>; \*\* O teor de P na dose zero corresponde a disponibilidade natural de fósforo do solo utilizado no experimento (latossolo vermelho distrófico).

solo foi mantida durante o cultivo por meio de pesagens com quantidade de água aplicada suficiente para 70% da saturação do solo.

Avaliou-se o crescimento relativo diário (CRD) com base na medição direta da altura da muda no transplântio e repetida aos 22, 45, 80 e 130 dias após o transplântio (DAT). Para tal, foi realizado o cálculo do CRD relativo à taxa de crescimento do intervalo avaliado e dividido pelo respectivo número de dias. Ao fim do experimento, avaliou-se a produção de massa seca total (MSTOT), das folhas (MSF), do caule (MSC) e das raízes (MSR). Para determinação da massa seca as amostras foram secas a 65°C em estufa com circulação de ar forçada até peso constante.

A partir da massa seca produzida foi determinada a razão raiz / parte aérea (RA/PA) e o índice de massa seca das folhas (IMSFTOT); caule (IMSCTOT); raízes (IMSRTOT) em relação à massa seca total. Para avaliação dos teores de nutrientes nas folhas foram tomadas amostras de 0,5 g de massa seca, conforme Malavolta et al. (1997). Com base nos teores foi estimada a quantidade acumulada dos nutrientes. O quociente ou índice de utilização (IUp) foi determinado segundo Siddqi & Glass (1981), dividindo-se o quadrado da massa seca foliar pela quantidade acumulada de P no tecido foliar.

Para determinação da atividade da fosfatase ácida *in vivo* foram coletadas folhas maduras do terço médio de cada planta, totalizando 20 amostras compostas que foram acondicionadas em papel alumínio e transportadas em caixa de poliestireno contendo gelo e armazenadas em nitrogênio líquido. As amostras foram picadas em fragmentos de aproximadamente 1 mm e foram retiradas sub-amostras de 0,1 g destes para avaliação da atividade, conforme método adaptado de Silva & Basso (1993).

Para realização da reação enzimática as amostras foram incubadas por 20 minutos a 30°C em cinco mL de paranitrofenilfosfato a 250  $\mu$ mol L<sup>-1</sup> em tampão de acetato de sódio 0,1 mol L<sup>-1</sup> a pH= 4,0. Ao fim da incubação a solução foi filtrada e alcalinizada com 2,0 mL de NaOH 0,2 N.

Imediatamente, mensurou-se quantidade de paranitrofenol formado em colorímetro a 420 nm com auxílio da curva padrão previamente estabelecida. A atividade enzimática foi expressa em  $\mu$ g de paranitrofenol formado da hidrólise do paranitrofenilfosfato por grama de tecido foliar fresco por minuto de incubação ( $\mu$ g de paranitrofenol minuto<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>). Os resultados da atividade da fosfatase foram expressos em função das doses de fosfato aplicado e em função do teor e quantidade acumulada de P no tecido foliar.

Os resultados foram submetidos ao teste de Lilliefors e à análise de variância para regressão a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ), além de realizar análise de correlação paramétrica de Pearson a 1% ( $p < 0,01$ ) com auxílio do programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, versão 5.1 Fundação Artur Bernardes - UFV). Para os parâmetros que apresentaram resposta quadrática realizou-se a estimativa da dose para o ponto de flexão da curva (ponto de máxima resposta) e para 90% deste por meio das respectivas equações de regressão (Fabres et al. 1987). Para os parâmetros que apresentaram respostas lineares adotou-se o critério de 100% da dose para máxima resposta (Fernandes et al. 2000 a). Para a obtenção dos teores do N, K, Ca, Mg, Cu, Zn, B e Mn no tecido foliar concomitante à melhor resposta dos parâmetros de qualidade de desenvolvimento da planta, calculou-se a dose média de  $P_2O_5$  para o ponto de flexão da curva e para 90% desta e aplicando o resultado estimado nas respectivas equações de regressão de cada nutriente.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

A curva de resposta do teor de P apresentou comportamento quadrático com máximo na dose de 110 mg dm<sup>-3</sup> de  $P_2O_5$  (Figura 2), bem como, a quantidade acumulada na dose de 113 mg dm<sup>-3</sup> de  $P_2O_5$  (Figura 3). Possivelmente, estas respostas se devam à redução significativa do CRD (Crescimento Relativo Diário), que apresentou resposta máxima na

dose de  $108,75 \text{ mg dm}^{-3}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  com 1,789% (Figura 1).

Segundo Marschner (1995) e Malavolta (1980), a absorção do P e de outros nutrientes é influenciada dentre outros fatores pela taxa de crescimento das plantas. Estes autores informam que em quantidades sub-ótimas dos demais nutrientes

pode haver respostas semelhantes no crescimento e produção da planta.

O teor foliar do Ca e do Mg não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, resultando no aumento linear da quantidade acumulada no tecido foliar a uma relação de 3,45:1.

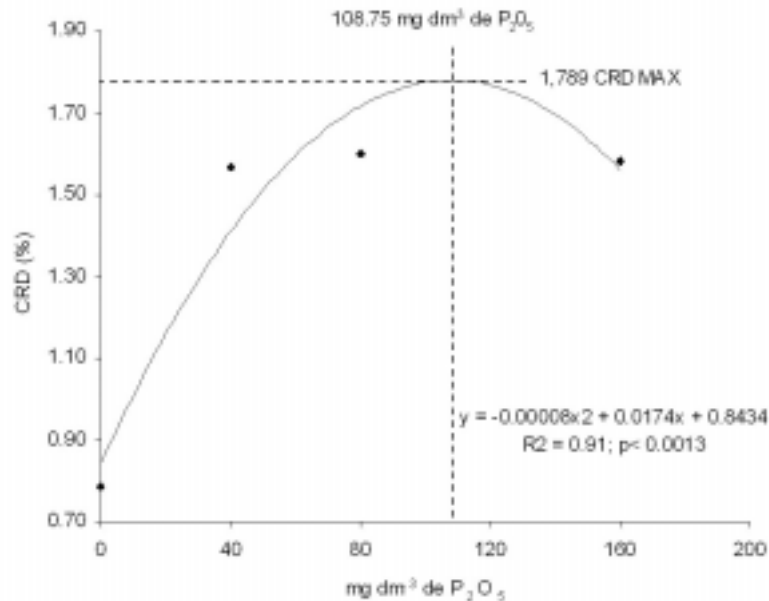


FIGURA 1. Crescimento relativo diário de plantas de *L. ericoides* cultivadas em diferentes doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

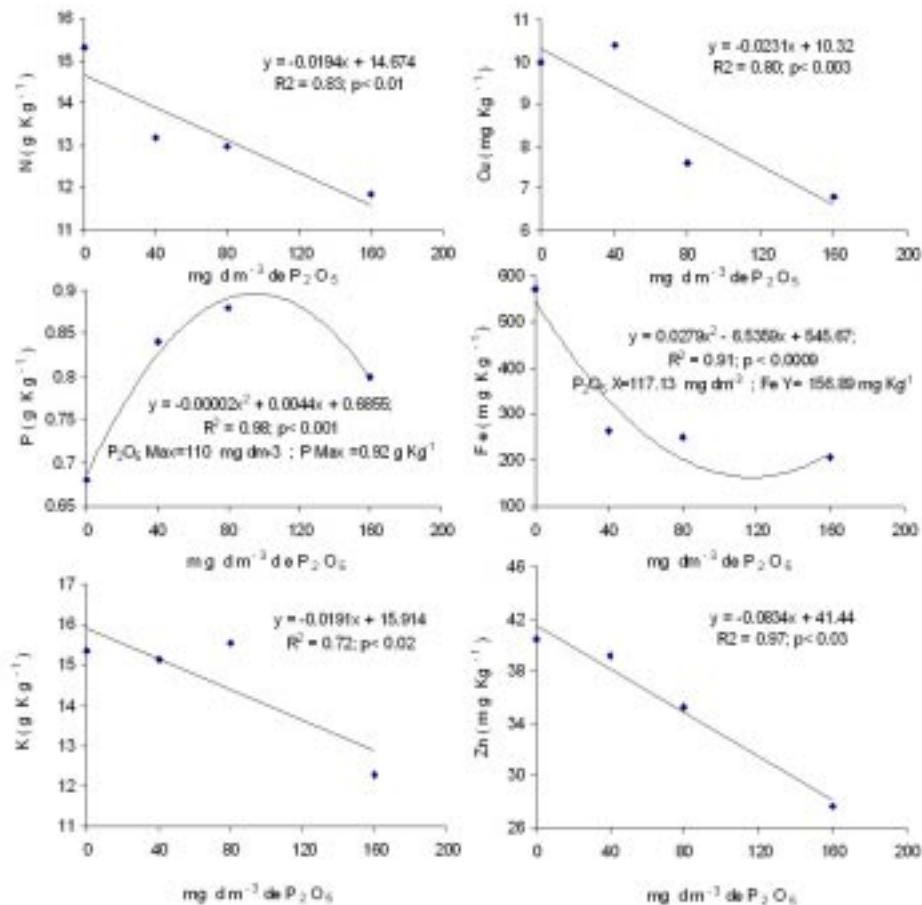
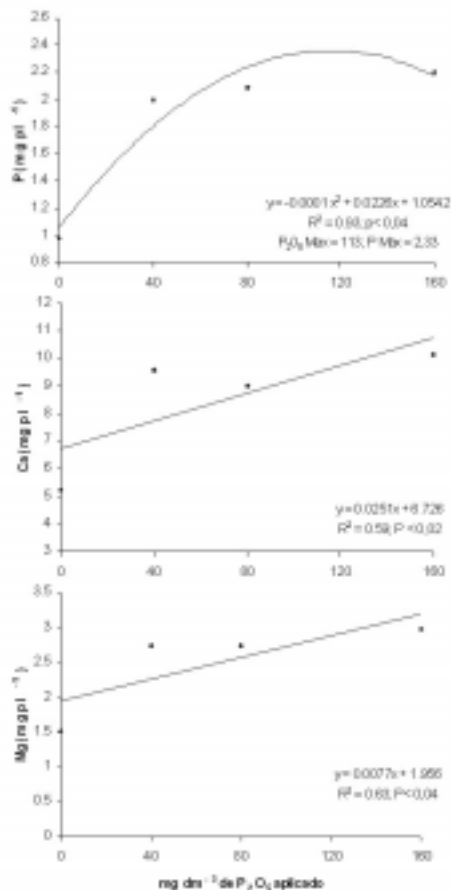


FIGURA 2. Teores de nutrientes no tecido foliar de *L. ericoides* cultivada em diferentes doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Ramos et al. (2000) observaram mesma resposta dos teores, quantidade acumulada e relação entre Ca e Mg para mudas de *Bauhinia forficata* submetidas a doses de N e P. Os teores de N, K, Cu, Fe e Zn apresentaram redução linear e significativa sem alterar a quantidade acumulada nas folhas, configurando o efeito de diluição gerado pelo aumento linear da biomassa (Figuras 2 e 3).

Renó et al. (1997) observaram para outras espécies nativas submetidas a tratamentos com fósforo resultados restritivos ao crescimento devido ao efeito de diluição dos demais nutrientes. Resultados semelhantes foram observados para outras espécies por Fernandes et al. (2000a), Ramos et al. (2000) e Schumacher et al. (2004). O B não apresentou resposta significativa aos tratamentos

Ao avaliar a MSTOT, MSF e a MSC, observou-se aumento linear destes até a dose de 160 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado (Figura 4), sem haver efeito significativo sobre a MSR.



**FIGURA 3** Quantidade acumulada de nutrientes no tecido foliar de *L. ericoides* cultivada em diferentes doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

A eficiência de absorção e utilização dos nutrientes (Figuras 4 e 5) pode ser indicada pelo aumento na produção de massa seca da parte aérea sem modificar a massa seca das raízes (Lynch &

Ho, 2005; Araújo, 2000; Elliott & Läuchli, 1985).

Assim, corroborando com os resultados observados para o IUp, que apresentou aumento linear em função dos tratamentos e correlação positiva com a MSTOT ( $r = 0,96$ ;  $p < 0,01$ ) e MSF ( $r = 0,96$ ;  $p < 0,01$ ).

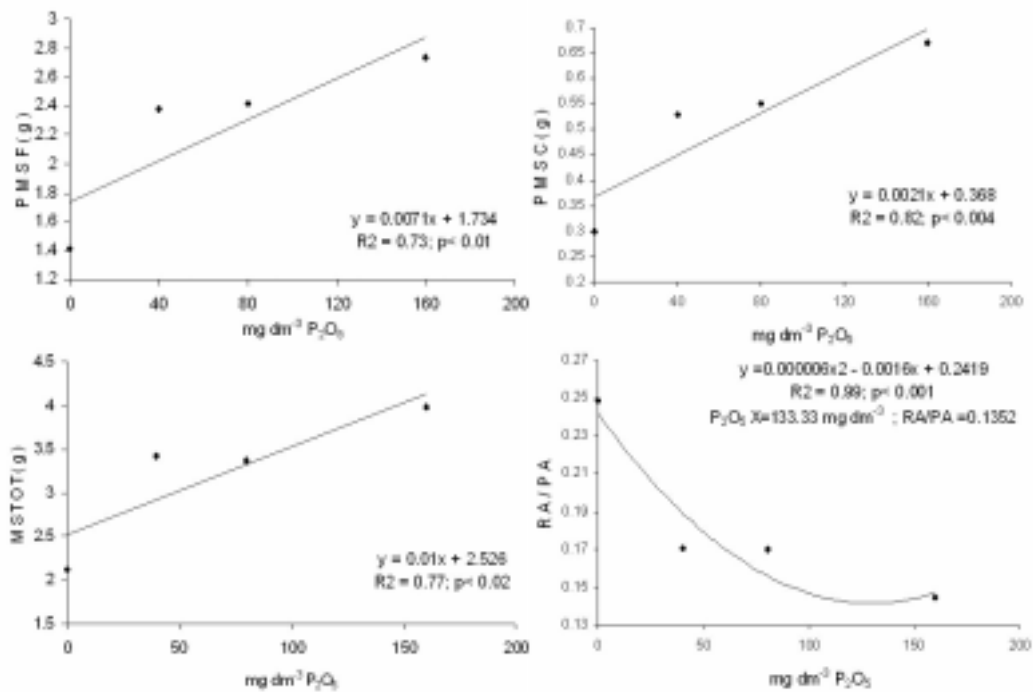
A RA/PA apresentou resposta quadrática e negativa aos tratamentos com máximo estimado na dose de 133,33 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a uma razão de 0,135 g de raiz por grama de parte aérea. O presente resultado possivelmente se deve ao incremento de massa nas folhas e caule, reduzindo assim a participação das raízes na massa seca total. Segundo Clarkson (1985), quando não há restrição nutricional ao desenvolvimento da planta, em especial por N e/ou P, o crescimento da parte aérea é favorecido, sem haver aumento da massa investida nas raízes em detrimento da parte aérea. Portanto, esta resposta reflete na redução da RA/PA.

Ao analisar o IMSFTOT e o IMSRTOT, detectou-se correlação negativa ( $r = -0,77$ ;  $p < 0,01$ ) entre estes, conforme observado pela curva de resposta (Figura 5) sendo esta quadrática e inversa, com aumento da participação das folhas até a dose de 93,67 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> com 71,54%, associado à redução da participação das raízes até a dose de 107,93 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> com 11,6%, ao passo que o IMSCTOT permaneceu constante e sem diferença significativa, com 15,60% da massa seca total produzida (Figura 5).

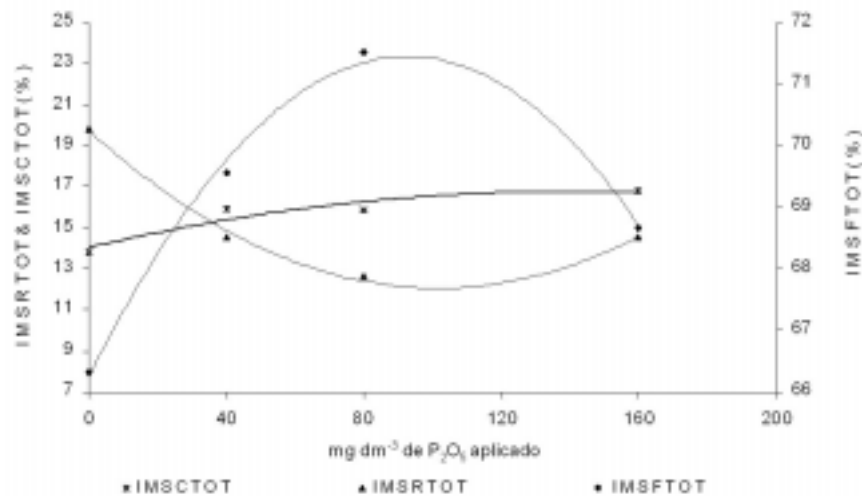
De forma conjunta os resultados mostram a eficiência de utilização dos nutrientes e expressão do efeito da adubação fosfatada em *L. ericoides*. Tais resultados são corroborados pelo resultado do linear do IUp até a dose de 160 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado com produção de 1,36 g de massa seca foliar por mg de P acumulado no tecido foliar (Figura 6).

A atividade da fosfatase reduziu significativamente com o aumento da dose aplicada de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> com máximo na dose de 108,80 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e teor correspondente de 0,83 g Kg<sup>-1</sup> de P, onde a quantidade acumulada no tecido foliar foi de 2,06 mg de P planta<sup>-1</sup> (Figura 7). Detectou-se correlação significativa e negativa entre a atividade da fosfatase e a MSTOT ( $r = -0,51$ ;  $p < 0,01$ ), MSF ( $r = -0,54$ ;  $p < 0,01$ ), MSC ( $r = -0,57$ ;  $p < 0,01$ ), teor de P no tecido foliar (g Kg<sup>-1</sup>) ( $r = -0,50$ ;  $p < 0,01$ ), quantidade acumulada de P no tecido foliar (mg planta<sup>-1</sup>) ( $r = -0,54$ ;  $p < 0,01$ ) e positiva com a RA/PA ( $r = 0,75$ ;  $p < 0,01$ ).

Resultados semelhantes foram observados, para outras espécies, por Fernandes et al. (2000b), Fernandes (1999), Fernandes et al. (1998), Silva & Basso (1993) da redução da atividade da fosfatase ácida *in vivo* com aumento no teor e na quantidade acumulada de P no tecido foliar e na produção de massa seca. Tais resultados demonstram que a



**FIGURA 4.** Produção de biomassa e razão raiz/parte aérea de plantas de *L. ericoides* cultivadas em diferentes doses de  $P_2O_5$ .



Parâmetro	Equação	R <sup>2</sup>	P<0,05	X	Y
IMSFTOT	$Y = -0,0006x^2 + 0,1124x + 66,24$	0,99	0,004	93,67	71,54
IMSCTOT	$Y = 15,59x$	-	ns	-	15,60
IMSRTOT	$Y = 0,0007x^2 - 0,1511x + 19,721$	0,99	0,001	107,93	11,60
$\Sigma$ Índices =					98,74

**FIGURA 5.** Índices de distribuição de massa seca de folhas, raízes e caule em relação a massa de matéria seca total e pontos críticos estimados em plantas de *L. ericoides* cultivadas em diferentes doses de  $P_2O_5$ .

planta encontra-se nutrida de P e por conseguinte fora da faixa crítica de deficiência deste mineral. Assim, maiores doses de P irão contribuir para a produção e produtividade.

Os índices de distribuição da biomassa, a RA/PA, atividade da fosfatase e o teor e quantidade

acumulada de P no tecido foliar apresentaram resposta máxima na dose média de 107,02  $mg\ dm^{-3}$  de  $P_2O_5$  e para 90% deste na dose de 96,32  $mg\ dm^{-3}$  de  $P_2O_5$ . É importante ressaltar que estas respostas ocorreram mesmo havendo incremento linear da MSTOT (4,126g) e MSF (2,87 g) com ponto crítico na

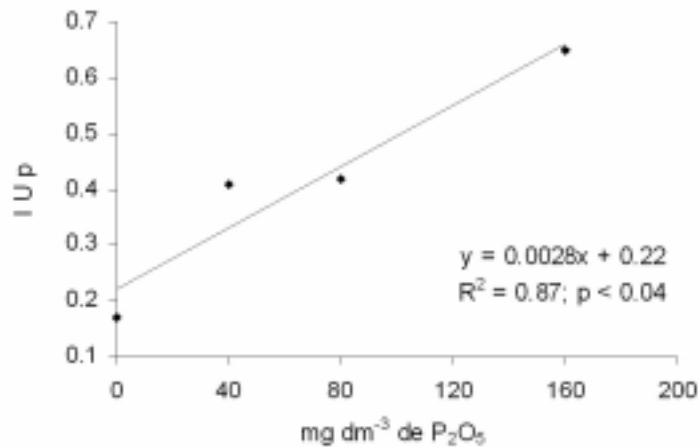


FIGURA 6. Índice de utilização do P por *L. ericoides* cultivada em diferentes doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

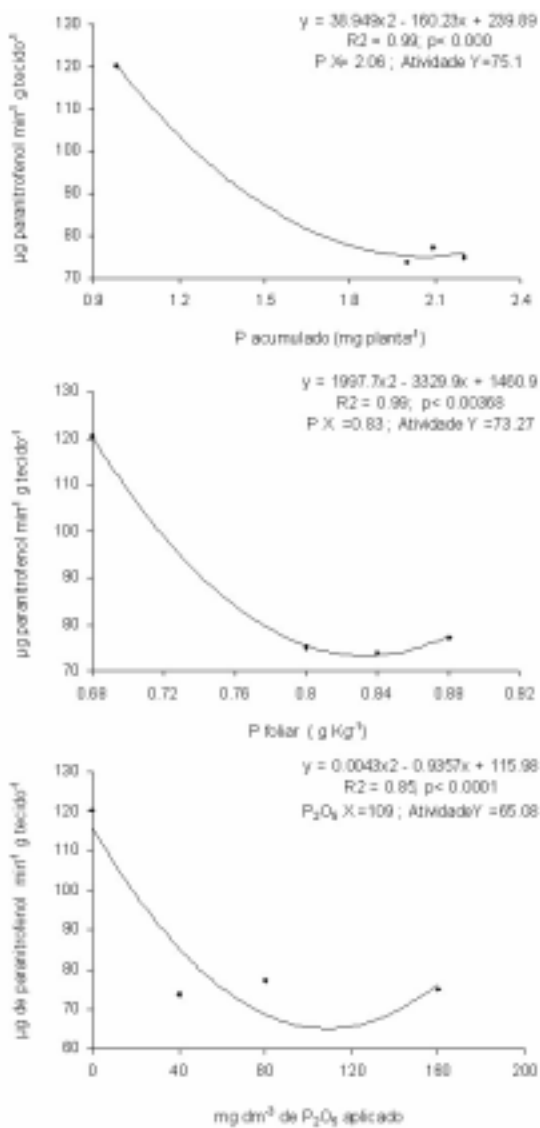


FIGURA 7. Atividade da fosfatase ácida *in vivo* em tecido foliar de *L. ericoides* em função da quantidade aplicada de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, do teor e da quantidade acumulada de P no tecido foliar.

dose de 160 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Assim, ao considerar os resultados acima referenciados e o efeito de diluição observado para os demais nutrientes, pode-se inferir que, possivelmente, melhor produção poderá ser obtida para a dose de 160 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mantendo os teores estimados dos macronutrientes (N, K, Ca e Mg de 12,80; 15,914; 3,86 e 1,11 g Kg<sup>-1</sup>) e micronutrientes (Cu, Zn, B, Mn e Fe de 9,958; 40,609; 26,530; 183,170 e 174,975 mg Kg<sup>-1</sup>) respectivamente, referentes a 90% da resposta máxima dos parâmetros adotados para avaliar o desenvolvimento da planta (96,32 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). A relação entre Ca/Mg observada no tecido foliar poderá ser utilizada como referência para estudos sobre o uso de corretivos para *L. ericoides*. Portanto, conclui-se que a muda de *L. ericoides* é responsiva à adubação fosfatada com aumento da taxa de crescimento diário e da produção de biomassa com variação na distribuição da massa de matéria seca produzida entre as partes em função da adubação fosfatada, e a atividade da enzima fosfatase ácida reduziu com o aumento do teor e quantidade acumulada de P no tecido foliar.

#### AGRADECIMENTO

Ao Professor Dr. Luiz Carlos Basso do Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ/USP por sua contribuição no uso da técnica da fosfatase ácida *in vivo*. A Professora Dr<sup>a</sup> Giusepina Pace Pereira Lima e ao Biólogo Luiz Cláudio Corrêa do Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências da UNESP pelo auxílio na execução da técnica da fosfatase. À Professora Dr<sup>a</sup> Marta M. Mischan do Departamento de Bioestatística do Instituto de Biociências da UNESP pelo auxílio na análise estatística. Ao Técnico do Laboratório de Micro-análise de plantas do DPV/Horticultura FCA-UNESP, Sr. Edivaldo Matos de Almeida. Ao CNPq pela concessão de Bolsa.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ALMEIDA, S.P. et al. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1998. 400p.
- ARAÚJO, A.P.R. Eficiência vegetal de absorção e utilização de fósforo com especial referência ao feijoeiro. In: NOVAIS, R.F. et al. **Tópicos em ciências do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p.165-212.
- BESFORD, R.T. Phosphorus nutrition and acid phosphatase activity in leaves of seven plant species. **Journal of the Science Food Agriculture**, v.30, p.281-5, 1979.
- BIELESKI, R.L.; FERGUSON, I.B. Physiology and metabolism of phosphate and its compounds. In: LAUCHLI, A.; BIELESKI, R.L. **Inorganic plant nutrition**. New York: Springer-Verlag, 1983. p.422-49.
- CARVALHO, W.A. et al. Levantamento de solos da Fazenda Experimental "Presidente Médici". **Boletim Científico Faculdade de Ciências Agrônomicas**, n.1, p.1-95, 1983.
- CLARKSON, D.T. Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v.36, p.77-115, 1985.
- COILE, N.C.; JONES, S.B. *Lychnophora* (Compositae: Vernoniae) a genus endemic to the brazilian planalto. **Brittonia**, v.33, p.528-41, 1981.
- ELLIOTT, G.C.; LÄUCHLI, A. Phosphorus efficiency and phosphate-iron interaction in maize. **Agronomy Journal**, v.77, p.399-403, 1985.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Brasília: CNPA, 1999. 412p.
- FABRES, A.S. et al. Níveis críticos de diferentes frações de fósforo em plantas de alface cultivadas em diferentes solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.11, p.51-7, 1987.
- FERNANDES, L.A. **Formas de alumínio, de fósforo e fosfatase acida em solos de várzea cultivados com feijoeiro: influência da calagem, fósforo e feijoeiro**. 1999. 111p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- FERNANDES, L.A. et al. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.6, p.1191-98, 2000a.
- FERNANDES, L.A. et al. Frações de fósforo e atividade da fosfatase acida em plantas de feijoeiro cultivadas em solos de várzea. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.3, p.561-71, 2000b.
- FERNANDES, L.A. et al. Fósforo e atividade de fosfatase em dois solos sob diferentes condições de uso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.7, p.1159-70, 1998.
- HINSINGER, P. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. **Plant and Soil**, v. 23, p.173-95, 2001.
- LEHNINGER, A.L. **Bioquímica**. 2.ed. São Paulo: Edgar Blücher Ltda. v.4. 1995. 900p.
- LUCA, E.F. et al. Eficiência de absorção e utilização de fósforo (<sup>32</sup>P) por mudas de eucalipto e arroz. **Scientia Agrícola**, v.59, p.534-47, 2002.
- LYNCH, J.P.; HO, M.D. Rhizoeconomics: carbon costs of phosphorus acquisition. **Plant and Soil**, v.269, p.45-56, 2005.
- MALAVOLTA, E. **Elementos da nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 254p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MARTINEZ, H.E.P. et al. Frações fosfatadas e capacidade tampão de fósforo em cinco cultivares de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.249-57, 2005.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solos e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399p.
- PARON, M.E. **Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em *Lychnophora ericoides* Mart (arnica da serra), efeitos da inoculação e estudos de propagação**. 2002. 99p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- RAMOS, M.R.C. et al. Influência da aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento e composição mineral de mudas de pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* LINK). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.3, n.1, p.79-86, 2000.
- RENÓ, N.B. **Requerimentos nutricionais e resposta ao fósforo e fungo micorrízico de espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro**. 1994, 62p. Dissertação (Mestrado- Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- RENÓ, N.B.; SIQUEIRA, J.O.; CURTI, N. Limitações nutricionais ao crescimento inicial de quatro espécies arbóreas nativas em Latossolo Vermelho Amarelo. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v.32, n.1, p.17-25, 1997.
- SCHACHTMAN, D.P.; REID, R.J.; AYLYNG, S.M. Phosphorus uptake by plants: from soil to cel. **Plant Physiology**, v.116, p.447-53, 1998.
- SCHUMACHER, M.V.; CECONI D.E.; SANTANA, C.A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth) Brenan). **Revista Árvore**, v.28, n.1, p.149-55, 2004.
- SEMIR, J. **Revisão taxonômica de *Lychnophora* Mart. (Vernoniaceae: Compositae)**. 1991. 515p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.4, p.289-302, 1981.
- SILVA, F.C.; BASSO, L.C. Avaliação da atividade in vivo da fosfatase acida da folha na nutrição fosfórica em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, n.3, p. 371-5, 1993.
- SMITH, F. W. The phosphate uptake mechanism. **Plant and Soil**, v. 245, p.105-14, 2002.
- SMITH, F.W. et al. Phosphate transport in plants. **Plant and Soil**, v.248, p.71-83, 2003.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- VAN RAIJ, B. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- VIEIRA, R.F.; SILVA, S.R. **Estratégias para a conservação e manejo de recurso genéticos de plantas medicinais e aromáticas**. Resultados da 1ª Reunião Técnica. Brasília: Embrapa, 2002. 184p.