

# AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE "*IN VIVO*" DA FOSFATASE ÁCIDA E DO CRESCIMENTO DE PROGÊNIES DE PUPUNHEIRA CULTIVADAS EM DUAS DOSES DE NITROGÊNIO E FÓSFORO<sup>(1)</sup>

M. L. A. BOVI<sup>(2)</sup>, L. C. BASSO<sup>(4)</sup> & M. L. S. TUCCI<sup>(3)</sup>

## RESUMO

O presente trabalho, realizado em janeiro de 1995, visou avaliar a atividade da enzima fosfatase ácida em folhas de quatro progênies de pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth), cultivadas em duas doses de nitrogênio e duas de fósforo. Para tanto, utilizou-se a porção média da segunda folha mais jovem de perfilhos de palmeiras com quatro anos de idade. As plantas analisadas representam parcelas submetidas a duas doses de nitrogênio (N1 = 0, N2 = 400 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N) e duas doses de fósforo (P1 = 0, P2 = 200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). A dose de potássio foi 200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Análises dos elementos no solo e nas folhas foram efetuadas e correlações foram estimadas entre as características avaliadas e o crescimento e a produção de palmito dos quatro tratamentos. Foram observados valores médios de atividade da fosfatase ácida de 8,35; 4,58; 10,84, e 11,05 μmol h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>, para os tratamentos N2P2, N2P1, N1P2 e N1P1, respectivamente. Houve diferenças significativas de atividade entre doses de nitrogênio (10,95 e 6,47 μmol h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>, para N1 e N2, respectivamente) e entre progênies (variando de 6,18 (G3) a 10,10 (G1) μmol h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>), indicando que esses dois fatores devem ser levados em conta em estudos dessa natureza. A atividade da fosfatase ácida apresentou correlação negativa com as características que avaliam o crescimento (biomassa aérea e radicular) e a produção de palmito (peso e diâmetro) das plantas estudadas, não se correlacionando com os teores de fósforo no solo ou no tecido foliar.

**Termos de indexação:** *Bactris gasipaes*, adubação, biomassa, pupunha.

<sup>(1)</sup> Trabalho apresentado no V Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, Lavras (MG), 16 a 20 de julho de 1995. Parte de Projeto Integrado de Pesquisa apoiado pelo CNPq. Recebido para publicação em julho de 1996 e aprovado em maio de 1998.

<sup>(2)</sup> Pesquisadora da Seção de Plantas Tropicais, Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Caixa Postal 28, CEP 13001-970 Campinas (SP). Bolsista do CNPq.

<sup>(3)</sup> Pesquisadora da Seção de Plantas Tropicais, IAC. Bolsista da CAPES.

<sup>(4)</sup> Professor Doutor do Departamento de Química, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP. Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba (SP).

**SUMMARY:** *LEAF ACID PHOSPHATASE ACTIVITY AND GROWTH OF PEACH PALM PROGENIES CULTIVATED UNDER TWO LEVELS OF NITROGEN AND PHOSPHORUS*

*Acid phosphatase activity was evaluated in leaf extracts of four year old peach palms (*Bactris gasipaes* Kunth) in January, 1995. Plants from four progenies were field-grown under the combination of two levels of phosphorus ( $P1 = 0$  and  $P2 = 200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$  of  $P_2O_5$ ) and two levels of nitrogen ( $N1 = 0$  and  $N2 = 400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$  of N). Potassium was applied at a rate of  $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$  of  $K_2O$ . The results of acid phosphatase activity were 8.35, 4.58, 10.84 and  $11.05 \mu\text{mol h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ , respectively, for combinations  $N2P2$ ,  $N2P1$ ,  $N1P2$  and  $N1P1$ . There were differences in enzyme activity between nitrogen levels (10.95 and  $6.47 \mu\text{mol h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ , respectively, for  $N1$  and  $N2$ ) and among progenies, ranging from 6.18 to  $10.10 \mu\text{mol h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ . Acid phosphatase activity was negatively correlated to above ground and root dry matter weight, as well as heart of palm yield. No significant correlation was found between enzyme activity and P soil or leaf content.*

*Index terms:* *Bactris gasipaes*, biomass, fertilizing, heart of palm.

## INTRODUÇÃO

A palmeira pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) vem sendo alvo de grande interesse por parte de agricultores e empresários. Atualmente, essa planta é a mais precoce de todas as palmeiras em uso para a produção de palmito. A formação de mudas é simples e rápida (6 a 8 meses), levando, do plantio no campo à primeira colheita, em torno de 18 a 24 meses (Bovi, 1993). Diante da grande demanda de informações técnicas, estudos vêm sendo intensificados em várias áreas, com ênfase em nutrição mineral e orgânica.

Experimentos em viveiro, referentes à formação de mudas, bem como ensaios de calagem e adubação de fundação e manutenção em nível de campo, têm apresentado boas respostas. Nesses experimentos, a avaliação dos diferentes tratamentos aplicados vem sendo feita por meio de medidas periódicas de crescimento vegetativo das plantas (Bovi et al., 1993), complementando-se com análises químicas do solo e folhas. No entanto, esses métodos convencionais de análise são geralmente demorados, e os resultados, muitas vezes, podem levar a interpretações equivocadas (Besford, 1978).

Um método alternativo para monitorar a necessidade de certos nutrientes em plantas consiste no estudo da atividade de enzimas, por ser tal método usualmente rápido e sensível. Geralmente, as enzimas do tecido foliar respondem à presença de um elemento necessário à sua formação e, ou, atividade (Besford, 1980). É sabido que a enzima fosfatase ácida (E.C.3.1.3.2) apresenta maior atividade em situação de deficiência de fósforo em diversas plantas. Esse fato se deve a um incremento na síntese "de novo" da enzima, cuja formação é inibida pelo íon fosfato (Reid & Bielecki, 1970). Verificaram-se, em algumas culturas, correlações

entre a atividade da fosfatase ácida e os teores de fósforo nos tecidos (Besford, 1978, 1979a,b) e a produção (McLachlan, 1982). Segundo Silva & Basso (1993), para a cana-de-açúcar, existe uma correlação inversa entre a atividade da fosfatase ácida medida na folha e as quantidades de fósforo acumuladas nas partes aérea e subterrânea das plantas. Os autores relataram que o diagnóstico precoce do estado de nutrição fosfórica em cana-de-açúcar pode ser auxiliado pela avaliação da atividade dessa enzima na folha.

Não foram encontradas referências sobre a atividade da enzima fosfatase ácida em palmeiras.

O objetivo deste estudo foi verificar a atividade da fosfatase ácida em quatro progênies da palmeira pupunha, correlacionando-a com crescimento e produção de plantas cultivadas em duas doses de nitrogênio e fósforo.

## MATERIAL E MÉTODOS

A atividade da enzima fosfatase ácida foi estudada em duas condições de suprimento de fósforo e nitrogênio em plantas de pupunha com quatro anos de idade, cultivadas em região de excelente aptidão climática, mas com solo ácido e com baixo nível de fósforo (Bovi et al., 1987). Para tanto, foram utilizadas algumas parcelas experimentais de um ensaio fatorial fracionado, composto por quatro doses de nitrogênio, fósforo e potássio, num total de 32 tratamentos. O experimento está instalado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo (IAC), localizada em Ubatuba a  $23^{\circ}27'S$ ,  $45^{\circ}04'W$ , 6 m de altitude. O ensaio vem sendo realizado, há quatro anos, em solo classificado como Aluvial álico, com as seguintes propriedades químicas, após aplicação de calcário

dolomítico, visando elevar a saturação por bases (originalmente 14): pH 5,0; matéria orgânica 39 g dm<sup>-3</sup>; P (resina) 9 mg dm<sup>-3</sup>; K 1,3, Ca 28, Mg 16, H + Al 43 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, soma de bases 45 e capacidade de troca catiônica 88 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, e saturação por bases de 51%. O espaçamento entre plantas é de 2 x 1 m, e as parcelas possuem 24 plantas úteis, com bordaduras duplas ao redor. Considerando a grande variabilidade genética da pupunheira, as parcelas do ensaio são compostas por quatro plantas de seis diferentes progênies de meios-irmãos dessa palmeira, sorteadas dentro de cada parcela.

Para o presente estudo selecionaram-se algumas parcelas do referido ensaio, seguindo um delineamento fatorial com duas doses de nitrogênio (N1 e N2), duas de fósforo (P1 e P2), quatro progênies (G1, G2, G3 e G4) e quatro repetições. As doses de nitrogênio foram 0 (N1) e 400 kg (N2) ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, tendo como fonte o nitrocálcio. As doses de fósforo foram 0 (P1) e 200 kg (P2) ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, tendo como fonte o superfosfato triplo. Fixou-se o potássio em 200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, sendo o elemento fornecido pelo cloreto de potássio. As aplicações foram fracionadas anualmente em quatro vezes.

As plantas foram analisadas quanto ao crescimento vegetativo (estimativa da biomassa da planta-mãe ou perfilho principal e número de perfilhos) e radicular, e produção de palmito (peso, diâmetro e comprimento do palmito e peso do palmito caulinar). Para avaliar a produção, utilizou-se o método descrito por Ferreira et al. (1982). Os teores de nutrientes no solo e nas folhas foram também determinados (Bataglia et al., 1983). Após a primeira colheita, a atividade da fosfatase ácida nas folhas de perfilhos de 8 a 10 meses de idade foi avaliada "in vivo", segundo método descrito por Silva & Basso (1993), com algumas modificações em função da espécie estudada. Essas análises foram realizadas em janeiro de 1995, tendo sido as amostras colhidas entre 10 e 11 horas. Utilizaram-se 100 mg de fragmentos de 2 mm de largura de limbo foliar, de material fresco, recém-coletado, correspondendo à porção média de quatro folíolos dispostos na porção mediana da segunda folha expandida (contada a partir da flecha). Durante a coleta, os folíolos foram classificados quanto ao tamanho (comprimento e largura) e coloração, usando-se uma escala de notas, variando de 1 a 3, em ordem de tamanho (pequeno, médio e grande) e coloração (amarelado, verde-amarelado e verde intenso). Os fragmentos foliares foram incubados com 8 mL de paranitrofenilfosfato 0,25 mmol L<sup>-1</sup> em tampão acetato de sódio 0,1 mol L<sup>-1</sup> (pH 4,0). Após incubação por 20 min a 30°C, ao abrigo da luz, 5 mL da mistura de reação foram alcalinizados com 2 mL de NaOH 2 mol L<sup>-1</sup>, estimando-se, colorimetricamente (a 410 nm), a quantidade de paranitrofenol formado. A atividade enzimática foi expressa em μmoles de substrato hidrolisado por hora, por grama de tecido foliar fresco (μmol h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>).

A biomassa da planta-mãe ou do perfilho mais desenvolvido foi estimada por meio de ajuste de função exponencial aos dados de diâmetro, altura e peso da matéria seca da parte aérea, obtidos em amostragens destrutivas de plantas do mesmo experimento<sup>(5)</sup>.

A biomassa radicular da touceira foi avaliada pelo método descrito por Fujiwara et al. (1994), retirando-se amostras na linha e na entrelinha para cada ponto amostrado. Os dados foram expressos em peso da matéria seca de raízes por planta, considerando-se apenas os primeiros 20 cm de solo, onde mais de 80% das raízes da pupunheira se situam (Vandermeer, 1977; Ferreira et al., 1980; Morales & Vargas, 1990). A biomassa radicular foi estimada apenas em três progênies (G2, G3 e G4).

As análises de solo foram realizadas em amostras compostas (0-20 cm) retiradas de quatro pontos em cada parcela. As análises foliares foram executadas em amostras compostas por folíolos dispostos na porção mediana da segunda folha mais jovem completamente expandida de quatro plantas da parcela. As análises de solo e de folha foram feitas com apenas duas repetições.

Efetou-se a análise de variância dos dados obtidos, testando-se diferenças entre médias pelo teste de Tukey a 5%. Análises de correlação entre as diferentes características avaliadas foram feitas pelo método de Pearson (Steel & Torrie, 1980), a 5, 1 e 0,1%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade média da fosfatase ácida mostrou diferenças significativas entre as combinações de doses de nitrogênio (N) e fósforo (P) utilizadas (Quadro 1). Diferenças entre os teores de P no solo também puderam ser observadas. Nas folhas, no entanto, foram constatadas diferenças significativas apenas para o teor de potássio (K). A existência de correlação negativa entre a atividade da fosfatase ácida (APA) e os teores de fósforo no solo e nas folhas, embora citada por vários autores (Besford, 1979a,b; Barret-Lennard et al., 1982; O'Connell & Grove, 1985; Zaini & Mercado, 1985; Kummerová & Buresová, 1990; Garcia & Ascencio, 1992; Silva & Basso, 1993), não foi constatada (Quadro 2). No entanto, detectou-se correlação positiva e significativa (1%) entre APA e teores de K e Ca nas folhas. Como o número de observações utilizadas nessa análise de correlação foi pequeno (n = 8) e como o K foi mantido em dose fixa, sugere-se a validação desse resultado por meio de avaliação da APA em folhas de plantas cultivadas em diferentes doses de K.

<sup>(5)</sup> Bovi, M.L.A. 1995. Dados não publicados.

**Quadro 1. Atividade média da fosfatase ácida e teor médio de fósforo no solo e de nitrogênio, fósforo e potássio nas folhas de quatro progênies de pupunheira cultivadas em duas doses de nitrogênio (N1 e N2) e duas de fósforo (P1 e P2)**

Tratamento	Atividade	Elemento			
		No solo		Nas folhas	
		P	N	P	K
	$\mu\text{mol h}^{-1} \text{g}^{-1}$	$\text{mg dm}^{-3}$	$\text{g kg}^{-1}$		
N2P2	8,35 b	58 ab	21,7 a	2,0 a	10,8 ab
N2P1	4,58 a	6 a	23,4 a	1,9 a	6,8 a
N1P2	10,84 b	70 b	22,2 a	2,8 a	13,3 b
N1P1	11,05 b	13 a	22,7 a	2,0 a	10,7 ab
C.V. (%)	34,59	84,83	6,64	19,30	25,33

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A análise estatística da atividade da fosfatase ácida, considerando todas as fontes de variação envolvidas (doses de N e P e progênies), mostrou efeitos significativos para doses de nitrogênio, interação significativa entre N e P, bem como efeito de progênies. Na dose mais elevada de N, a atividade da fosfatase ácida foi menor (Quadro 3). Com relação ao fósforo, não houve diferenças estatisticamente significativas entre APA e as duas doses consideradas, possivelmente porque, em ambas as doses, o P no solo e na planta já estava acima do nível crítico, portanto não deficiente para a pupunheira. Assim sendo, para a espécie estudada, a atividade da enzima foi mais influenciada pelas doses de N aplicadas ao solo do que pelas doses de P.

Ausência de correlação entre APA e status de fósforo no solo e nas folhas de algumas espécies foi mencionada anteriormente em estudo onde o único fator variável era a dose desse elemento (Fernandez & Ascencio, 1994).

A atividade da fosfatase ácida mostrou também efeitos estatisticamente significativos com relação às progênies estudadas (Quadro 3). Dessa forma, a progênie G3 diferiu estatisticamente das progênies G1 e G2, sendo igual a G4. Valores de APA bastante distintos entre cultivares sujeitos à mesma dose de elementos, especialmente P, já haviam sido reportados anteriormente para outras espécies (Zaini & Mercado, 1985; Kumerová & Buresová, 1990).

Analizando as mesmas fontes de variação (N, P e G) para características de crescimento, observou-se que a biomassa aérea do perfilho mais desenvolvido foi influenciada apenas pelo nitrogênio (Quadro 3). A dose 2 (N2) apresentou biomassa 92,90% superior à obtida na testemunha sem N (N1), evidenciando deficiência de N no solo e excelente resposta da pupunheira à adubação nitrogenada (Quadro 3). Com relação ao fósforo, não houve efeito na biomassa, ocorrendo até mesmo uma redução desta (8,97%), não estatisticamente significativa, no nível mais elevado. Ausência de resposta à adubação fosfatada e boa resposta à nitrogenada já haviam sido reportadas anteriormente para a pupunheira por Zamora & Flores (1985) em solos da Costa Rica. A falta de resposta ao fósforo em solo com apenas 7  $\text{mg dm}^{-3}$  do elemento (extrator não mencionado) foi associada, pelos autores, à presença de micorrizas. Fungos micorrízicos são particularmente importantes em palmeiras, devido ao tipo de sistema radicular (fasciculado, pouco profundo, com raízes grossas) e à ausência de pêlos radiculares (Vandermeer, 1977; Ferreira et al., 1980; Morales & Vargas, 1990).

**Quadro 2. Coeficientes de correlação entre a atividade da fosfatase ácida e P e K no solo e N, P, K, Ca e Mg nas folhas de progênies de pupunheira cultivadas em duas doses de nitrogênio e fósforo**

	Solo		Folha				
	P	K	N	P	K	Ca	Mg
Atividade da fosfatase	0,4425 <sup>ns</sup>	0,4457 <sup>ns</sup>	-0,2611 <sup>ns</sup>	0,4571 <sup>ns</sup>	0,8405 <sup>**</sup>	0,8049 <sup>**</sup>	0,4081 <sup>ns</sup>
P solo		0,8025 <sup>**</sup>	-0,6053 <sup>ns</sup>	0,3883 <sup>ns</sup>	0,7991 <sup>**</sup>	0,6201 <sup>ns</sup>	-0,0582 <sup>ns</sup>
K solo			-0,8075 <sup>**</sup>	-0,0464 <sup>ns</sup>	0,6324 <sup>ns</sup>	0,6485 <sup>ns</sup>	0,0769 <sup>ns</sup>
N folha				0,1274 <sup>ns</sup>	-0,4272 <sup>ns</sup>	-0,4381 <sup>ns</sup>	-0,1966 <sup>ns</sup>
P folha					0,4445 <sup>ns</sup>	0,4473 <sup>ns</sup>	0,2042 <sup>ns</sup>
K folha						0,7989 <sup>**</sup>	0,2344 <sup>ns</sup>
Ca folha							0,4684 <sup>ns</sup>

\*\* Significativo a 1%; <sup>ns</sup> não-significativo. Tamanho da amostra n = 8.

**Quadro 3. Atividade da fosfatase ácida, biomassa aérea e número de perfilhos de quatro progênies de pupunheira (G1, G2, G3 e G4) cultivadas em duas doses de nitrogênio (N1 e N2) e duas de fósforo (P1 e P2). Avaliações efetuadas no perfilho mais desenvolvido e touceira**

Fator	Nível	Atividade	Biomassa aérea	Perfilhos
		$\mu\text{mol h}^{-1} \text{g}^{-1}$	$\text{kg planta}^{-1}$	Número
Nitrogênio (N)	N1	10,947 a	1,057 b	4,512 a
	N2	6,469 b	2,039 a	5,500 a
Fósforo (P)	P1	7,819 a	1,615 a	4,562 a
	P2	9,598 a	1,482 a	5,479 a
Progênie (G)	G1	10,101 a	1,786 a	4,500 a
	G2	9,325 a	1,299 a	5,250 a
	G3	6,180 b	1,901 a	5,958 a
	G4	9,227 ab	1,207 a	4,375 a
C.V. (%)		37,48	39,99	48,69

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O número de perfilhos da touceira, por ser uma característica bastante variável, não apresentou resultados estatisticamente significativos entre os tratamentos (Quadro 3). Pequenas diferenças entre progênies para biomassa aérea e número de perfilhos foram constatadas, porém essas diferenças não foram estatisticamente significativas.

Relações entre atividade da fosfatase ácida e biomassa não foram consistentes, quando se consideraram progênies diferentes, indicando que cada material genético apresenta valores próprios,

não-comparáveis entre si. Valores de APA bastante distintos entre cultivares diversos já haviam sido reportados anteriormente para outras espécies (Zaini & Mercado, 1985; Kumerová & Buresová, 1990).

Quando correlacionada com caracteres que freqüentemente avaliam crescimento vegetativo, tais como diâmetro, altura, número de folhas e número de perfilhos, houve, com exceção desse último, uma relação inversa, significativa, entre APA e caracteres avaliados (Quadro 4). A relação inversa entre biomassa e APA pode ser inferida, ainda, pela escala simples de notas usadas para classificar os folíolos amostrados em tamanho e coloração. Plantas com maior biomassa aérea (e, portanto, maior diâmetro, altura, número de folhas e perfilhos) possuíam folhas com coloração verde mais intensa e folíolos mais longos e largos (Quadro 4). A atividade da fosfatase ácida apresentou coeficientes de correlação negativos e estatisticamente significativos, na maioria das vezes, quando pareada com os demais caracteres avaliados, incluindo o tamanho de folíolo amostrado (Quadro 4). Correlação negativa entre a atividade da fosfatase ácida e as características que avaliam crescimento e produção já havia sido observada em outras espécies, como trigo (McLachlan, 1982), arroz (Zaini & Mercado, 1985), eucalipto (O'Connell & Grove, 1985) e cana-de-açúcar (Silva & Basso, 1993).

Como a atividade da fosfatase ácida dos perfilhos esteve negativamente correlacionada com a biomassa aérea, e esta (biomassa aérea) mostrou-se diretamente relacionada com a adubação nitrogenada e inversamente com a adubação fosfatada, procurou-se estudar o efeito de doses de N e P sobre o crescimento e sobre a produção das plantas-mães, verificando também suas relações com a biomassa radicular. Para isso, foram utilizados dados de biomassa aérea e radicular obtidos antes da colheita do palmito, visto que foi constatado que parte do sistema radicular da pupunha morre após a colheita, havendo, posteriormente, uma renovação de raízes (Morales & Vargas, 1990).

**Quadro 4. Coeficientes de correlação entre a atividade da fosfatase ácida e várias características relacionadas com o crescimento de perfilhos de progênies de pupunheira cultivadas em duas doses de nitrogênio e fósforo**

	Diâmetro	Altura	Biomassa	Folhas	Perfilhos	Coloração	Tamanho
Atividade da fosfatase	-0,2803*	-0,3347**	-0,2630*	-0,2531*	-0,1611 <sup>ns</sup>	-0,2118*	-0,2668*
Diâmetro da planta		0,9460***	0,8595***	0,9008***	0,6525***	0,2863*	0,3852***
Altura da planta			0,9431***	0,9273***	0,5621***	0,2680***	0,3192**
Biomassa aérea				0,9039***	0,5730***	0,3199**	0,3849***
Número de folhas					0,5525***	0,2842*	0,4150***
Número de perfilhos						0,2011 <sup>ns</sup>	0,3847***
Coloração das folhas							0,2692*

\*\*\*, \*\*, \* significativo a 0,1, 1 e 5%, respectivamente. <sup>ns</sup> não-significativo. Tamanho da amostra n = 64.

A análise estatística dos dados da biomassa aérea das plantas-mães evidenciou efeitos estatisticamente significativos para doses de N e P, interação entre eles e efeito de progênies. Foi verificada, ainda, interação significativa entre doses de fósforo e progênies. Para a biomassa radicular, os resultados foram significativos para doses de N e para progênies.

Maiores biomassas, aérea e radicular, foram obtidas na dose 2 de nitrogênio, indicando, da mesma forma que para o perfilho, excelente resposta da planta-mãe à adubação nitrogenada (Quadro 5). De forma semelhante, dose mais baixa de fósforo proporcionou maior biomassa aérea, não havendo diferenças estatisticamente significativas entre as doses, quando foi considerada a biomassa radicular. A ausência de resposta a fósforo pode estar relacionada com a maior adaptação da pupunha a solos ácidos, geralmente pobres em P, e com a presença de micorrizas. A associação entre fungos micorrízicos e plantas tem-se mostrado benéfica em situações de baixa disponibilidade de fósforo (Chulan, 1991), mas altamente detrimental a plantas em condições de elevada disponibilidade desse elemento (Peng et al., 1993). Parece haver, nessas condições, forte competição por fotossintatos entre planta e fungo, em razão da maior biomassa fúngica e da sua composição (Buwalda & Goh, 1982; Peng et al., 1993). A relação biomassa aérea/biomassa radicular obtida nas duas doses de P estudadas (Quadro 5) corrobora essa afirmativa. Houve alocação de maior biomassa radicular na dose P2 e esta não se refletiu em maior biomassa aérea, como era esperado.

Houve diferenças em biomassa aérea e radicular entre as progênies, com a G2 não diferindo estatisticamente da G3 em biomassa aérea e se apresentando superior à G1 e G4. A progênie G3 apresentou maior biomassa radicular, diferindo significativamente das progênies G2 e G4. Também do ponto de vista da relação entre biomassa aérea e radicular, a progênie G2 foi superior às demais, mostrando maior eficiência (com um menor sistema radicular produziu maior parte aérea).

Quando a produção das plantas-mães foi considerada, observou-se que o peso do palmito e o peso do palmito caulinar, bem como as dimensões do primeiro, mostraram efeitos significativos para doses de nitrogênio e fósforo, assim como uma interação entre fósforo e progênies, para peso e diâmetro do palmito e peso do palmito caulinar (Quadro 6). Foi detectada, ainda, interação significativa entre doses de nitrogênio e progênies (N \* G), para o diâmetro médio e o comprimento do palmito. Constatou-se, portanto, efeito significativo de N também para a produção da planta-mãe, seguindo as mesmas tendências dos dados anteriores (Quadro 6). Isso era esperado, visto que palmito é parte vegetativa, composto pelo meristema apical e folhas jovens imbricadas, formadas a partir daquele. De forma semelhante à observada para crescimento

**Quadro 5. Biomassa aérea e radicular e relação entre ambas, obtidas em plantas-mães de quatro progênies de pupunheira (G1, G2, G3 e G4) cultivadas em duas doses de nitrogênio (N1 e N2) e duas de fósforo (P1 e P2)**

Fator	Nível	Biomassa		Relação entre biomassas
		Aérea	Radicular	
— kg planta <sup>-1</sup> —				
Nitrogênio (N)	N1	2,411 b	1,480 b	1,629
	N2	4,508 a	1,837 a	2,454
Fósforo (P)	P1	4,400 a	1,598 a	2,753
	P2	2,519 b	1,719 a	0,582
Progênie (G)	G1	3,052 b	-	-
	G2	4,380 a	1,208 b	3,626
	G3	3,415 ab	2,587 a	1,320
	G4	2,992 b	1,180 b	2,535
C.V. (%)		41,90	41,77	

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

vegetativo, houve menor produção de palmito nas doses mais elevadas de P, indicando resposta negativa da pupunheira à alta dose de fósforo. A progênie G2 apresentou excelente produção total de palmito (palmito + palmito caulinar) e maior relação entre biomassa aérea e radicular (Quadros 5 e 6), mostrando-se mais eficiente que as demais.

É possível que os resultados referentes à atividade "in vivo" da fosfatase ácida e sua relação com crescimento e produção, obtidos no presente experimento (realizado em condições de campo e, portanto, sujeito às variações edafoclimáticas normais ao cultivo), tenham evidenciado uma importância agrônômica ainda maior para a atividade dessa enzima. Enquanto grande parte dos trabalhos nessa área a relacionam apenas com teores de fósforo, neste estudo ela foi influenciada significativamente pelo nitrogênio, variando, ainda, com a progênie. Conclui-se, portanto, que esses fatores deverão ser levados em consideração em estudos que relacionem APA com o fósforo e com o crescimento em pupunheira. Observou-se também que a APA correlacionou-se melhor com o crescimento da planta (biomassa aérea e radicular), independentemente dos teores dos elementos detectados no solo ou no tecido foliar. Assim, pelo menos para a cultura estudada, a atividade da fosfatase ácida correlacionou-se melhor com o crescimento vegetativo, decorrente do estado nutricional geral da planta, aumentando a importância de tal enzima na avaliação da nutrição mineral da pupunheira.

**Quadro 6. Produção de palmito e de palmito caulinar das plantas-mães (primeira colheita) de quatro progênies de pupunheira (G1, G2, G3 e G4), cultivadas em duas doses de nitrogênio (N1 e N2) e duas de fósforo (P1 e P2)**

Fator	Nível	Palmito			Palmito caulinar
		Peso	Diâmetro	Comprimento	
		g	cm		g
Nitrogênio (N)	N1	152,62 b	2,61 b	24,89 b	178,42 b
	N2	272,72 a	3,51 a	30,02 a	279,07 a
Fósforo (P)	P1	247,21 a	3,31 a	30,26 a	205,02 a
	P2	178,14 b	2,81 b	24,66 b	205,47 a
Progênie (G)	G1	160,77 b	2,80 b	26,67 a	212,82 a
	G2	271,06 a	3,40 a	27,72 a	242,86 a
	G3	215,17 ab	2,94 b	26,60 a	241,46 a
	G4	203,69 ab	3,11 ab	28,84 a	217,84 a
C.V. (%)		42,40	23,34	25,90	43,99

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

### CONCLUSÕES

1. Aplicações de fósforo resultaram em efeito negativo no crescimento da parte aérea em plantas-mães de pupunheira, ao passo que aplicações de nitrogênio promoveram incremento na biomassa e produção de palmito.

2. A atividade da fosfatase ácida mostrou correlação negativa com o crescimento da planta, não se correlacionando com os teores de fósforo no solo ou no tecido foliar.

3. A atividade da fosfatase ácida variou com a progênie e doses de N, indicando que esses fatores devem ser levados em consideração em estudos que envolvam fosfatase ácida, fósforo e crescimento.

4. Variações entre progênies foram verificadas para a biomassa aérea e radicular, bem como para a produção e para o diâmetro do palmito.

5. A progênie que mostrou menores valores de atividade da fosfatase ácida (G3) foi a que apresentou maior biomassa total (aérea e radicular), bem como boa produção de palmito. No entanto, do ponto de vista de eficiência, a progênie G2 foi superior às demais.

### LITERATURA CITADA

BARRET-LENNARD, E.G.; ROBSON, A.D. & GREENWAY, H. Effect of phosphorus deficiency and water deficit on phosphatase activities from wheat leaves. *J. Exp. Bot.*, 33:682-693, 1982.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R. & GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78)

BESFORD, R.T. Effect of phosphorus supply on acid phosphatase activity in the leaves of tomato plants. *Sci. Hortic.*, 9:303-309, 1978.

BESFORD, R.T. Nutrients imbalances in tomato plants and acid phosphatase activity in the leaves. *J. Sci. Food Agric.*, 30:275-280, 1979a.

BESFORD, R.T. Phosphorus nutrition and acid phosphatase activity in the leaves of seven plant species. *J. Sci. Food Agric.*, 30:281-285, 1979b.

BESFORD, R.T. A rapid tissue test for diagnosing phosphorus deficiency in the tomato plant. *Ann. Bot.*, 45:225-227, 1980.

BOVI, M.L.A.; GODOY JÚNIOR, G. & SÁES, L.A. Pesquisas com os gêneros *Euterpe* e *Bactris* no Instituto Agronômico de Campinas. *O Agrônomo*, 39:129-174, 1987.

BOVI, M.L.A. Palmito Pupunha: informações básicas para o cultivo. In: FURIA, L.R.R., ed. ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE PALMITO. Piracicaba, CALQ, 1993. p.12-23.

BOVI, M.L.A.; GODOY JÚNIOR, G.; CAMARGO, S.B. & SPIERING, S.H. Seleção precoce em pupunheiras (*Bactris gasipaes* H.B.K.) para produção de palmito. In: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE BIOLOGIA, AGRONOMIA E INDUSTRIALIZACION DEL PIJUAYO, 4., Iquitos, 1993. Anais. Iquitos, 1993. p.177-185.

BUWALDA, J.C. & GOH, K.M. Host-fungus competition for carbon as a cause of growth depressions in vesicular-arbuscular mycorrhizal ryegrass. *Soil Biol. Biochem.*, 14:103-106, 1982.

- CHULAN, H.A. Effect of fertilizer and endomycorrhizal inoculum on growth and nutrient uptake of cocoa (*Theobroma cacao* L.) seedlings. *Biol. Fertil. Soils*, 11:250-254, 1991.
- FERNANDEZ, D.S & ASCENCIO, J. Acid phosphatase in bean and cowpea plants grown under phosphorus stress. *J. Plant Nutr.*, 17:229-241, 1994.
- FERREIRA, S.A.M.; CLEMENT, C.R. & RANZANI, G. Contribuição para o conhecimento do sistema radicular da pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K. - *Guilielma gasipaes* (H.B.K.) Bailey) I - Solo Latossolo Amarelo, textura média. *Acta Amaz.*, 10:245-249, 1980.
- FERREIRA, V.L.P.; GRANER, M.; BOVI, M.L.A.; DRAETTA, I.S.; PASCHOALINO, J.E. & SHIROSE, I. Comparação entre os palmitos de *Guilielma gasipaes* Bailey (pupunha) e *Euterpe edulis* Mart. (juçara) I. Avaliações físicas, organolépticas e bioquímicas. *Coletânea do ITAL*, 12:255-272, 1982.
- FUJIWARA, M.; KURACHI, S.A.H.; ARRUDA, F.B.; PIRES, R.C.M. & SAKAI, E. A técnica de estudo de raízes pelo método do trado. Campinas, Instituto Agrônomo, 1994. 9p. (Boletim Técnico, 153)
- GARCIA, M. & ASCENCIO, J. Root morphology and acid phosphatase activity in tomato plants during development of and recovery from phosphorus stress. *J. Plant Nutr.*, 15:2491-2503, 1992.
- KUMMEROVÁ, M. & BURESOVÁ, I. The effect of exogenous phosphate deficiency on the activity of acid phosphatase of the root of two maize genotypes. *Biol. Plant.*, 32:1-7, 1990.
- McLACHLAN, K.D. Leaf acid phosphatase activity and the phosphorus status of field-grown wheat. *Aust. J. Agric. Res.*, 33:453-464, 1982.
- MORALES, A.L. & VARGAS, H.S. Observaciones sobre la distribución radical del pejobaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) para palmito en un Andosol. *ASBANA*, 14:9-15, 1990.
- O'CONNELL, A.M. & GROVE, T.S. Acid phosphatase activity in karri (*Eucalyptus diversicolor* F.Muell.) in relation to soil phosphate and nitrogen supply. *J. Exp. Bot.*, 36:1358-1372, 1985.
- PENG, S.; EISSENSTAT, D.M.; GRAHAM, J.H.; WILLIAMS, K. & HODGE, N.C. Growth depression in mycorrhizal citrus at high-phosphorus supply. *Plant Physiol.*, 101:1063-1071, 1993.
- REID, M.S. & BIELESKI, R.L. Changes in phosphatase activity in phosphorus-deficient Spirodela. *Planta*, 94:273-281, 1970.
- SILVA, F.C. & BASSO, L.C. Avaliação da atividade "in vivo" da fosfatase ácida da folha na diagnose da nutrição fosfórica em cana-de-açúcar. *R. Bras. Ci. Solo*, 17:371-375, 1993.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 2.ed. New York, McGraw-Hill, 1980. 631p.
- VANDERMEER, J. Observations on the root system of the pejobaye palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) in Costa Rica. *Turrialba*, 27:239-242, 1977.
- ZAINI, Z. & MERCADO, B.T. Phosphorus nutrition and phosphatase activity of young rice plants grown in culture solution. I. Levels of phosphorus and phosphatase activity of the roots. *Phillipp. Agric.*, 68:211-216, 1985.
- ZAMORA, F.D. & FLORES, S. Ensayo sobre niveles de fosforo en pejobaye para palmito. In: ASBANA. INFORME DE LABORES DE DIVERSIFICACIÓN AGRÍCOLA, 6, San José, 1985. p.62-65.