

RESPOSTAS DE CULTIVARES DE FEIJÃO AO TESTE DE FOSFATASE ÁCIDA¹

MARIA DE LOURDES BRESEGHELO², ITAMAR PEREIRA DE OLIVEIRA³ e MICHAEL D.T. THUNG⁴

RESUMO - Raízes de vinte cultivares de feijão, desenvolvidas em presença e ausência de fósforo, foram submetidas ao teste de fosfatase ácida. A atividade enzimática foi correlacionada com peso de raiz (verde - PVR, seco - PSR, líquido - PLR) e peso total (verde - PVT, seco - PST, líquido - PLT). O teste Scott-Knott 5% separou cultivares em grupos de alta (A 286, A 247, NAG 24, Carioca, IPA 6, A 275, BAT 41, Ica Pijão, A 283, Icta Quetzal e A 294) e baixa (CNF 10, PVBZ 1771, A 281, EMP 84, G 4000, A 358, Puebla 152, DOR 218 e PVMX 1637) atividade enzimática. Cultivares desenvolvidas na ausência de fósforo apresentaram maior atividade enzimática. Foi observada relação direta entre densidade ótica e massa verde ($r = 0,6$ a $0,8$) líquida ($r = 0,59$ a $0,79$) e seca ($r = 0,61$ a $0,81$) de raiz, e relação inversa entre atividade enzimática e massa verde ($r = -0,81$ a $-0,94$) líquida ($r = -0,81$ a $-0,94$) e seca ($r = -0,82$ a $-0,85$) de raiz.

Termos para indexação: atividade enzimática, enzima adaptativa, teste de correlação.

BEAN CULTIVARS RESPONSE TO ACID PHOSPHATASE TEST

ABSTRACT - Roots of twenty cultivars of beans grown in presence and absence of phosphorus were submitted to acid phosphatase test. The enzymatic activity was correlated with root weight (green - RGW, dry - RDW, liquid - RLW) and total weight (green - TGW, dry - TDW, liquid - TLW). Scott-knott test 5% separated cultivars into group: high (A 286, A 247, NAG 24, Carioca, IPA 6, A 275, BAT 41, Ica Pijão, A 283, Icta Quetzal and A 294) and low (CNF 10, PVBZ 1771, A 281, EMP 84, G 4000, A 358, Puebla 152, DOR 218 and PVMX 1637) enzymatic activity. Great amount of enzyme was observed in plants developed in absence of phosphorus. Direct relationship was determined between optic density and green ($r = 0.6$ to 0.8) liquid ($r = 0.59$ to 0.79) and dry root weights ($r = 0.61$ to 0.81), and inverse ones between enzymatic activity and green ($r = -0.81$ to -0.94) liquid ($r = -0.81$ to -0.94) and dry root weights ($r = -0.82$ to -0.85).

Index terms: enzymatic activity, adaptative enzyme, correlation tests.

INTRODUÇÃO

A fosfatase ácida (E.C.3.1.3.2.) é uma enzima largamente distribuída no reino vegetal. É uma hidrolase capaz de clivar ésteres de fosfato, transformando o fosfato da forma orgânica para a forma inorgânica. Tem sido sugerido que ela pode, sob certas condições, estar envolvida na

mobilização de reservas de nutrientes da planta, no transporte ativo de açúcares e outros compostos através da membrana, na diferenciação de plastídeos ou ainda no processo de senescência (Baker & Takeo 1974). Os tecidos vegetais invariavelmente apresentam, além da atividade das fosfatases sobre substratos específicos, uma alta atividade de fosfatases não específicas. Nas células animais as fosfatases estão isoladas nos lisossomas, enquanto nas células vegetais elas se encontram dentro dos vacúolos e alcançam o citoplasma durante a senescência. A localização vacuolar das fosfatases é consistente com o fato de que a maior parte do fosfato inorgânico também está confinada no vacúolo, enquanto os ésteres de fosfato são específicos do citoplasma.

Em plantas, a fosfatase ácida pode ser consti-

¹ Aceito para publicação em 8 de outubro de 1991.

Extraído da tese de Mestrado em Biologia Celular apresentada pelo primeiro autor - Univ. Fed. de Goiás.

² Eng. - Agr., M.Sc., Dep. Bioq. e Biof. da Univ. Fed. de Goiás, CEP 74410, Goiânia, GO.

³ Eng. - Agr., Dr., EMBRAPA/CNPAF, Caixa Postal 179, CEP 74000 Goiânia, GO.

⁴ Eng. - Agr., Ph.D., Consultor CIAT, Cali, Colômbia.

tutiva ou induzida por fatores externos como deficiência de fosfato inorgânico ou falta de água. Formas distintas da enzima ocorrem como resultado de respostas adaptativas ou podem ocorrer naturalmente em diferentes órgãos da mesma planta. O termo isoenzima é empregado para denominar estas formas.

Em organismos deficientes em fosfato, as fosfatases aparecem localizadas em diferentes partes da célula. Em *Escherichia*, *Euglena* e na *Neurospora* e outros fungos, a deficiência de fosfato causa um aumento de 5 a 50 vezes no nível das fosfatases. Nestes casos o aumento é devido ao aparecimento de novas isoenzimas localizadas na face externa da membrana da célula. Nas plantas superiores a deficiência de fosfato aumenta a atividade da fosfatase, tornando-a disponível a determinados substratos localizados no solo. A enzima pode estar livre no meio externo (solo), estar ligada à parede celular ou estar localizada na face externa do plasmalema. Os vacúolos que contêm fosfatase deslocam-se até o plasmalema e as expulsam para fora. Não se sabe, com certeza, se a fosfatase vacuolar e a fosfatase exocelular são a mesma enzima. O papel da fosfatase externa não está ainda inteiramente estabelecido (Bielecki 1973). Tendo em vista o fato de a planta absorver do solo apenas as formas inorgânicas de fosfato (H_2PO_4 , HPO_4 ou PO_4), ela pode ser um agente transportador destes compostos ou um agente hidrolizador dos ésteres de fosfato no meio, convertendo formas não disponíveis em formas acessíveis. Porém, seu significado é incerto quando a concentração de ésteres de fosfato no meio é pequena (Bielecki 1973). A fosfatase ácida encontrada no solo parece ser sempre de origem vegetal (Tarafdar et al. 1981).

McLachlan (1976), trabalhando com quatro espécies - trigo serraceno, centeio, trevo vermelho e trevo subterrâneo - mostrou que as duas primeiras espécies estão mais habilitadas a absorver fósforo inorgânico do solo do que as duas últimas. Isto acontece porque aquelas espécies possuem rizosfera maior, o que permite maior exploração do fosfato inorgânico do meio.

A atividade da fosfatase ácida exocelular foi

determinada como estimativa da capacidade no uso das formas orgânicas de fosfato do solo. Ela foi inversamente relacionada com a eficiência de absorção de fósforo inorgânico. O autor admite que plantas com as características do trigo serraceno e do centeio podem manter absorção suficiente e contínua de fósforo, o que assegura um bom desenvolvimento principalmente nos primeiros estágios de crescimento, enquanto as plantas que não possuem tais características utilizam da enzima para se suprir de fósforo. Assim, o autor conclui que o nível enzimático aumenta em duas situações: quando a quantidade de fósforo é baixa ou quando a planta não consegue explorar o fósforo inorgânico disponível.

Estas considerações reforçam a tese de que as fosfatases são enzimas adaptativas, e que a intensidade da sua síntese pela planta ou microorganismo é determinada pela necessidade de fósforo dos mesmos. A atividade desta enzima é tão menor quanto maior for a disponibilidade de fósforo do meio.

Se as fosfatases são enzimas adaptativas que ocorrem em maior quantidade em situações de baixa disponibilidade de fósforo, ou em plantas menos capazes de utilizar o fósforo inorgânico do solo, então a relação inversa entre produtividade e atividade enzimática pode ser útil quando se quer separar espécies capazes de utilizar melhor o fósforo do solo. McLachlan (1980b) procurou estabelecer diferenças no nível de fosfatase ácida entre espécies diplóides e tetraplóides de trigo. Ele comparou grupos selvagens diplóides com grupos cultivados tetraplóides e observou atividade enzimática muito menor no grupo cultivado, sugerindo uma seleção para níveis de fosfatase ácida e conseqüentemente para a obtenção do fósforo do meio. McLachlan (1982) trabalhou novamente com trigo fazendo medidas de atividades da fosfatase ácida em extrato de folhas de trigo, em campos de produção, para obter o nível de fósforo no tecido que indicou a necessidade de fósforo para a planta.

O presente trabalho teve o objetivo de conhecer o nível de fosfatase ácida na raiz do feijoeiro, determinar efeitos do fosfato inorgânico sobre a atividade enzimática e diferenciar culti-

vares de feijão em relação à concentração desta enzima no tecido da raiz.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram testadas vinte cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) oriundas do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão.

As sementes foram inicialmente imersas em álcool 96 G.L. por três minutos, e posteriormente imersas em solução de hipoclorito de cálcio (10% v/v) por cinco minutos, para esterilização superficial.

O plantio foi feito em vermiculita, colocada em bandejas de plástico previamente esterilizadas em álcool 96 G.L. A vermiculita foi previamente lavada em água corrente durante 24 horas, esterilizada em autoclave a 120°C sob pressão de 1 atm durante duas horas e secada em estufa a 60°C. Em cada bandeja foram colocadas quinze sementes de cada cultivar. As plantas foram cultivadas em condições controladas durante quinze dias, em ambiente asséptico para evitar contaminação, irrigadas com solução nutritiva e água destilada. Cada cultivar recebeu dois tratamentos: com e sem aplicação fosfatada de fósforo, repetidos seis vezes.

A solução nutritiva usada teve a seguinte composição: KNO_3 (4,0 mM), $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,8 mM), KH_2PO_4 (0,47 mM), $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (1,08 mM), CaCl_2 (0,6 mM). A esta solução inicial foram adicionados 0,4 ml de Fe-EDTA 6.000 ppm e 0,4 ml de uma solução de micronutrientes contendo: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (0,08 g/l), $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (1,81 g/l), H_2MoO_4 (0,09 g/l), H_3BO_3 (0,22 g/l), $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0,008 g/l) e $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,22 g/l).

Esta solução, antes de ser usada, foi esterilizada em autoclave a 120°C sob pressão de 1 (uma), atmosfera durante duas horas.

No tratamento correspondente a ausência de fósforo, a solução nutritiva continha todos os compostos acima, menos o composto KH_2PO_4 .

A atividade enzimática foi medida nas raízes do feijoeiro com quinze dias de idade, de acordo com o método colorimétrico desenvolvido por Bessey et al. (1946), adaptado por McLachlan (1980a) e padronizado por Freitas (1985). Como solução tampão foi utilizada uma solução de ácido acético e acetato de sódio, ambos a 0,2 M e pH 5,5. O substrato tamponado era composto de fosfato de paranitrofenol (PNPP - 5 mg) e Triton x-100 (1,01%), etanol absoluto (10%) e solução tampão (10 ml). Todo o sistema radicular da planta foi retirado da vermiculita, lavado em água des-

tilada enxugado em papel toalha e imerso em 10 ml de substrato tamponado, em tubo de ensaio. Esses foram vedados com rolhas de borracha, submetidos a vácuo até que as bolhas características da saída do ar da solução não mais fossem observadas, e deixou-se incubar por 60 minutos, no escuro, em banho-maria a 30°C. Ao final do período de incubação, alíquotas de 5 ml foram retiradas e imediatamente tituladas até pH 11,0 com NaOH 2N. Completaram-se as alíquotas para 50 ml usando-se água destilada e corrigindo-se o pH para 11,0. A leitura foi feita medindo-se a densidade ótica em colorímetro KLETT-SUMMERSON equipado com filtro azul a 410 nm, contra um branco que continha todos os reagentes exceto a raiz. Após as leituras, as raízes foram pesadas para obter-se o peso verde, foram secadas em estufa a 60°C durante 24 horas e novamente pesadas para obter-se o peso seco. A parte aérea das plantas também foi pesada antes e após a secagem.

A percentagem de fósforo total na amostra do tecido vegetal foi obtida seguindo técnica proposta por Moraes & Rabelo (1986).

Considera-se atividade enzimática a relação entre a densidade ótica e o peso da raiz em grama [DO/peso da raiz (g)].

Os dados foram analisados estatisticamente em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições, sendo as médias comparadas pelo teste de Scott & Knott (1974).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudos sobre a atividade enzimática

Observaram-se, através da análise de variância (Tabela 1), diferenças significativas para atividade da fosfatase ácida entre cultivares, presença e ausência de fósforo.

Este resultado reflete um efeito diferencial entre as cultivares na presença e ausência de fósforo em relação à atividade da fosfatase ácida, o que indica a capacidade de cada cultivar de produzir a enzima nas condições estudadas.

Quando o fósforo esteve presente, a atividade enzimática média diminuiu de 304,98 para 243,33 (Tabelas 2 e 3). Estes resultados estão de acordo com os de Bielecki (1973) que mostram aumento da atividade das fosfatases tanto em microorganismos quanto em plantas superiores deficientes em fósforo. Este aumento acontece

TABELA 1. Análise de variância da atividade da fosfatase ácida de 20 cultivares de feijoeiro, com quinze dias de idade, cultivadas na presença (P_1) e na ausência (P_0) de fósforo.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio	F
Tratamento Fósforo	39 (1)	18189,3538 (228065,5009)	3,24** (40,57**)
Cultivares dentro de P_0	(19)	(9776,5893)	(1,69*)
Cultivares dentro de P_1	(19)	(15856,0052)	(2,83**)
Erro	200	5621,8031	-
Total	239	-	-

* Significativo a 1%.

** Significativo a 5%.

TABELA 2. Teste de médias das atividades da fosfatase ácida em vinte cultivares de feijoeiro, cultivadas na presença de fósforo.

Cultivar	Média	Grupo
A 286	317,70	A
Carioca	293,70	A
NAG 24	282,56	A
Ica Pijão	278,80	A
DOR 218	272,56	A
A 294	272,55	A
A 358	256,60	A
PVBZ 1771	255,96	A
A 247	255,63	A
Icta Quetzal	255,45	A
IPA 6	248,16	A
A 283	241,63	A
A 275	237,58	A
BAT 41	232,55	A
A 281	214,48	B
G 4000	214,28	B
CNF 10	200,25	B
Puebla 152	196,66	B
PVMX 1637	175,76	B
EMP 84	163,65	B
Média	243,33	
D.M.S.	117,04	
C.V.	22,88%	

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott 5%.

TABELA 3. Teste de médias das atividades da fosfatase ácida em vinte cultivares de feijoeiro, cultivadas na ausência de fósforo.

Cultivar	Média	Grupo
A 286	392,18	A
A 247	388,34	A
NAG 24	376,44	A
Carioca	364,86	A
IPA 6	340,50	A
A 275	336,06	A
DAT 41	330,62	A
Ica Pijão	321,89	A
A 283	312,00	A
CNF 10	308,36	A
Icta Quetzal	305,58	A
A 294	300,13	A
PVBZ 1771	274,07	B
A 281	268,06	B
EMP 84	267,69	B
G 4000	265,15	B
A 358	246,20	B
Puebla 152	242,74	B
DOR 218	242,52	B
PVMX 1637	219,17	B
Média	304,98	
D.M.S.	187,69	
C.V.	29,59	

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott 5%.

porque a ausência de fósforo no tecido ativa o sistema enzimático da planta, estimulando a produção de novas isoenzimas que vão se localizar na superfície da raiz, transformando ésteres de fosfato existentes no meio em formas inorgânicas, que são facilmente assimiláveis.

Diferenças entre as cultivares quanto ao nível enzimático

Observou-se que existe diferença entre as cultivares quanto ao nível de fosfatase ácida produzido pela raiz, tanto na presença quanto na ausência de fósforo (Tabela 1).

Maior grau de significância foi verificado pa-

ra os dados obtidos com as cultivares desenvolvidas na ausência de fósforo.

Para definir o comportamento diferencial dos grupos foi utilizado o teste de Scott-Knott a 5% que separou as cultivares em dois grupos distintos (Tabela 2): cultivares com alta atividade da fosfatase ácida (A 286, Carioca, NAG 24, Ica Pijão, DOR 218, A 294, A 358, PVBZ 1771, A 247, Icta Quetzal, IPA 6, A 283, A 275, BAT 41) e cultivares com baixa atividade (A 281, G 4000, CNF 10, Puebla 152, PVMX 1637 e EMP 84).

Estes resultados revelam o potencial de cada cultivar em produzir a enzima e indicam que cultivares que apresentam as mais baixas taxas de atividade enzimática são as últimas a ativar o sistema enzimático, uma vez que estas cultivares são mais eficientes na absorção de fósforo "disponível" no meio ambiente em que estão vivendo (Freitas 1985). Esta eficiência está relacionada com a taxa de crescimento da raiz, bem como com o diâmetro e quantidade de pelos radiculares. Segundo McLachlan (1976), estes fatores aumentam a área de superfície radicular, aumentando, dessa forma, a absorção de fósforo.

Quando as cultivares se desenvolveram na ausência de fósforo, ocorreu, em todas elas, maior indução enzimática, exceto na DOR 218 e na A 358 (Tabela 3), elevando, assim, o nível de atividade da fosfatase ácida. Pelo teste de Scott-Knott 5%, distinguiram-se dois grupos de cultivares bastante semelhantes no agrupamento anterior (Tabela 3).

Considerando-se que no campo a cultura é quase sempre desenvolvida em áreas com resíduos de adubação fosfatada, pode-se inferir que diferentes comportamentos são esperados em relação à aplicação deste nutriente. Oliveira et al. (1987) mostraram resultados que podem confirmar essa discussão. Trabalhos anteriores de Oliveira & Malavolta (1982, 1983) mostram o comportamento diferencial na capacidade das cultivares de absorver fósforo na presença de alumínio, fato atribuído à atividade de alguma enzima não especificada até então.

Comparação entre as cultivares quanto a produção, atividade enzimática e absorção de fósforo

Segundo os dados apresentados na Tabela 4, houve tendência de maior produção de matéria seca total, bem como de massa verde da raiz nas cultivares desenvolvidas na presença de fósforo. Não houve diferença significativa no percentual de fósforo na planta, tanto na presença quanto na ausência deste nutriente.

Estes resultados indicam que o mecanismo de absorção de fósforo está associado com o volume de raiz no feijoeiro e com o desenvolvimento da planta (McLachlan 1976). A atividade da fosfatase ácida constitui um mecanismo complementar de absorção. Se a concentração de fósforo na planta não variou com a aplicação de fósforo, as variações obtidas na atividade enzimática entre as cultivares e entre os dois níveis de fósforo estudados, são justificadas, por ser este processo um mecanismo para suprir as plantas de acordo com a necessidade específica de cada uma. Por outro lado, deve-se considerar que as plantas estudadas tinham apenas quinze dias de idade e poderiam ainda estar fazendo uso das reservas cotiledonares.

Correlação entre parâmetros

Correlações significativas ocorreram entre diversos parâmetros de crescimento da planta e a atividade enzimática.

A densidade ótica (DO) foi correlacionada com os pesos verde (PVR), seco (PSR) e líquido (PLR) da raiz. A atividade da fosfatase ácida (AF), além desses parâmetros, foi correlacionada com os pesos verde (PVT), seco (PST) e líquido (PLT) total da planta (Tabela 5).

Os coeficientes de correlação da densidade ótica com os diferentes pesos da raiz mostram que a intensidade da coloração desenvolvida na reação química tende a acompanhar a produção de matéria seca (Tabela 5). Este fator é muito importante uma vez que assegura densidades óticas maiores para raízes grandes (mais pesadas) e densidades óticas menores para raízes pequenas (mais leves), não ocorrendo efeito de

TABELA 4. Produção, atividade enzimática e absorção de fósforo de 20 cultivares de feijão, cultivadas na presença e ausência de fósforo.

Cultivar	Produção				Atividade enzimática		Fosfato total	
	Mat. seca total		Mat. verde de raiz		P ₁	P ₀	P ₁	P ₀
	P ₁	P ₀	P ₁	P ₀				
	g				%			
G4000	0,27	0,24	1,04	0,86	214,28	265,15	0,30	0,35
A 281	0,34	0,28	1,04	0,83	214,48	268,06	0,33	0,30
A 286	0,23	0,20	0,76	0,64	317,70	392,18	0,35	0,30
A 294	0,26	0,23	0,83	0,76	272,55	300,13	0,31	0,28
A 275	0,37	0,22*	1,13	0,70*	237,58	333,06*	0,37	0,35
NAG 24	0,26	0,24	0,85	0,67	282,56	376,44*	0,37	0,36
DOR 218	0,26	0,26	0,91	1,03	272,56	242,52	0,38	0,33
PVBZ 1771	0,25	0,29	0,92	1,01	255,96	274,07	0,33	0,38
PVMX 1637	0,41	0,35	1,38	1,31	175,76	219,17	0,37	0,35
A 283	0,32	0,31	1,00	0,72	241,63	312,00	0,37	0,36
A 358	0,26	0,28	0,97	1,02	256,60	246,20	0,39	0,38
Puebla 152	0,32	0,31	1,24	1,07	296,66	242,74	0,35	0,33
BAT 41	0,29	0,23	1,07	0,58*	232,55	330,62*	0,39	0,35
Ica Pijão	0,31	0,24*	0,86	0,64	278,80	321,89	0,37	0,35
Icta Quetzal	0,24	0,22	0,77	0,62	255,45	305,58	0,35	0,35
A 247	0,31	0,28	0,86	0,63	255,63	388,34*	0,40	0,37
IPA 6	0,29	0,21*	0,90	0,73	248,16	340,50*	0,38	0,39
Carioca	0,27	0,22	0,76	0,68	293,70	364,86	0,37	0,39
CNF 10	0,25	0,18*	1,22	0,70*	200,25	308,36*	0,42	0,39
EMP 84	0,42	0,30*	1,59	0,87*	163,65	267,69*	0,40	0,33
	DMS = 0,07		DMS = 0,30		DMS = 84,78		NS	

* Diferença significativa, segundo teste de Tukey 5%, entre P₁ e P₀.
Estes resultados representam a média de seis repetições por cultivar.

diluição na expressão da atividade enzimática (densidade ótica/peso verde de raiz).

Os coeficientes de correlação são semelhantes para os diferentes tipos de peso. Isto mostra que pode-se utilizar peso verde, seco ou líquido para o cálculo da atividade enzimática sem ocorrer alteração na interpretação do resultado final.

Os índices negativos de correlação da atividade enzimática com os diferentes pesos de raiz indicam que raízes menores produzem mais enzima. Este é um fator de compensação sofrido pela planta. Como uma raiz pequena não absorve do meio ambiente quantidades adequadas

de fósforo inorgânico, a planta utiliza-se da enzima para transformar fósforo orgânico em inorgânico (McLachlan 1976 e Freitas 1985). Raciocínio semelhante pode ser aplicado para os índices negativos de correlação da atividade enzimática com os pesos totais da planta. Pode-se observar que, tanto na presença quanto na ausência de fósforo, maior produção de matéria verde, seca ou líquida está associada com menor atividade enzimática. Esta associação negativa que foi primeiramente observada em outras espécies por McLachlan (1976), leva à conclusão que atividades mais baixas são encontradas em plantas capazes de utilizar melhor as

TABELA 5. Coeficiente de correlação (r) da densidade ótica (DO) e atividade da fosfatase ácida (AF) com diferentes parâmetros, na presença (P₁) e ausência (P₀) de fósforo (P < 0,0001).

		PVR	PSR	PLR	PVT	PST	PLT
DO	P ₁	0,60	0,61	0,59	-	-	-
	P ₀	0,80	0,81	0,79	-	-	-
AF	P ₁	-0,94	-0,82	-0,94	-0,81	-0,76	-0,81
	P ₀	-0,91	-0,85	-0,90	-0,83	-0,75	-0,82

PVR - Peso verde de raiz

PSR - Peso seco de raiz

PLR - Peso líquido de raiz = PVR - PSR

PVT - Peso verde total (raiz mais parte aérea)

PST - Peso seco total (raiz mais parte aérea)

PLT - Peso líquido total = PVT - PST

formas de fosfato inorgânico do solo. Essa melhor utilização de nutrientes tem sido usada na seleção de cultivares tolerantes a solos de baixa fertilidade. Dependendo da eficiência da planta em utilizar o fósforo, ela poderá apresentar maior produtividade, conforme os resultados obtidos por Oliveira et al. (1987).

CONCLUSÕES

1. A fosfatase ácida em *Phaseolus vulgaris* mostrou ser uma enzima adaptativa, pois aparece em maior quantidade na ausência de fósforo.
2. Foram observados grupos de cultivares com alta e baixa atividade enzimática.
3. Diferenças significativas na produção de matéria seca, massa verde de raiz, bem como na atividade enzimática, podem ocorrer dentro de uma mesma espécie (*Phaseolus vulgaris*).
4. Existe uma relação direta entre densidade ótica e pesos verde, seco e líquido de raiz, e uma relação inversa entre atividade enzimática e pesos verde, seco e líquido de raiz e total da planta.

REFERÊNCIAS

- BAKER, J.; TAKEO, T. Acid phosphatase in plant tissues: changes in activity and multiple forms in tea leaves and tomato fruit during maturation and senescence. *Study of Tea*, v.46, p.63-75, 1974.
- BESSEY, B.A.; LOWRIE, O.H.; BROCK, M.J. A method for the rapid determination of alkaline phosphatase with 5 ml serum. *Journal of Biological Chemistry*, v.164, p.321-329, 1946.
- BIELESKI, R.L. Phosphate pools, phosphate transport, and phosphate availability. *Annual Review of Plant Physiology*, v.24, p.225-252, 1973.
- FREITAS, J.R. Atividade de enzima fosfatase ácida em folhas e raízes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). Goiânia; EMBRAPA-CNPAP, 1985. 16p. Relatório.
- MCLACHLAN, K.D. Acid phosphatase activity of intact roots and phosphorus nutrition in plants. I. Assay conditions and phosphatase activity. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.31, p.429-440, 1980a.
- MCLACHLAN, K.D. Acid phosphatase activity of intact roots and phosphorus nutrition in plants. II. Variations among wheat roots. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.31, p.441-448, 1980b.
- MCLACHLAN, K.D. Comparative phosphorus responses in plants to a range of available phosphorus situations. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.27, p.232-241, 1976.
- MCLACHLAN, K.D. Leaf acid phosphatase activity and the phosphorus status of field-grown wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.33, p.453-464, 1982.
- MORAES, J.F.V.; RABELO, N.A. Um método simples para a digestão de amostras de plantas. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1986. 12p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 12).
- OLIVEIRA, I.P.; MALAVOLTA, E. Efeitos do alumínio e do manganês no feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.17, n.4, p.549-557, 1982.
- OLIVEIRA, I.P.; MALAVOLTA, E. Uso de P³² nos testes de sensibilidade do feijoeiro ao alumínio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.18, n.2, p.91-104, 1983.

OLIVEIRA, I.P.; THUNG, M.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; CARVALHO, J.R. Avaliação de cultivares de feijão quanto à eficiência no uso de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n.1, p.39-45, 1987.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method

for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, v.30, p.507-512, 1974.

TARAFDAR, J.C.; ROY, A.B.; MANDAL, A.K. Enzyme status of some jute-growing soils of west Bengal. *Australian Journal of Soil Research*, v.19, p.181-184, 1981.