

INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE APLICAÇÃO DE 32P-SUPERFOSFATO TRIPLO NA EFICIÊNCIA DA FERTILIZAÇÃO FOSFATADA E NA PRODUTIVIDADE DA BATATA¹

OSCAR GONZALO BASTIDAS ORTIZ², SEGUNDO URQUIAGA CABALLERO³
e ADOLFO LEON ALVAREZ⁴

RESUMO - Num solo derivado de cinzas vulcânicas (Andic Humitropept), localizado em Pasto (Nariño), Colômbia, estudou-se a influência da aplicação de 100 e 200 kg/ha de P_2O_5 , no plantio ou 30 dias após a emergência (DAE), na eficiência da adubação fosfatada e na produtividade da batata (*Solanum tuberosum* L.), cv. Pardo Pastusa. No plantio o fósforo foi aplicado em faixa contínua no fundo dos sulcos e aos 30 DAE num lado da linha de plantas, cobrindo-se logo com terra de ambos os lados dos sulcos. Empregou-se 32P-Superfosfato triplo (50% P_2O_5) (143,59 $\mu\text{Ci/g P}$). Encontrou-se que: a) a adubação com fósforo aumentou ($p = 0,05$) a produtividade (de 19,9 a 37,7 t/ha) e a extração de P (de oito a 17,8 kg/ha de P) pelos tubérculos, sem diferenças significativas entre as épocas de aplicação de P; b) a extração de P pela planta acompanhou a acumulação de matéria seca; c) aos 75 DAE a fração de P-fertilizante, na parte aérea da planta, foi maior no tratamento adubado aos 30 DAE (52,1%) do que naquele adubado no plantio (21,8%), correspondendo a uma eficiência de utilização do P-fertilizante de 2,4% e 0,82%, respectivamente.

Termos para indexação: *Solanum tuberosum*, andosol, adubação fosfatada, 32P.

INFLUENCE OF APPLICATION TIME OF 32-P LABELLED TRIPLE SUPERPHOSPHATE ON THE FERTILIZER USE EFFICIENCY AND PRODUCTIVITY OF POTATO

ABSTRACT - A study was performed on a soil derived from volcanic ash (Andic Humitropept), in Pasto (Nariño), Colombia, to investigate the influence of additions of 100 and 200 kg $P_2O_5\text{ha}^{-1}$, at two application times (planting and 30 days after emergence - DAE), on the fertilizer use efficiency and productivity of potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Pardo Pastusa. At planting the phosphorus was applied in a continuous row in the furrow, and at 30 DAE at one side of the plant row, and immediately covered with soil from both sides of the furrow. The fertilizer used was 32-P labelled triple superphosphate (143,59 $\mu\text{Ci.gP}^{-1}$). It was found that: a) the phosphorus fertilization significantly increased ($P < 0.05$) the yield (from 19.9 to 37.7 t.ha^{-1}) and the accumulation of P (from eight to 17.8 kg P ha^{-1}) by the tubers, but there was no significant effects of times of the fertilizer application; b) the accumulation of P by the plant accompanied the accumulation of plant dry matter; c) at 75 DAE the fraction of fertilizer P in the plant shoot in the treatment fertilizer at 30 DAE (52.1%) was significantly higher than that fertilized at planting (21.8%), and this corresponded to a P fertilizer use efficiency of 2.4 and 0.82%, respectively.

Index terms: *Solanum tuberosum*, andosol, P-use efficiency, 32P.

INTRODUÇÃO

Na área tropical da América do Sul, a batata vem sendo cultivada em Alfisols, Ultisols, Oxisols e

Andosols, onde a maioria dos experimentos indicam que o fósforo é o nutriente mais limitante da produtividade. Essa limitação está principalmente relacionada com a baixa disponibilidade de P no solo (Raij et al. 1982, Sánchez 1976, Villagarcía et al. 1978) e com a deficiente absorção deste nutriente pela cultura, relacionada a seu restrito sistema radicular (FAO 1984).

A baixa disponibilidade de P na maioria destes solos obedece aos altos teores de óxidos livres de Fe, Al, argila e alofana que fixam ou retêm o P tão fortemente não sendo facilmente aproveitado pelas plantas. A fixação de P nos solos minerais ácidos é amplamente conhecido (Fassbender 1975, Sánchez 1976), contudo deve-se relevar que é um pro-

¹ Aceito para publicação em 22 de maio de 1987. Contribuição do Instituto de Assuntos Nucleares (IAN), Bogotá, Colômbia, com apoio da Agência Intern. de Energia Atômica e Inst. Colombiano Agropecuário (ICA).

² Eng. - Agr., M.Sc., IAN, Bogotá.

³ Eng. - Agr., Ph.D., Prof. Visitante, Inst. Tecnol. e Cient. (INTEC). Atualmente Consultor da EMBRAPA/UAPNPBS, km 47, CEP 23851 Seropédica, RJ.

⁴ Eng. - Agr., IAN.

cesso relativamente rápido sendo que em Oxisols tem-se encontrado que, após dois meses da aplicação de doses elevadas de superfosfato triplo, até 96% do P aplicado foi fixado e na maioria ligado ao Fe e Al, similar ao que ocorre na maioria dos solos derivados de cinzas vulcânicas (Appelt & Schalscha 1970, Fassbender 1969b). Mas nestes últimos podem ser encontrados solos jovens, com menor capacidade de fixação de fósforo, tal como ocorre em alguns Andosols da Colômbia (Calhoun et al. 1972, Muñoz & Wieczorek 1978) e da América Central (Fassbender 1969a), o que pode ser decorrente do baixo teor ou do alto grau de cristalização da alofana, onde o teor de P ligado ao cálcio pode ser significativo.

Com relação à adubação fosfatada na cultura da batata, as maiores produtividades vêm sendo obtidas com aplicações de 80 a 180 kg/ha de P_2O_5 em Inceptisols, Alfisols e Ultisols (Boock & Castro 1950, Boock & Freire 1960, Gomes & Freire 1962, Villagarcía et al. 1978) e de 80 a 450 kg/ha de P_2O_5 em Oxisols e Andosols (Galvão 1973, Muñoz & Wieczorek 1978, Pino 1982). Esta grande amplitude de recomendação deve-se às formas dominantes de P no solo e no efeito residual de adubações fosfatadas anteriores, que também afetam a disponibilidade de P (Appelt & Schalscha 1970, Friend & Birch 1960, Omatoso 1971).

Vários autores (Fassbender 1975, Sánchez 1976) indicam que para aumentar a eficiência da adubação fosfatada, esta deve ser realizada anualmente, no plantio e se possível o mais próximo das raízes das plantas, sem deixar de considerar a necessidade e a época de maior exigência da cultura. A justificativa das aplicações de fósforo solúvel, no plantio, baseiam-se na maior exigência de P no início do ciclo vegetativo da maioria das culturas, especialmente naquelas de ciclo curto.

Com relação a batata, alguns estudos com cultivares de ciclo curto (Días 1969, Gargantini et al. 1963), indicaram que o P e cálcio são extraídos durante todo o ciclo da cultura, atingindo o máximo aos 80 dias após a emergência, coincidindo com a fase de pleno crescimento dos tubérculos. Assim sendo, e não tendo-se encontrado informações acerca da influência da época de aplicação de P nesta cultura, realizou-se o presente trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido num solo derivado de cinzas vulcânicas andesíticas, Andosol (Andic Humitropept) (Calhoun et al. 1972) no período de outubro de 1984 a abril de 1985. O solo em estudo corresponde a um Andosol jovem, derivado de cinzas andesíticas, com elevado conteúdo de alofana de alto grau de cristalização, com hornblenda e feldspatos como minerais primários dominantes e com predominância de meta haloisita, haloisita, vermiculita e alofana, na fração argila (Calhoun et al. 1972). A camada arável é de textura franco silteosa, fortemente ácido (pH 4,8 em KCl N, na relação 1:1), teor médio de P disponível (26 ppm P) (Bray II), alto teor de bases trocáveis (7,13; 2,38; 1,78 meq/100 g de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , respectivamente) extraídos com NH_4OAc IN a pH 7, traços de Al^{3+} , alta CTC (39,4 meq/100 g NH_4OAc IN pH 7,0), 2,14% de C orgânico e densidade global baixa (0,90 g/cm³).

A área experimental, localizada na Estação Experimental de Obonuco, Pasto (Nariño), Colômbia, a 3.000 m.s.n.m, foi plantada com batata (*Solanum tuberosum* L.), c.v. Pardo Pastusa, de longo ciclo vegetativo (180 dias) e adubada com 100 e 200 kg/ha de P_2O_5 aplicados no plantio ou 30 dias após a emergência (DAE). Um tratamento adicional sem P também foi avaliado. Todos os tratamentos receberam a dose de 100 kg/ha de K_2O (cloreto de potássico) e 100 kg/ha de N (uréia). Todo o potássio e um terço do N foram aplicados no plantio e o restante, aos 45 DAE.

No plantio, os adubos foram colocados em faixa contínua no fundo dos sulcos e a adubação em cobertura foi realizada colocando-se os adubos, num lado da linha de plantas, efetuando-se a seguir a amontoa.

Em cada tratamento de P, as áreas úteis das parcelas receberam 32P-superfosfato triplo (143, 59 $\mu Ci/g$ P) e nas bordaduras aplicou-se superfosfato simples, comercial, do mesmo teor de P_2O_5 (50% P_2O_5).

As parcelas consistiram de quatro sulcos de 5,6 m de comprimento espaçados de 1,0 m, sendo que em um dos dois sulcos centrais, destinados para avaliação, delimitou-se uma área na parte central, de 3,20 m de comprimento, onde foi aplicado o fertilizante marcado e na área restante aplicou-se fertilizante comercial.

A batata foi plantada colocando-se tubérculos-sementes, de peso (100 g) e brotação uniforme, a cada 0,40 m. A cultura foi desenvolvida em condições de sequeiro, com temperatura média de 14°C e com precipitação adequada e uniforme (média mensal de 70,5 \pm 15,1 mm) durante todo o ciclo.

Utilizou-se o delineamento de parcelas subdivididas, com os tratamentos de fósforo nas parcelas e as épocas de amostragem nas subparcelas, com quatro repetições.

As amostragens de três plantas competitivas de cada parcela foram feitas aos 30, 45, 60 e 75 DAE, sendo que uma sempre procedia da área que tinha recebido o fosfato marcado, na qual foi feita a análise radioisotópica. As

plantas foram divididas em parte aérea e raízes, nas quais após lavagem, secagem (60°C/48 h) e digestão determinou-se o teor de P, e a atividade de 32P pelo efeito Cerenkov, utilizando-se o sistema cintilador líquido Beckman LS-230 (International Atomic Energy Agency 1976).

Na colheita final (165 DAE), avaliou-se a produção de matéria seca das partes mencionadas além dos tubérculos, assim como a extração de P e a eficiência de utilização de P-fertilizante pela planta. Este último parâmetro expressa a fração da quantidade do P-fertilizante que foi aproveitada pela planta (International Atomic Energy Agency 1976).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento de tubérculos foi relativamente alto, ao redor de 20 t/ha na testemunha. Isso reflete o alto potencial de produtividade deste solo, relacionado com o teor de P disponível (26 ppm P, Bray II) ligado, provavelmente, ao efeito residual de adubação anteriores. Contudo, Fig. 1, o P estava limitando a produtividade, pois encontrou-se resposta quadrática a adubação, com a máxima res-

posta com 183 e 195 kg/ha de P₂O₅ quando o P foi aplicado no plantio e aos 30 DAE, respectivamente, sendo que com estas doses conseguiu-se quase duplicar os rendimentos, não encontrando-se diferenças significativas entre épocas de aplicação.

Comportamento similar foi observado na produção de matéria seca de tubérculos e da planta inteira. (Tabela 1), sendo que em todos os tratamentos a matéria seca de tubérculos correspondeu aproximadamente a 28% da massa fresca, indicando que é um parâmetro característico da planta não sendo afetado pela adubação fosfatada, fato que também tem sido observado por outros pesquisadores (Boock et al. 1951, Freire et al. 1981). Deve-se salientar que na matéria seca total, os tubérculos contribuíram com aproximadamente 76,8%.

A extração de P (Tabela 1), acompanhou a produção de matéria seca, particularmente nos tubérculos, que representaram, em média, 78% do total,

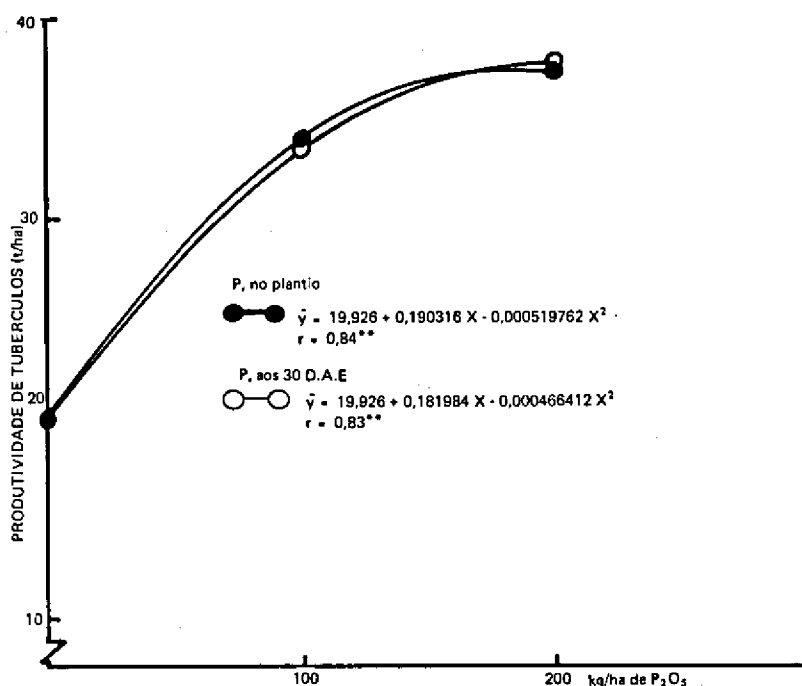


FIG. 1. Efeito da época de aplicação de fósforo na produtividade da batata.

similar aquele encontrado por Gargantini et al. (1963). O incremento médio (84,9%) na extração de P pelos tubérculos, causado pela adubação, foi similar àquele (79,5%) da produtividade. Entretanto a adubação favoreceu a extração de P pela parte aérea pois nesta houve incremento de 159% enquanto que a produção de matéria seca foi incrementada somente em 49%, em virtude, principalmente, do aumento da concentração de P na parte aérea.

Tanto na parte aérea como nos tubérculos (Tabela 1), a época de aplicação não afetou a extração de P.

De acordo com os resultados da extração de fósforo pela parte aérea (Fig. 2), e pelos tubérculos (Tabela 1), a extração de P pela batateira ocorreu ao longo do ciclo da cultura, sendo significativamente maior a partir da tuberização, pois durante esta fase os tubérculos extraíram de treze a 17,8 kg/ha de P, sem afetar sensivelmente a acumulação de P na parte aérea. Estes resultados são, em parte, concordantes com os de Días (1969) e Gargantini et al. (1963), destacando-se que neste trabalho, a aparente baixa translocação de P da parte aérea para os tubérculos, provavelmente ocorreu em virtude da adequada adubação fosfatada que garantiu a alta necessidade de P da planta, na tuberização.

Na Fig. 2 também observa-se que a partir dos 75 DAE, a quantidade de P acumulada na parte

aérea das plantas adubadas no plantio, diminuiu sensivelmente até a colheita, enquanto que na adubação aos 30 DAE não foi observado este fenômeno. Estes resultados demonstram que a adubação fosfatada aplicada aos 30 DAE, comportou-se como uma importante fonte de P à cultura, garantindo a alta necessidade de fósforo dos tubérculos e mantendo a acumulação de P na parte aérea.

Observou-se que aos 75 DAE, o fertilizante contribuiu com mais de 36% do fósforo contido na parte aérea, sendo que a maior eficiência foi alcançada com a dose de 100 kg/ha de P_2O_5 e com a aplicação do fertilizante aos 30 DAE (Fig. 3).

Na parte aérea, a percentagem de P proveniente do fertilizante (% PPPF) variou sensivelmente ao longo dos 75 DAE, em função da época de adubação (Fig. 4). Enquanto a máxima contribuição (35,5%) do P aplicado no plantio estabilizou-se ao redor dos 45 e 60 DAE, decrescendo depois significativamente até o nível de 21,8% nos 75 DAE, a adubação aos 30 DAE aumentou ($p = 0,05$) esta percentagem a cada amostragem, alcançando o valor máximo (52,1%) aos 75 DAE. A queda da percentagem PPPF, entre 60 e 75 DAE, na parte aérea do tratamento adubado no plantio, é uma indicação da diminuição da disponibilidade do fósforo e coincidiu com o início da formação dos tubérculos.

Nesta fase a necessidade de P pela planta é alta e a translocação para os tubérculos em formação

TABELA 1. Produção de matéria seca da parte aérea e dos tubérculos e quantidade de P extraído pela cultura de batata aos 165 DAE¹ em função de duas doses de P aplicadas em duas épocas.

Tratamentos		Produção de matéria seca			Extração do P		
Doses de P_2O_5	Épocas de aplicação do P	P. aérea	Tubérc.	Total	P. aérea	Tubérc.	Total
kg/ha		kg/ha					
0	-	1.942 b	5.679 b	7.622 b	1,75 c	7,96 b	9,71 c
100	plantio	2.806 a	9.622 a	12.428 a	2,70 bc	12,99 ab	15,69 bc
200		3.020 a	10.602 a	13.621 a	5,59 a	15,26 a	20,85 ab
100	30 DAE	2.786 a	9.536 a	12.323 b	3,41 b	12,85 ab	16,26 bc
200		3.049 a	10.735 a	13.784 a	6,46 a	17,78 a	24,24 a
C.V. (%)		11	15	14	17	23	21

¹ Dias após emergência das plantas.

Médias seguidas pela mesma letra, em cada parâmetro, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

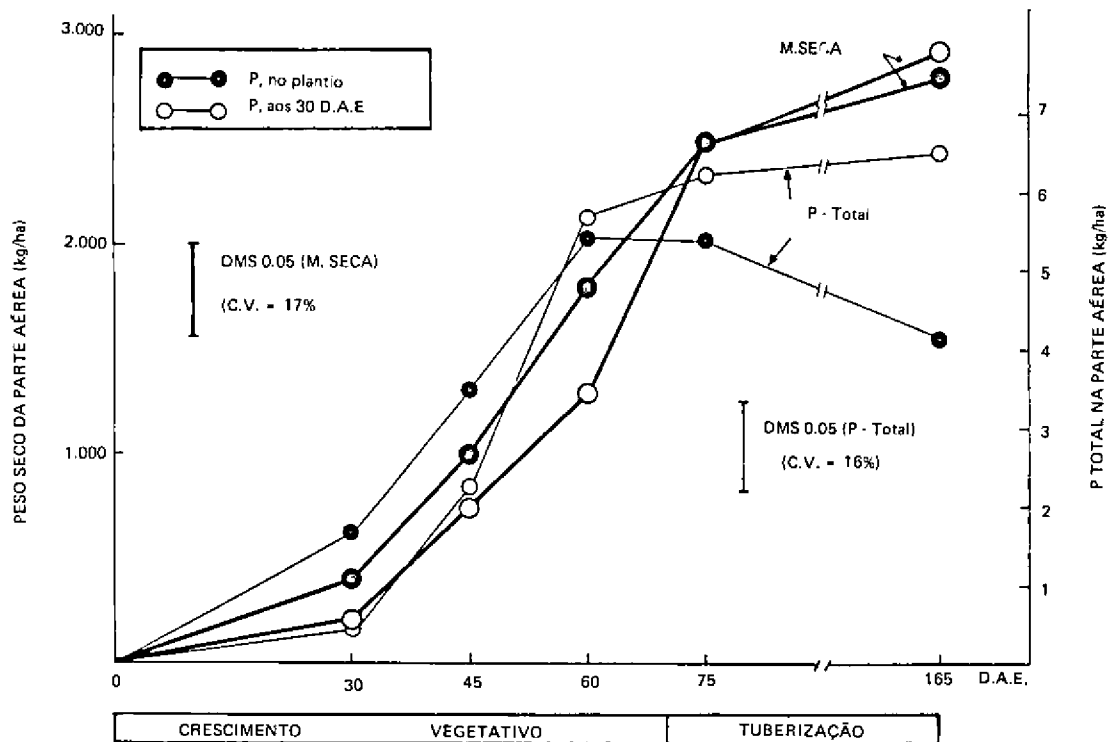


FIG. 2. Efeito da época de aplicação de fósforo na acumulação de matéria seca e de fósforo total na parte aérea ao longo do desenvolvimento da cultura de batata adubada com 100 e 200 kg/ha de P_2O_5 .

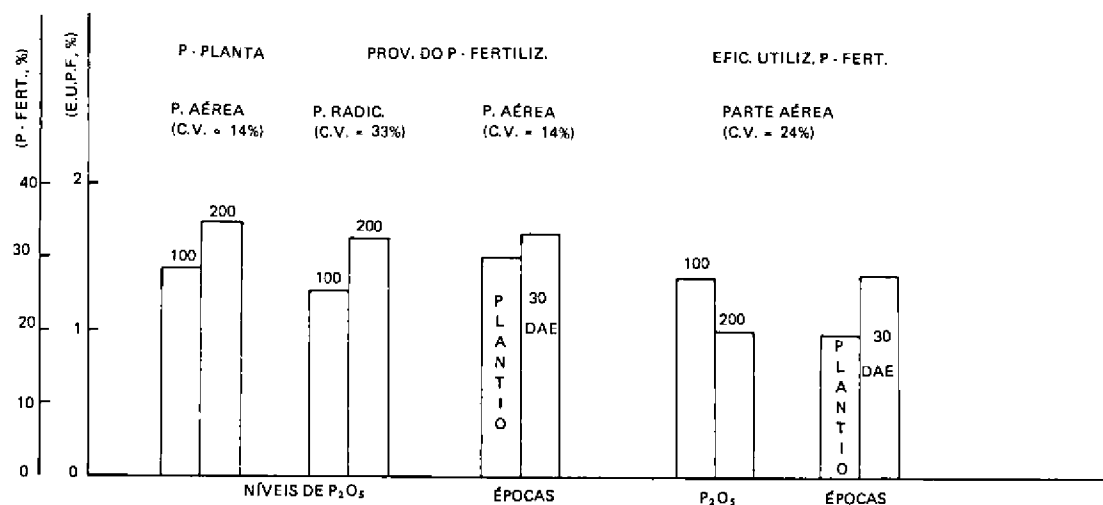


FIG. 3. Fração de fósforo na batateira aos 75 DAE, proveniente do fertilizante (P - Fert.) e a eficiência de utilização do fósforo fertilizante (EUPF), em função das doses e épocas de aplicação de fósforo.

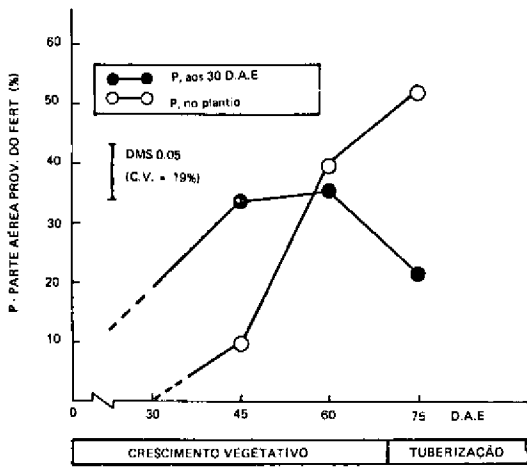


FIG. 4. Fração de fósforo na parte aérea proveniente do fertilizante em função de duas épocas de aplicação de fósforo, na cultura de batata. Média da adubação com 100 e 200 kg/ha de P_2O_5 .

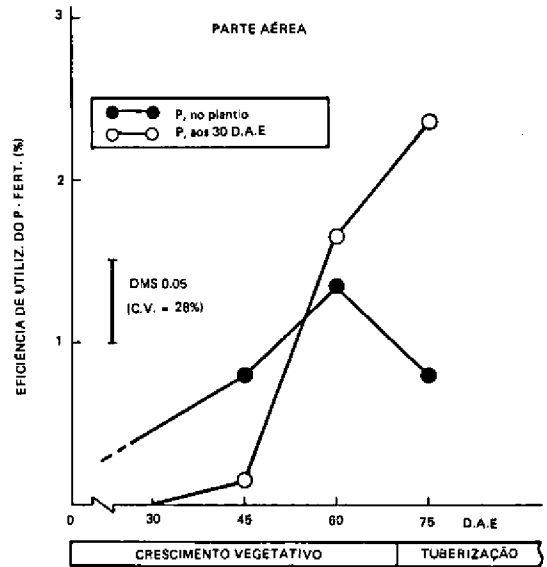


FIG. 5. Eficiência de utilização do fósforo-fertilizante pela parte aérea, como função de duas épocas de aplicação de fósforo, na cultura de batata. Média de adubação com 100 e 200 kg/ha de P_2O_5 .

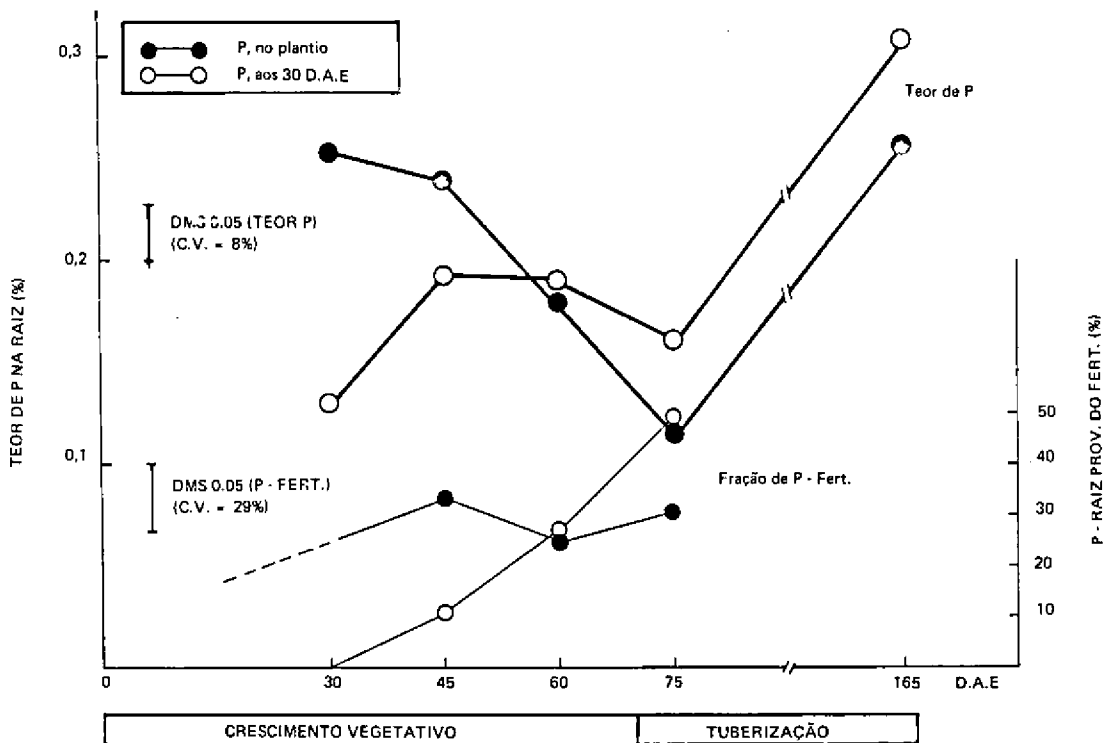


FIG. 6. Teor de fósforo total e fração de fósforo proveniente do fertilizante na raiz, em função de duas épocas de adubação com fósforo na cultura de batata. Média da adubação com 100 e 200 kg/ha de P_2O_5 .

é um processo dominante, como observado por vários autores (Días 1969, Gargantini et al. 1963, Hawkins 1946). Entretanto, o P-fertilizante aplicado aos 30 DAE supriu melhor a necessidade dos tubérculos, pois o teor de P proveniente do fertilizante, na parte aérea, aos 75 DAE, ainda era crescente. Estes resultados foram confirmados pela eficiência da utilização do P-fertilizante na parte aérea (Fig. 5), cujo comportamento foi similar.

Nas raízes (Fig. 6), a fração de P proveniente do fertilizante, nas diferentes épocas avaliadas, foi similar à parte aérea, indicando que dentro da planta os compostos fosfatados são altamente móveis e dinâmicos pelo que a composição isotópica deste nutriente tende a manter-se homogênea na planta toda (Hill 1980). Por outro lado, observa-se que entre 60 e 75 DAE houve uma queda significativa do teor de P da raiz, em ambos tratamentos de adubação, mas posteriormente (na colheita) observou-se uma recuperação significativa; para isto ainda não se tem uma explicação definitiva. Pode-se especular que as raízes provavelmente comportam-se como um compartimento de reserva de compostos fosfatados, sendo que no início da tuberização, quando a demanda de P é alta, estes compostos seriam rapidamente translocados para os estólons. Pesquisas devem ser realizadas para melhor compreensão deste fenômeno.

Por outro lado, a falta de resposta da produção à época de aplicação de P, embora tenha havido melhor aproveitamento do P aplicado aos 30 DAE, pode estar relacionado com as altas doses aplicadas, com as quais a produtividade esteve ao redor do máximo. Em virtude disto, pode-se especular que o efeito favorável do atraso da adubação, até 30 DAE, na eficiência da adubação, poderia ter sido mais bem visualizada com doses mais baixas do que 100 kg/ha de P_2O_5 .

CONCLUSÕES

1. A adubação com P aumentou ($P = 0,05$) a produtividade (de 19,9 a 37,7 t/ha) e a extração de P (de 9,7 a 24,2 kg/ha de P) pelos tubérculos; estes representaram ao redor de 77,5% do total de matéria seca e do P extraído pela planta.

2. A produtividade máxima foi obtida com 183 e 195 kg/ha de P_2O_5 aplicados no plantio e 30 DAE, respectivamente, não observando-se diferenças ($P = 0,05$) entre as épocas de aplicação de P.

3. Até os 75 DAE, a extração de P pela parte aérea acompanhou a acumulação de matéria seca, alcançando o máximo (5,5 kg/ha de P) ao redor dos 60 DAE a partir do qual, até a colheita, a maior acumulação de P (de treze a 17,8 kg/ha de P) ocorreu nos tubérculos.

4. Na parte aérea, aos 75 DAE, a percentagem de P proveniente do fertilizante, no tratamento adubado os 30 DAE (52,1%), superou significativamente à adubação no plantio (21,8%), correspondendo a uma eficiência de utilização do P-fertilizante de 2,36% e 0,82%, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos técnicos Gladys Chavarro e Alberto Tarazona e aos auxiliares Alvaro Zamora e Benjamin Olmos do IAN, o apoio na condução do experimento e análise radioisotópicas.

REFERÊNCIAS

- APPELT, H. & SCHALSCHA, E. Effect of added phosphate on the inorganic phosphorus fractions of soils derived from volcanic ash. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 34:599-602, 1970.
- BOOCK, O.J. & CASTRO, J.B. de. Efeito do nitrogênio, fósforo e potássio na adubação da batatinha (*Solanum tuberosum* L.). *Bragantia*, 10:221-33, 1950.
- BOOCK, O.J. & FREIRE, E.S. Adubação da batatinha, experiência com doses crescentes de fósforo. *Bragantia*, 19:369-91, 1960.
- BOOCK, O.J.; KUPPER, A.; SALES, J.M. Adubação mineral para a batatinha (*Solanum tuberosum* L.); influência dos elementos N, P e K em solos ricos em matéria orgânica do Vale do Paraíba. *Bragantia*, 11: 211-22, 1951.
- CALHOUN, F.G.; CARLISLE, V.W.; LUNA, Z.C. Properties and genesis of selected Colombian andosols. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 36:480-5, 1972.
- DÍAS, C.A. de C. Adubação da batatinha. Campinas, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1969. 17p. (Boletim técnico, 45)

- FAO. Land and Water Development Division, Roma, Italia. *Fertilizer and plant nutrition guide*. Roma, 1984. 176p. (Boletim, 9)
- FASSBENDER, H.W. Deficiencia y fijación de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas en América Central. In: PANEL SOBRE SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS EN AMÉRICA LATINA, Turrialba, 1969. *Anales*. Turrialba, IICA, 1969b. p.B.4-1 - B.4.10.
- FASSBENDER, H.W. Estudio del fósforo en suelos de América Central. IV. Capacidad de fijación de fósforo y su relación con características edáficas. *Turrialba*, 19(4):497-505, 1969a.
- FASSBENDER, H.W. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba, IICA, 1975. 398p.
- FREIRE, F.M.; MARTINS FILHO, C.A.S.; MONNERAT, P.E. Nutrição mineral e adubação da batata. *Inf. agropec.*, 7(76):24-30, 1981.
- FRIEND, M.T. & BIRCH, H.F. Phosphate responses in relation to soil test and organic phosphorus. *J. Agric. Sci.*, 54:341-7, 1960.
- GALRÃO, E.Z. Adubação da batatinha em solos de cerrado. *Cerrado*, 5(20):9, 1973.
- GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G.; GALLO, J.R.; NÓBREGA, S. de A. Absorção de nutrientes pela batatinha. *Bragantia*, 22:267-90, 1963.
- GOMES, A.G. & FREIRE, E.S. Adubação da batatinha no Vale do Paraíba; experiências com doses crescentes de N, P e K. *Bragantia*, 21:123-41, 1962.
- HAWKINS, A. Rate of absorption and translocation of mineral nutrients by potatoes in Aroostook County, Maine, and their relation to fertilizer practices. *J. Am. Soc. Agron.*, 38:667-81, 1946.
- HILL, J. The remobilization of nutrients from leaves. *J. Plant Nutr.*, 2(4):407-44, 1980.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Viena, Austria. *Tracer manual on crops and soils*. Viena, 1976. 129p. (Technical reports series, 171)
- MUÑOZ, A.R. & WIECZORECK, P.A. Fertilización de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en los suelos andosoles del Departamento de Nariño, Colombia. *Rev. Inst. Colomb. Agropecu.*, 13(3):473-84, 1978.
- OMATOSO, T.I. Organic phosphorus contents of some cocoa growing soils of Southern Nigeria. *Soil Sci.*, 112:195-9, 1971.
- PINO, N.I. Fósforo en suelos volcánicos. In: REUNIÓN DE ESPECIALISTAS EN SUELOS VOLCÁNICOS, Santiago, 1982. *Anales*. Santiago, Universidad de Chile, 1982. p.121-49.
- RAIJ, B. van; CABALA ROSAND, P.F.; LOBATO, E. Adubação fosfatada no Brasil; apreciação geral, conclusões e recomendações. In: OLIVEIRA, A.J. de; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W.J., ed. *Adubação fosfatada no Brasil*. Brasília, EMBRAPA-DID, 1982. p.9-28.
- SANCHEZ, P.A. *Properties and management of soils in the tropics*. New York, J. Wiley, 1976. 618p.
- VILLAGARCÍA, S.; MEYER, R.; URQUIAGA, S. Resultados de ensayos de invernadero y de campo sobre fertilización y nutrición mineral del cultivo de papa; nutrición fosfatada - período 1975-1977. Lima, Centro Internacional de la Papa, 1978. 120p.