

ABSORÇÃO E DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO PARA SUÍNOS, BASEADA NA DILUIÇÃO DE RADIOFÓSFORO (^{32}P)¹

CLÁUDIO BELLAVER², PAULO CEZAR GOMES³ e DALTON L. SANTOS⁴

RESUMO - O fósforo tem função metabólica extremamente importante para o crescimento animal. É um dos minerais mais caros na formulação de rações, necessitando, desta forma, que a sua suplementação seja exata, para diminuir os custos. Este experimento visou mensurar a disponibilidade do P de uma dieta basal de milho e soja, com e sem suplementação de P inorgânico. Foram utilizados 16 suínos machos castrados, divididos em dois tratamentos. A técnica usada foi a diluição de isótopos; o P usado foi o fosfato de sódio ($\text{Na}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$). Os tratamentos, com e sem suplementação de P, apresentaram, respectivamente, os seguintes valores: absorção verdadeira, 2,50 e 1,90; disponibilidade verdadeira, 45,86 e 48,22%; ganho médio diário, 0,513 e 0,450 kg; consumo diário de alimento, 1,110 e 1,135 kg; e consumo diário do P, 3,44 e 3,97 g. A disponibilidade do P obtida para o fosfato bicálcico foi de 101,93% e a retenção de P absorvido foi de 96,28% e 96,79% para os respectivos tratamentos. Conclui-se que o P está sendo subestimado em sua taxa de absorção para dietas de milho e soja, e que a disponibilidade do P no fosfato bicálcico foi alta.

Termos para indexação: diluição de isótopos, metabolismo.

ABSORPTION AND AVAILABILITY OF PHOSPHORUS FOR PIGS BASED ON DILUTION OF RADIOPHOSPHORUS (^{32}P)

ABSTRACT - The phosphorus metabolic function is extremely important for the animal's growth. The participation of P in the cost of rations is very high and this is one of the reasons to determine the exact amount needed in the rations to decrease the cost of formulation. This experiment was carried out aiming to measure the availability of P in a corn and soybean meal basal diet with and without supplementation of inorganic P. The technique used was the dilution of isotopes, and the P used was the sodium phosphate ($\text{Na}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$). The treatments with and without supplementary P presented respectively the following values: true absorption, 2.50 and 1.90 g; true availability, 45.86 and 48.22%; average daily gain, 0.513 and 0.450 kg; daily feed intake, 1.110 and 1.135 kg; and daily P consumption, 3.44 and 3.97 g. The P availability obtained for the bicalcium phosphate was 101.93% and the retention of the absorbed P was of 96.28% and 96.79% for the same treatments respectively. It was concluded that the P has been underestimated in the formulation of diets based on corn soybean meal, and the availability of P in the bicalcium phosphate was high.

Index terms: isotopic dilution, metabolism.

INTRODUÇÃO

O fósforo intervém em muitas funções metabólicas, sendo, extremamente importante que seja oferecido em níveis satisfatórios, para que os suínos cresçam rápido, com boa conversão alimentar e estrutura óssea. Além disso, é um dos ingredientes que mais onera a formulação de rações, necessitando de uma correta suplementação para evitar o custo elevado e desnecessário.

As recomendações para o fornecimento de quantidades adequadas de um determinado mine-

ral são, na maioria das vezes, confundidas, pois a exigência varia em função do animal, da dieta e de fatores ambientais (Partridge 1980).

O cálculo de rações para suínos, geralmente, baseia-se no National Research Council (1979), no qual a estimativa apresentada é para fósforo total, sugerindo que há uma incompleta utilização do fósforo fítico.

A taxa de absorção do fósforo, ou disponibilidade, é bastante variável (18% a 60%), como mostra a revisão de Peeler (1972). Entretanto, são poucos os dados existentes sobre a disponibilidade de fósforo e esta varia em função dos alimentos e do próprio método utilizado.

Bayley & Thomson (1969), Viperman Junior et al. (1974) e Bayley et al. (1975), baseados na digestibilidade aparente do fósforo de dietas de milho e farelo de soja, apresentam valores na faixa de 19 a

¹ Aceito para publicação em 2 de setembro de 1983.

² Méd.- Vet., M.Sc., EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (CNPISA), Caixa Postal D-3, CEP 89700 - Concórdia, SC.

³ Eng.^o - Agr.^o, M.Sc., EMBRAPA/CNPISA.

⁴ Bolsista, Convênio EMBRAPA/CNPq, Caixa Postal D-3, CEP 89700 - Concórdia, SC.

36% para dietas fareladas e 29 a 43% para dietas peletizadas. Por outro lado, a peletização não melhorou a disponibilidade nos trabalhos conduzidos por Corley et al. (1979) e Trotter & Allee (1979). Outras técnicas têm sido usadas, como a de regressão obtida com uma dieta padrão comparada à regressão de uma dieta contendo o ingrediente teste (Nelson & Walker 1964, Hurwitz 1964, Nwokolo et al. 1976 e Okonkwo et al. 1979). Entretanto, todas elas levam em conta apenas a absorção aparente e, por isto, subestimam o valor real, ou ainda, utilizam parte das dietas em estudo com ingrediente purificado.

O objetivo deste experimento foi medir a absorção e a disponibilidade do fósforo em uma dieta basal, composta de milho e farelo de soja, com e sem suplementação de fósforo inorgânico, bem como a disponibilidade de fósforo do fosfato bicálcico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no CNPSA durante o mês de novembro de 1982, utilizando 16 animais mestiços, Landrace x Large White, castrados, distribuídos, ao acaso, nos tratamentos constituídos por ração basal com suplementação de fósforo e ração basal sem suplementação de fósforo. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com oito repetições por tratamento, cujas médias foram comparadas pelo teste t. Na Tabela 1, é apresentada a composição proximal das dietas. Os animais pesavam, ao início do teste, 29,93 e 29,53 kg nos tratamentos com e sem suplementação de fósforo, respectivamente. O fornecimento de água e ração foi feito com base no peso metabólico dos animais sendo as rações peletizadas, fornecidas duas vezes ao dia, durante todos os períodos de estudo. Os animais permaneceram quatorze dias pré-experimentais em baias e quatorze dias em gaiolas, sendo sete dias em adaptação às gaiolas e sete dias em período experimental, sempre com as dietas correspondentes.

No primeiro dia do período experimental, os animais receberam uma dose correspondente a 500 μ Ci de 32 P por suíno, na forma de fosfato de sódio ($\text{Na}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$), livre de carregador. Nos últimos cinco dias deste período, procedeu-se a coleta total de fezes e urina, de acordo com Partridge (1982)⁵. Na metade deste período, coletaram-se amostras de sangue na veia cava anterior dos animais e separou-se o soro por centrifugação durante cinco minutos a 2.000 rpm.

A atividade específica das fezes, urina e soro foi medida em cintilador líquido da marca Nuclear Chicago, tendo como diluente a solução cintiladora POPOP (1, 4-di-{2-5-fenil oxazolil} benzeno).

TABELA 1. Composição percentual e química das rações experimentais.

Ingrediente	Com fósforo suplementar	Sem fósforo suplementar
Milho amarelo %	75,32	75,32
Farelo de soja %	22,00	22,00
Fosfato bicálcico %	0,75	-
Casca de arroz %	-	0,75
Calcário %	1,03	1,03
Sal (NaCl) %	0,40	0,40
Mistura mineral* %	0,20	0,20
Mistura vitamínica** %	0,30	0,30
Furamizol ppm	120	120
Virginiamicina ppm	22	22
Valores analisados (%)		
Proteína bruta	16,10	16,10
Fibra bruta	2,42	2,40
Extrato etéreo	2,94	3,00
Cálcio	0,59	0,42
Fósforo	0,49	0,35

* Os minerais foram supridos nos seguintes níveis em mg/kg de dieta: Zn 55; Cu 125; Mn 2; Se 0,15 e I 0,14.

** As vitaminas fornecidas por kg de dieta foram: vit A 3900 UI; vit D₃ 400 UI; vit E 11 UI; vit K 2 mg; vit B₂ 2,6 mg; vit B₆ 1,1 mg; vit B₁₂ 11 μ g; niacina 14,0 mg; ácido pantotênico 11 mg; colina 700 mg; tiamina 1,1 mg; biotina 0,1 mg; e ácido fólico 0,6 mg.

As análises de cálcio e fósforo das fezes, urina e soro foram realizadas de acordo com as técnicas do Association of Official Analytical Chemists (1970).

Ao final do experimento, todos os animais foram sacrificados e enterrados.

Os procedimentos padrões adotados neste trabalho baseiam-se nos princípios previamente estudados por Kleiber et al. (1951), Comar et al. (1953), Visek et al. (1953, Gueguen (1962), Besançon & Gueguen (1969) e Partridge (1982)⁵. O método de diluição de isótopos baseia-se no princípio do fracionamento do mineral contido nas fezes, em inabsorvido e endógeno.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 2, evidencia-se o consumo diário de fósforo, que foi de 5,44 g no tratamento com fósforo e 3,97 no tratamento sem fósforo suplementar. Por sua vez, a absorção e as disponibilidades

⁵ Partridge, I. Comunicação pessoal. Reading, 1982.

TABELA 2. Resultados do metabolismo de dietas compostas por milho e farelo de soja, com e sem suplementação de fósforo inorgânico.

Variáveis	Com fósforo suplementar*	Sem fósforo suplementar	Coefficiente de variação (%)
Absorção verdadeira g	2,50 ^a	1,90 ^b	18,98
Disponibilidade verdadeira %	45,86 ^a	48,22 ^a	10,35
Ganho médio diário no período de coleta kg	0,513 ^a	0,450 ^a	21,67
Consumo diário de alimento kg	1,110	1,135	7,11
Consumo diário de fósforo g	5,44	3,97	17,20
Consumo diário de Ca g	6,55	4,77	-

* Médias na mesma linha, com diferentes letras superescritas, diferem a 1% de probabilidade pelo teste t de Student.

verdadeiras foram de 2,50 g e 45,86%; e 1,90 g e 48,22%, para os mesmos tratamentos.

Nota-se que, na ausência de suplementação do fósforo aos animais, houve um aumento não-significativo ($P > 0,01$) na disponibilidade (porcentagem de absorção). Segundo Partridge (1982)⁵, assume-se que, com um suprimento subótimo, a quantidade absorvida é a máxima. Resultados semelhantes a estes foram encontrados por Kleiber et al. (1951). Assim, uma dieta de milho e farelo de soja, atendendo às exigências no National Research Council (1979) para animais em crescimento, com ração peletizada e consumo baseado no peso metabólico, a disponibilidade de fósforo (fítico e não-fítico) encontrada foi de 48,22%. O resultado de 48,22% de disponibilidade de fósforo dos cereais da ração sem fósforo suplementar aproxima-se da taxa encontrada por Gueguen et al. (1968), a qual foi de 50%.

Tendo em conta os valores absorvidos de fósforo em ambas as rações, o consumo diário de alimento e a disponibilidade da ração basal sem suplementação de fósforo, chega-se, por fracionamento, ao percentual de disponibilidade de fósforo do fosfato bicálcico, que foi de 101,93%. Este valor sugere duas situações: a primeira é de que há uma maior reabsorção de fósforo, pois os valores de fósforo endógeno diário são baixos (0,153 e 0,123 g/dia para os tratamentos com e sem fósforo suplementar, respectivamente); e a segunda é de que a quantidade de fósforo suplementar fornecido não foi suficiente para atender à exigência do animal. Partridge (1982)⁵ encontrou uma taxa de 110% para a disponibilidade do fósforo do fos-

fato bicálcico, trabalhando com dietas de mesmos níveis de fósforo e semelhante metodologia. Nelson & Walker (1964) encontraram valores biológicos para o fósforo situados na faixa de 91 a 104% em relação ao fosfato bicálcico.

Segundo Low (1980), as diferenças na absorção de fósforo pelo suíno devem-se à idade do animal e à fonte dietética de fósforo. Com relação à fonte, sabe-se que 67% do fósforo de ingredientes para rações é oriundo do fitato de fósforo (Nelson et al. 1968). Este valor é importante, pois o ácido fítico contido no fitato natural tem a capacidade de quelar outros minerais, como, por exemplo, o cálcio. Nelson et al. (1967) admitem que 1% de ácido fítico pode quelar 0,36% de cálcio. Assim, os níveis de cálcio devem ser incrementados e, por consequência, a relação cálcio: fósforo deve ser mantida. Outra hipótese para relacionar a diferença entre a absorção de fósforo fítico e inorgânico, é que o local de absorção do fósforo e do cálcio no trato digestivo de suínos é a região compreendida entre o duodeno e íleo (Partridge 1978). Nesta região, a ocorrência de microflora bacteriana é menor do que no cécum e cólon; por isto, a causa da menor absorção pode estar relacionada com a ausência de bactérias.

Evidencia-se, através da Tabela 3, que o percentual de fósforo retido, em relação ao absorvido, é elevado em ambos os tratamentos (96,28% e 96,79%, o que possibilita supor que o nível de fósforo proporcionado em ambas as dietas foi insuficiente, ou seja, o fósforo não foi eliminado da urina em grandes quantidades e, nas fezes, a contri-

TABELA 3. Influência da quantidade de fósforo alimentar sobre o metabolismo do fósforo.

Tratamentos	P absorvido do ingerido (%)	P retido do ingerido (%)	P retido do absorvido (%)	P urinário em relação ao ingerido (%)
A	45,86	44,15	96,28	1,71
B	48,22	46,67	96,79	1,54

A = Ração basal, com suplementação de fósforo.

B = Ração basal, sem suplementação de fósforo.

buição endógena foi pequena; portanto, a retenção foi próxima da máxima. Os valores encontrados para a percentagem de fósforo retido em relação ao absorvido são superiores em cerca de 20% ao valor encontrado por Gueguen et al. (1968), e semelhantes aos resultados de Partridge (1982)⁵.

O efeito do fósforo sobre o ganho médio diário dos suínos não foi significativo ($P > 0,05$).

CONCLUSÕES

1. O fósforo contido numa dieta basal de milho e farelo de soja, suplementada com minerais (exceto o fósforo) e vitaminas, apresentou 48,22% de disponibilidade.

2. O valor de disponibilidade do fósforo para dietas de milho e soja é subestimado na maioria dos trabalhos realizados.

3. As quantidades de fósforo supridas pelas dietas foram insuficientes para satisfazer as exigências dos suínos.

4. O fósforo do fosfato bicálcico apresentou alta disponibilidade, (101,93%) confirmando dados da literatura.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Prof. José Carlos Barbério, da Universidade de São Paulo, pelas sugestões e facilidade na execução das análises de atividade específica.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, Washington, EUA. Official methods of analysis. 13.ed. Washington, DC., 1970. 1018p.
- BAYLEY, H.S.; POS, J. & THOMSON, R.G. Influence of steam pelleting and dietary calcium level on the utilization of phosphorus by the pig. *J. Anim. Sci.*, 40: 857, 1975.
- BAYLEY, H.S. & THOMSON, R.G. Phosphorus requirements of growing pigs and effect of steam pelleting on phosphorus availability. *J. Anim. Sci.*, 28(4): 484-91, 1969.
- BESANÇON, P. & GUEGUEN, L. Les principales voies du métabolisme calcique chez le porc en croissance. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 9(4):537-53, 1969.
- COMAR, C.L.; MONROE, R.A.; VISEK, W.J. & HANSARD, S.L. Comparison of two isotope methods for determination of endogenous fecal calcium. *J. Nutr.*, 50:459-67, 1953.
- CORLEY, J.R.; BAKER, D.H. & HEASTER, R.A. Biological availability of phosphorus in rice bran and wheat bran as affected by pelleting. *J. Anim. Sci.*, 49(suppl. 1):77, 1979.
- GUEGUEN, L. L'utilisation digestive réelle du phosphore du foin de luzerne par le mounton mesurée à l'aide de ³²P. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 2(2): 143-9, 1962.
- GUEGUEN, L.; BESANÇON, P. & RERART, A. Utilisation digestive, cinétique de l'absorption et efficacité de la rétention du phosphore phytique chez le porc. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 8(2):273-80, 1968.
- HURWITZ, S. Estimation of net phosphorus utilization by the "Slope" method. *J. Nutr.*, 84:83-92, 1964.
- KLEIBER, M.; SMITH, A.H.; RALSTON, N.P. & BLACK, A.L. Radiophosphorus (P 32) as tracer for measuring endogenous phosphorus in cow's feces. *J. Nutr.*, 45:253-63, 1951.
- LOW, A.G. Nutrient absorption in pigs. *J. Sci. Food. Agric.*, 31(11):1087-130, 1980.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Swine Nutrition, Washington, EUA. Nutrient requirements of swine. 8.ed. Washington, National Academy of Sciences, 1979. 52p.
- NELSON, T.S.; FERRARA, L.W. & STORER, N.L. Phytate phosphorus content of feed ingredients derived from plants. *Poul. Sci.*, 47(4):1372-4, 1968.
- NELSON, T.S.; MCGILLIVRAY, J.J.; SHIEH, T.R.; WODZINSKI, R.J. & WARE, J.H. The effect of vitamin D₃ and natural phytate on the utilization of calcium by the chick. *Poul. Sci.*, 46(5):1299, 1967.

- NELSON, S.T. & WALKER, A.C. The biological evaluation of phosphorus compounds. *Poul. Sci.*, 43(1): 94-8, 1964.
- NWOKOLO, E.N.; BRAGG, D.B. & KITTS, W.D. A method for estimating the mineral availability in feedstuffs. *Poul. Sci.*, 55(6): 2217-21, 1976.
- OKONKWO, A.C.; KU, P.K.; MILLER, E.R.; KEAHEY, K.K. & ULLREY, D.E. Copper requirement of baby pigs fed purified diets. *J. Nutr.*, 106(6): 939-48, 1979.
- PARTRIDGE, I.G. Mineral nutrition of the pig. *Proc. Nutr. Soc.*, 39(2): 185-92, 1980.
- PARTRIDGE, I.G. Studies on digestion and absorption in the intestines of growing pigs. 3. Net movements of mineral nutrients in the digestive tract. *Br. J. Nutr.*, 39(3): 527-37, 1978.
- PEELER, H.T. Biological availability of nutrients in feeds: availability of major mineral ions. *J. Anim. Sci.*, 35(3): 699-712, 1972.
- TROTTER, M. & ALLEE, G.L. Effects of steam pelleting and studing sorghum grain-soybean meal diets on phosphorus availability for swine. *J. Anim. Sci.*, 49(suppl. 1): 255, 1979.
- VIPPERMAN JUNIOR, P.E.; PEO JUNIOR, E.R. & CUNNINGHAM, P.J. Effects of dietary calcium and phosphorus and level upon calcium phosphorus and nitrogen balance in swine. *J. Anim. Sci.*, 38: 758, 1974.
- WISEK, W.J.; MONROE, R.A.; SWANSON, E.W. & COMAR, C.L. Determination of endogenous fecal calcium in cattle by a simple isotope dilution method. *J. Nutr.*, 50: 23-33, 1953.