

## 添加植酸酶对仔猪生长和营养物质回肠 表观消化率的影响

计成 蔡青和 岳洪源

(中国农业大学 动物科技学院,北京 100094)

**摘要** 选择 28 日龄断奶的二元杂交(长白 × 大约克,平均体重  $7.5 \pm 0.5$  kg)的仔猪 40 头,研究断奶仔猪日粮添加植酸酶对生长和营养物质回肠表观消化率的影响。结果表明,玉米豆粕型日粮中添加植酸酶降低了断奶仔猪的采食量(下降 9.8%,  $P < 0.06$ ),日增重和饲料效率影响不显著( $P > 0.05$ );提高了日粮中干物质、能量、蛋白质的消化率分别为 3.4%、2.6%和 2.8% ( $P > 0.05$ );提高了钙和磷的回肠表观消化率分别为 14.5% ( $P < 0.05$ )和 4.8% ( $P < 0.12$ );也提高了大部分必需氨基酸的回肠表观消化率,His(+11.7%)、Ile(+2.7%)、Leu(+6.2%)、Lys(+5.4%)、Met(+1.1%),但差异不显著( $P > 0.05$ )。总之,低磷日粮中添加植酸酶( $300 \text{ U} \cdot \text{kg}^{-1}$ )对断奶仔猪生长性能没有影响,但改善了回肠营养物质(尤其是钙与磷)的表观消化率。

**关键词** 仔猪;植酸酶;生长性能;回肠表观消化率

中图分类号 S 816.7

文章编号 1007-4333(2003)01-0087-04

文献标识码 A

## Effect of phytase supplementation on growth performance and apparent ileal digestibility in weaned pigs

Ji Cheng, Cai Qinghe, Yue Hongyuan

(College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

**Abstract** Fourty weaned pigs (Landrace × Yorkshire, 4 weeks old, average body weight ( $7.5 \pm 0.5$ ) kg) were used in a 7-week experiment and assigned into two treatments (phytase supplementation and control) to evaluate phytase supplementation on growth performance and apparent ileal digestibility in weaned pigs. The results showed that addition of phytase reduced feed consumption ( $P < 0.06$ ), but average daily gain and feed conversion rate were not affected by feeding phytase ( $P > 0.05$ ). Phytase supplementation didn't significantly increase apparent ileal digestibilities of DM (+3.4%), gross energy (+2.6%), N (+2.8%) and most of amino acid ( $P > 0.05$ ), but increased the apparent ileal digestibilities of Ca (+14.5%,  $P < 0.05$ ) and P (+4.8%,  $P < 0.12$ ). It is concluded that addition of phytase in the diet of weaned pigs has no obvious effect on growth performance, but improves the apparent ileal digestibility, especially for calcium and phosphorus.

**Key words** weaned pig; phytase; growth performance; apparent ileal digestibility

猪和家禽对玉米和豆粕中的磷的利用率在 10%~30%<sup>[1,2]</sup>。研究报道<sup>[3,4]</sup>,植酸酶不仅可以提高生长和育肥猪对植酸磷的消化率,而且可以促进对蛋白质、氨基酸等营养物质的利用。但植酸酶对猪的影响不一致,是因受日粮类型、生理状态和酶的使用等多种因素的影响,而在断奶仔猪上添加植酸酶的报道更少。本研究以玉米豆粕型日粮为基础日粮,比较低磷日粮中添加植酸酶对断奶仔猪生长性能差异及探讨添加植酸酶对营养物质消化率的影响。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验设计

试验采用单因素随机区组设计,选择 28 日龄断

奶仔猪,平均体重( $7.5 \pm 0.5$ ) kg 的二元杂交猪(长白 × 大约克) 40 头,设对照组和低磷水平日粮 + 植酸酶组,每处理 5 个重复,每个重复内 4 头仔猪,于断奶当天按照体重相近、雌雄各半随机分组,设 7 d 预试期,于 35 日龄开始试验期,83 日龄时结束。

#### 1.2 试验日粮(表 1)

日粮是根据仔猪的生理特点,分 3 个阶段饲喂,28~41 日龄为 阶段,42~62 日龄为第 阶段,63~84 日龄为第 阶段。饲料配方参考 NRC(1988) 猪营养需要,并根据实际生产进行调整后配制。

#### 1.3 饲养管理

每个重复的仔猪饲养在同一圈内。仔猪定时喂

收稿日期:2002-05-30

作者简介:计成,教授,主要从事单胃动物营养研究,E-mail:jicheng@public.fhnet.net.cn,Tel:010-62892774

料(每日2次),自由饮水。供料前观察仔猪的有腹泻及健康状况,每日打扫圈舍卫生。

#### 1.4 测定指标

1) 体重 分别于28、41、62和83日龄的早晨7:30以重复为单位称重。

2) 耗料 称重当天结算阶段耗料情况。

3) 回肠营养物质表观消化率 根据指示剂法,于49日龄开始饲喂添加有0.25%Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的日粮,1周后从每个重复中挑选出1头体重居中的猪(为保证所取肠道有足够的食糜,在屠宰前7~9h开始饲

喂,并将一天的采食量分成4~5等分,间隔2h饲喂一次)。猪乙醚麻醉后,剖腹,取出回肠段(20cm左右)内的食糜,冷冻保存,并将食糜冻干后制备成风干样,按常规方法测定饲料和食糜中的中干物质、能量、氮、钙和磷的含量,氨基酸测定采用HPLC方法测定,比色法测定食糜和饲料中的铬(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)含量,计算营养物质回肠表观消化率。

某种营养物质的回肠表观消化率

$$= 100 - \frac{\text{食糜中某养分含量} \times \text{饲料中铬含量}}{\text{饲料中某养分含量} \times \text{食糜中铬含量}} \times 100\%$$

表1 试验日粮组成与营养成分分析表

Table 1 Composition and nutrient analysis of experiment diet

项目	日粮 (28~41日龄)		日粮 (42~62日龄)		日粮 (63~84日龄)	
	对照组	加酶组	对照组	加酶组	对照组	加酶组
日粮组成/(kg t <sup>-1</sup> )						
玉米	585.67	592.04	672.54	675.78	689.88	697.03
豆粕	206.60	205.38	172.08	171.45	197.12	195.75
膨化大豆	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
鱼粉	50.00	50.00	50.00	50.00	0.00	0.00
乳清粉	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00
麦麸	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
石粉	11.66	11.06	9.25	8.64	9.92	9.32
磷酸氢钙	5.11	0.55	4.64	0.09	8.20	3.63
赖氨酸	0.96	0.98	0.56	0.57	0.94	0.96
食盐	0.00	0.00	0.93	3.47	3.94	3.31
预混料	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
植酸酶	0.00	0.30	0.00	0.30	0.00	0.30
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.25	0.25	0.00	0.00
营养水平计算值(饲喂基础) w/ %						
CP	19.00	19.00	18.00	18.00	16.00	16.00
DE/(MJ kg <sup>-1</sup> )	3.23	3.25	3.24	3.25	3.23	3.23
Ca	0.85	0.75	0.70	0.60	0.60	0.50
AP	0.45	0.35	0.40	0.30	0.35	0.25
TP	0.63	0.53	0.58	0.48	0.54	0.44
Na	0.19	0.19	0.20	0.21	0.19	0.16
Lys	1.15	1.15	1.00	1.00	0.85	0.85
日粮的营养水平实测值(饲喂基础)/(kg t <sup>-1</sup> )						
CP	18.80	19.00	18.05	18.21	16.10	16.05
GE/(MJ kg <sup>-1</sup> )	4.01	4.00	4.03	4.03	4.02	4.02
Ca	0.86	0.74	0.71	0.61	0.61	0.51
TP	0.65	0.55	0.57	0.45	0.53	0.43
Lys	1.18	1.18	1.06	1.06	0.88	0.90

注: 试验所用植酸酶是罗氏公司提供。

#### 1.5 数据处理与分析

试验数据采用SAS(1996)进行t检验统计分析。

## 2 试验结果

### 2.1 添加植酸酶对断奶仔猪生产性能的影响(表2)

1) 采食量 添加植酸酶比对照降低了断奶仔

猪的采食量9.8%(827与750g·d<sup>-1</sup>, P<0.06)。

2) 日增重 加酶与对照相比,猪日增重下降11.1%(428与383g·d<sup>-1</sup>),但差异不显著(P>0.05)。

3) 饲料效率 添加植酸酶对断奶仔猪的饲料效率没有影响(P>0.05)。

表 2 添加植酸酶对仔猪采食量、日增重和饲料转化效率的影响

Table 2 Effect of addition of phytase on performance of weaned pig

仔猪日龄/d	对照组	低磷+植酸酶组	t 值
采食量/(g d <sup>-1</sup> )			
35~41	350 ±20	333 ±31	0.473 4
42~62	770 ±44	710 ±27	0.111 2
63~83	1 027 ±45	993 ±35	0.369 6
35~83	827 ±25 a	750 ±44 b	0.057 7
日增重(g d <sup>-1</sup> )			
35~41	236 ±32 a	182 ±31 b	0.105 3
42~62	423 ±26	376 ±31	0.116 9
63~83	527 ±25	483 ±30	0.124 1
35~83	428 ±43	383 ±20	0.176 1
饲料效率(F/G)			
35~41	1.50 ±0.12 a	1.84 ±0.19 b	0.051 4
42~62	1.83 ±0.09	1.90 ±0.13	0.496 8
63~83	1.95 ±0.01 a	2.05 ±0.08 b	0.084 5
35~83	1.93 ±0.04	1.96 ±0.11	0.522 6

注:表中数据表示  $X \pm SD$ , 数字后的字母不同表示  $P < 0.10$ 。

## 2.2 添加植酸酶对断奶仔猪营养物质回肠表观消化率(表 3)

1) 干物质和能量 断奶仔猪日粮中添加植酸酶,提高了日粮中干物质的消化率(+3.4%),但差异不显著( $P > 0.05$ )。提高了日粮的能量利用率(+2.6%),差异不显著( $P > 0.05$ )。

2) 蛋白质和氨基酸 增加了断奶仔猪对日粮中蛋白质的消化,消化率提高了 2.8%,差异不显著( $P > 0.05$ )。日粮中添加植酸酶,提高了大部分必需氨基酸的消化率(表 3),His(+11.7%),Ile(+2.7%),Leu(+6.2%),Lys(+5.4%),Met(+1.1%),但差异不显著( $P > 0.05$ )。非必需氨基酸的消化率得到了改善,Glu(+1.3%),Asp(+3.1%),Tyr(+4.8%),Cys(+5.9%),差异不显著( $P > 0.05$ )。

3) 钙和磷 显著提高了断奶仔猪钙的消化率(+14.5%)( $P < 0.05$ ),提高了磷的消化率(+4.8%),但差异不显著( $P < 0.12$ )。

## 3 讨论

1) 生产性能 研究表明<sup>[5~7]</sup>,断奶仔猪低磷日粮中添加植酸酶后,提高了日增重和采食量,饲料效率也有改善,但本试验结果与这一结果并不很一致:添加植酸酶后,仔猪的采食量有所下降(-9.8%),导致日增重也下降(-11.1%),但对饲料效率没有影响。这可能是由于试验日粮中有效磷水平过低

(0.35%),引起日粮的适口性变差,仔猪采食量下降,仔猪日粮中缺乏足够的磷,则引起生长速度的下降,因而对饲料利用效率没有影响。

表 3 添加植酸酶对仔猪营养物质回肠表观消化率的影响

Table 3 Effects of addition of phytase on weaned pig's apparent ileal digestibility

测定项目	对照组	低磷+植酸酶组	t 值
干物质	68.5 ±4.5	71.9 ±1.4	0.480 7
消化能	72.3 ±2.0	74.9 ±1.3	0.214 8
蛋白质	74.8 ±1.8	77.6 ±0.6	0.169 6
钙	30.8 ±2.8 a	45.3 ±2.7 b	0.034 3
磷	27.1 ±1.8	31.9 ±1.8	0.120 7
必需氨基酸			
Arg	90.8 ±5.7	89.0 ±2.5	0.731 1
His	67.7 ±2.3 a	79.4 ±1.8 b	0.029 9
Ile	77.1 ±2.4	79.8 ±2.0	0.345 0
Leu	67.7 ±2.3	73.9 ±2.3	0.112 8
Phe	82.4 ±3.0	81.4 ±1.9	0.731 7
Lys	72.8 ±2.5	78.2 ±2.6	0.174 0
Thr	77.6 ±2.8	77.3 ±3.7	0.925 7
Val	87.4 ±2.5	84.9 ±2.5	0.432 0
Met	79.4 ±1.5	80.5 ±2.1	0.594 1
非必需氨基酸			
Gly	75.7 ±0.2	75.5 ±0.8	0.773 5
Ser	83.1 ±1.8	79.1 ±2.3	0.191 1
Glu	81.7 ±2.8	83.0 ±1.8	0.640 4
Pro	74.9 ±1.8	70.3 ±3.1	0.213 6
Asp	74.2 ±3.2	77.3 ±3.1	0.424 1
Ala	78.9 ±1.5	77.8 ±2.5	0.643 9
Tyr	78.1 ±2.8	82.9 ±1.4	0.157 3
Cys	72.4 ±2.8	78.3 ±3.8	0.215 9

注:肩注字母不同表示  $P < 0.05$ 。

2) 消化率 添加植酸酶后,提高了断奶仔猪日粮中干物质、能量、蛋白质、钙的消化率,但差异不显著( $P > 0.05$ )。植酸盐能够结合蛋白质形成植酸盐-蛋白质复合物,使得蛋白质利用率下降<sup>[8]</sup>。添加植酸酶,提高了蛋白质的利用率。一般来说,添加微生物来源的植酸酶可以提高粗蛋白的回肠和总肠道消化率 2.3%~12.8%<sup>[9]</sup>。国内也有报道在断奶仔猪饲料中添加 500 U kg<sup>-1</sup>的植酸酶组与正常对照组相比,粗蛋白的消化率提高 1.0%<sup>[10]</sup>。Jongbloed 等<sup>[11]</sup>在综述 17 项试验后分析,添加微生物植酸酶可以提高蛋白质的消化率平均为(0.85 ±1.70)%。

在试验条件下,猪饲料中添加植酸酶可使总磷的消化率提高 9~24 个百分点,植酸利用率提高 50%~74%<sup>[5]</sup>。本试验中,添加植酸酶对磷消化率的提高幅度不大,也可能是与日粮中的植酸磷和添加的植酸酶的数量有关本试验添加的植酸酶数量为

300 U  $\text{kg}^{-1}$  日粮,有些偏低。在断奶仔猪饲料中添加植酸酶,与正常对照组相比,磷的消化率提高 3.2%,与本研究的结果较为一致。Yi<sup>[12]</sup>通过回归分析发现,仔猪饲料中需添加 676 U  $\text{kg}^{-1}$  植酸酶才能替代 1 g 无机磷。有研究报道<sup>[13]</sup>,在总磷水平为 0.54% 的对照组,降低总磷水平为 0.42% 的情况下,添加 125 U  $\text{kg}^{-1}$  植酸酶,体增重下降 8.0% (653 与 603 g),采食量下降 3.8% (980 与 943 g),饲料效率提高 0.06 (1.54 与 1.60)。磷的利用率增加 5% (38% 与 43%)。在添加 250 U  $\text{kg}^{-1}$  的植酸酶时,体增重下降 22.9% (653 与 519 g),采食量下降 8.7% (980 与 898 g),饲料效率提高 0.01 (1.54 与 1.55),磷的利用率增加 3% (38% 与 41%)。

添加植酸酶,显著提高了断奶仔猪钙的消化率 (+14.5%) ( $P < 0.05$ )。这是因为植酸分子能够在中性 pH 条件下螯合二价和三价阳离子形成不溶性的无机盐<sup>[13]</sup>。1 mol 的植酸分子在肠道环境下能结合 3~6 mol 钙,形成不溶性植酸盐。Kornegay 等<sup>[14]</sup>估计 500 U 的植酸酶的钙的等价值为 1.08 和 0.38 g,2 平均钙为 0.73 g (根据日增重、消化钙和第十肋骨灰分的含量)。Jongbloed 等<sup>[11]</sup>报道添加 500 U  $\text{kg}^{-1}$  植酸酶可以多提供磷 0.8 g 和钙 0.4~0.7 g。

体外研究表明<sup>[1]</sup>植酸盐能够结合游离氨基酸(尤其是赖氨酸),本试验中添加植酸酶改善了大部分必需氨基酸的消化率,如必需氨基酸中的 His, Leu, Lys 和非必需氨基酸中的 Asp, Tip 和 Cys。这表明添加植酸酶后,打破了植酸与氨基酸之间的结合,从而有更多的氨基酸被动物所利用。同样地, Kemme<sup>[15]</sup>报道了添加微生物来源的植酸酶 (900 U  $\text{kg}^{-1}$ ) 提高了氮和大部分氨基酸 (赖氨酸、色氨酸、异亮氨酸、苏氨酸) 的回肠表观消化率。

## 4 结 论

- 1) 低磷水平的玉米豆粕日粮中添加植酸酶 (300 U  $\text{kg}^{-1}$ ), 对断奶仔猪的生产性能无显著影响。
- 2) 断奶仔猪日粮添加植酸酶提高了日粮中干物质、能量、蛋白质、钙和磷的消化率, 提高了大部分必需氨基酸的消化率, 但差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

## 参 考 文 献

[1] Nelson T S. The utilization of phytate P by poultry, a review [J]. Poul Sci, 1967, 46: 862  
 [2] Jongbloed A W, Kemme P A. Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement

and environment: . Digestible phosphorus in feedstuffs from plant and animal origin [J]. Nether J Agri Sci, 1990, 38: 567  
 [3] Jongbloed A W, Mroz Z, Kemme P A. The effect of supplementary *Aspergillus niger* phytase in diets for pigs on concentration and apparent digestibility of dry matter, total phosphorus and phytic acid in different sections of the alimentary tract [J]. J Anim Sci, 1992, 70: 1159~1168  
 [4] Kornegay E T, Qian H. Replacement of inorganic phosphorus by microbial phytase for young pigs fed a corn soybean meal diet [J]. Brit J Nutr, 1996, 76: 563~578  
 [5] Lei X G, Ku P K, Miller E R, et al. Supplementing corn-soybean meal diets with microbial phytase linearly improves phytate phosphorus utilization by weanling pigs [J]. J Anim Sci, 1993, 71 (12): 3359~3367  
 [6] Beers S. Relative tussen dosering microbiel fytase en de verteerbaarheid van fosfor in twee verschillende startvoeders voor varkens [R]. Rapport I. V. V. O. 1992, Nr. 228, Lelystad  
 [7] Simons P C M, Versteegh H A J, Jongbloed A W, et al. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs [J]. Brit J Nutr, 1990, 64: 525~540  
 [8] Kornegay E T. Effectiveness of Natuphos phytase in improving the bioavailability of phosphorus and other nutrients in corn soybean meal diets for young pigs [A]. In: Coelho M B, Kornegay E T, eds. Phytase in Animal Nutrition and Waste Management [C]. BASF Corporation, Mount Olive, New Jersey, 1996a Corporation, Mount Olive, New Jersey, 1996d. 515~524  
 [9] Officer D I, Batterham, E S. Enzyme supplementation of Linnola meal [A]. Proceedings of Wollongbar Pig Industry Seminar on Feed Enzymes [C]. Queensland, 1992, 56~57  
 [10] Jongbloed A W, Kemme P A, Mroz Z, Jongbloed R. The effect of organic acids in diets for growing pigs on the efficacy of microbial phytase [A]. In: Coelho M B, Kornegay E T, eds. Phytase in Animal Nutrition and Waste Management [C]. BASF Corporation, Mount Olive, New Jersey, 1996d. 515~524  
 [11] Jongbloed A W, Kemme P A, Mroz Z. Phytase in swine rations: impact on nutrition and environment [A]. BASF Technical Symposium [C]. Des Moines, Iowa, January 29, 1996c. 44~69  
 [12] Yi Z, Kornegay E T. Sites of phytase activity in the gastrointestinal tract of young pigs [J]. Anim Feed Sci Tech, 1996, 61: 361~368  
 [13] Vohra P, Gray G A, Kratzer F H. Phytic acid-metal complexes [J]. Proc Soc Exp Bio Med, 1965, 120: 447  
 [14] Kornegay E T, Radcliffe J S, Denbow D M. Influence of Natuphos phytase on calcium bioavailability in plant ingredients and development of calcium equivalency values for swine and poultry [A]. In: Coelho M B, Kornegay E T, eds. Phytase in Animal Nutrition and Waste Management [C]. BASF Corporation, Mount Olive, New Jersey, 1996c. 419~434  
 [15] Kemme P A. Phytate and phytases in pig nutrition. Impact on nutrient digestibility and factors affecting phytase efficacy [D]. The Netherlands: University of Wageningen, 1998