

低磷加植酸酶日粮不同钙磷比对生长猪生产性能和血清学指标的影响

魏凤仙¹, 白献晓¹, 李绍钰¹, 舒畅², 王琳¹

(1. 河南省农业科学院畜牧兽医研究所, 河南 郑州 450002; 2. 河南省畜产品质量监测检验中心, 河南 郑州 450002)

摘要: 试验选择 90 头初始体重 20~30 kg 的长×大二元杂交猪, 随机分为 5 个处理(4 个试验组和 1 个对照组), 每个处理 3 个重复, 每个重复 6 头猪, 公母各占一半, 研究低磷加植酸酶日粮不同钙磷比对生长猪生长性能和血液指标的影响。结果表明: 钙总磷比值在 1.4~1.0:1 时, 生长猪的生产性能效果最好, 日增重、日采食量分别比对照组提高 8.4%, 10.8%, 统计分析差异显著($P < 0.05$); 钙总磷比为 1.4:1 时血清学指标最佳。

关键词: 玉米-豆粕-鱼粉型日粮; 生长猪; 植酸酶; 钙磷比; 生产性能; 血清指标

中图分类号: S828.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2007)05-0047-04

Effects of Calcium-phosphorus Ratio of Phytase+ Low Phosphorus Diets on the Growth Performance and Serum Biochemical Indices of Growing Swines

WEI Feng-xian¹, BAI Xian-xiao¹, LI Shao-yu¹, SHU Chang², WANG Lin-yi¹

(1. Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science, Henan Academy of Agriculture Sciences, Zhengzhou 450002, China; 2. Henan Animal Products Quality Supervising and Testing Center, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: 90 pigs (Large white × Landrace) weighed 20–30.0 kg (barrow: gilt = 1:1) were allotted randomly into 5 treatments with 3 replicates per treatment and 6 pigs per replicate to study the effects of different calcium-phosphorus ratio in diets with low phosphorus level and added phytase on the growth performance and serum biochemical indices of growing swines. The results showed that the performances of growing swine were the best when calcium is 1.4–1.0:1, the ADG and ADFI increased by 8.4% and 10.8%, respectively, compared with control group ($P < 0.05$). The serum biochemical indices indicated that the best calcium-phosphorus ratio was 1.4:1.

Key words: Corn-soybean meal-fish meal diet; Growing swine; Phytase; Calcium to phosphorus ratio; Performance; serum index

植酸及其盐广泛存在于植物性饲料中, 国内外大量的研究已经证明, 植酸及其盐能与多种营养素结合, 从而降低动物对它们的利用率, 抑制动物的生长, 增加粪便中氮、磷的排量, 污染环境^[1]。植酸酶能分解植酸, 离解植酸与各种营养素的结合, 提高它们的利用率, 改善动物生产性能及畜禽的胴体性状^[2–6]。

有研究表明, 植酸酶的作用效果受饲料中钙含量影响^[7,8]。Nelson 曾报道低钙日粮有利于磷的吸收, 因为钙和植酸结合形成沉淀, 影响植酸酶作用。目前, 国内虽有低磷加植酸酶日粮钙磷比变化影响到猪的生产性能及血液指标的报道, 却没有指出最

佳钙磷比例^[9,10], 本试验的目的在于降低饲料中磷水平 0.1% 同时加入植酸酶的基础上, 降低钙含量, 考察不同的钙磷比对生长猪生产性能和血液指标的影响, 寻求低磷加植酸酶日粮最佳的钙磷比例, 为生产中更好地应用植酸酶提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验设计

本试验共分为 5 个处理组: 处理 1(对照组): 钙水平 0.97%, 总磷水平为 0.6%, 有效磷水平 0.42%。处理 2: 0.97% 钙水平+ 低磷+ 130 g/t 植酸酶组。钙水平 0.97%, 总磷水平为 0.5%, 有效磷

收稿日期: 2006-12-27

基金项目: 河南省“十五”国家重大科技专项(2001BA804A30-09); 河南省科技攻关计划项目(0623032700)

作者简介: 魏凤仙(1973-), 女, 河南南阳人, 硕士, 主要从事动物营养与饲料方向的研究工作

通讯作者: 李绍钰(1965-), 男, 湖北麻城人, 研究员, 博士, 主要从事动物营养与饲料方向的研究工作。

水平 0.32%。处理 3: 0.89% 钙水平+ 低磷+ 130 g/t 植酸酶组。钙水平 0.89%, 总磷水平为 0.5%, 有效磷水平 0.32%。处理 4: 0.70% 钙水平+ 低磷+ 130 g/t 植酸酶组。钙水平 0.70%, 总磷水平为 0.5%, 有效磷水平 0.32%。处理 5: 0.50% 钙水平+ 低磷+ 130 g/t 植酸酶组。钙水平 0.50%, 总磷水平为 0.5%, 有效磷水平 0.32%。

1.2 试验日粮及养分含量

饲料配方是参照我国猪饲养标准并根据养猪实际稍做修改, 配方及其营养指标见表 1。试验用植酸酶为市售植酸酶, 每克产品中酶活 5 000 IU。

1.3 试验动物

试验选择健康、体重 20~ 30 kg 左右的长×大二元杂交猪 90 头, 公母各半, 随机均分在 5 个处理, 3 个重复中。各个处理之间初始体重经 F 检验, 差异不显著。

1.4 试验管理方案

1.4.1 试验方法 试验预饲期为 7 d, 正饲期 35 d。分别于试验开始和结束时称量并记录试验猪的初始体重和终体重, 记录试验期间各处理组总耗料, 计算

各试验组生长猪试验期间的平均日增重、平均日采食量、料肉比, 以备统计分析使用。

1.4.2 饲养管理 试验期间试验猪饲养管理采用常规饲养管理模式。试验猪按常规饲养管理程序进行驱虫和免疫, 采用干粉料日喂 3 次, 自由采食, 自由饮水。猪只发生病变或异常, 要及时处理并记录猪只耳号。

1.4.3 血液样品采集 试验结束前一天, 每个处理每个重复随机选取 1 头, 前腔静脉采血, 3 000 r/min 离心, 分离出血清, 放入 Eppendorf 管中, - 70℃冰箱中冷冻保存。

1.5 测定指标

1.5.1 生产性能 平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI)、料肉比(F/G)、饲料成本/增重(CPG)。

1.5.2 血清指标 血清钙(Ca)、血清磷(P)、血清碱性磷酸酶(AKP)、血清尿素氮(BUN)。

1.6 数据处理

试验数据用 Excel 进行数据计算处理, 运用 SPSS11.5 统计分析软件进行统计分析和多重比较。数据用平均值±标准差($\bar{X} \pm SD$)表示。

表 1 日粮组成及营养成分

Tab. 1 Composition and nutrient composition of diets

原料组成 Ingredients	处理 1 Treatment 1	处理 2 Treatment 2	处理 3 Treatment 3	处理 4 Treatment 4	处理 5 Treatment 5
玉米/ % Corn	67.00	67.00	67.00	67.00	67.00
豆粕/ % Soybean meal	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00
鱼粉/ % Fish meal	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
植物油/ % Pant oil	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
磷酸氢钙/ % Calicium phosphate	1.34	0.71	0.71	0.71	0.71
石粉/ % Limestone	1.32	1.70	1.47	0.95	0.39
食盐/ % Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
赖氨酸/ % L-lysine	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
1% 预混料 ^① / % Remix	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
麦饭石/ % Maifanishi	0.24	0.49	0.71	1.23	1.79
植酸酶/ (g/t) Phytase	0	130	130	130	130
合计/ % Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
单价/ (元/kg) Price	1.863	1.856	1.856	1.856	1.856
营养水平 Nutrient levels					
猪消化能/ % DE	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
粗蛋白质/ % CP	18.50	18.50	18.50	18.50	18.50
钙/ % Ca	0.97	0.97	0.89	0.70	0.50
总磷/ % TP	0.60	0.50	0.50	0.50	0.50
有效磷/ % AP	0.42	0.32	0.32	0.32	0.32
赖氨酸/ % L-lysine	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10

注: 每千克预混料含以下成分: 维生素 A 150 万 IU, 维生素 D₃ 20 万 IU, 维生素 E 2 700 IU, 维生素 K 220 mg, 维生素 B₁ 150 mg, 维生素 B₂ 500 mg, 维生素 B₃ 3 000 mg, 维生素 B₆ 150 mg, 维生素 B₁₂ 1.0 mg, 泛酸钙 1 100 mg, 生物素 15 mg, 叶酸 50 mg, 氯化胆碱 80 g, Mn 4 g, Zn 15 g, Cu 20 g, Fe 15 g, I 30 mg, Se 15 mg

Note: Premix provides per kilogram of diet: vitamin A, 1 500 000 IU; vitamin D₃, 200 000 IU; vitamin E, 2 700 IU; vitamin K, 220 mg; vitamin B₁, 150 mg; vitamin B₂, 500 mg; vitamin B₃, 3 000 mg; vitamin B₆, 150 mg; vitamin B₁₂, 1.0 mg; pantothenic acid, 1 100 mg; biotin, 15 mg; folic acid, 50 mg; Choline chloride, 80 g; Mn, 4 g; Zn, 15 g; Cu, 20 g; Fe, 15 g; I, 30 mg; Se, 15 mg

2 结果与分析

2.1 低磷加植酸酶日粮中不同钙磷比例对生长猪生长性能的影响

各处理组生产性能结果见表 2。从表 2 中可以

看出, 试验猪的平均日增重、日采食量及料肉比各处理组间差异显著($P < 0.05$), 甚至极显著($P < 0.01$)。平均日增重与日粮钙磷比呈二次曲线关系($y = 18.85x^2 - 50.198x + 695.04$, $R^2 = 0.8236$), 平均日采食量与日粮钙磷比呈二次曲线关系($y = 44.883x^2 -$

143.48x+1830.9, R²=0.851 5), 料肉比及单位增重成本也均和日粮钙磷比呈二次曲线关系。在本试验中当 Ca:P 为 1.0:1 (处理 5) 时生产性能最好, 不过料肉比及单位增重成本仍比对照组分别高 2.0%, 1.8%。

表 2 试验猪生产性能指标

Tab.2 performance of growing pigs				
处理 Treatments	平均日增重/g ADG	平均日采食量/g AFI	料肉比 FCR	单位增重饲料成本/(元/kg) Feed cost
处理 1 Treatment 1	724.43±25.60BCbc	1765.40±37.88abAB	2.44±0.08a	4.54±0.14a
处理 2 Treatment 2	674.60±24.00abAB	1751.13±52.31abAB	2.60±0.02b	4.82±0.04b
处理 3 Treatment 3	637.30±12.70aA	1666.83±55.78aA	2.61±0.14b	4.85±0.08b
处理 4 Treatment 4	746.83±14.57cBC	1860.97±50.85bcAB	2.49±0.02ab	4.62±0.04ab
处理 5 Treatment 5	784.93±9.34cC	1956.20±21.71cB	2.49±0.03ab	4.62±0.05ab

注: 同列小写字母不同表示差异显著(P<0.05), 大写字母不同表示差异极显著(P<0.01), 下同
Note: Means in the same column with different lowercase differ significantly(P<0.05), and Means with different capital letter the most differ significantly(P<0.01), the same as below

研究认为高钙刺激了肠道 pH 的上升, 从而抑制了微生物植酸酶的活性。富余的钙可能会直接通过竞争酶的活性位点抑制植酸酶的活性, 由于在低磷日粮中添加植酸酶提高了生长育肥猪对钙的表现消化率, 因此, 补充植酸酶可能会加剧高比例钙磷日粮所产生的负面影响^[7]。由于植酸可以和动物体内的消化酶结合影响营养素的消化率, 因此, 动物的生产性能下降, 加入植酸酶可以减少植酸和消化酶的结合, 因此可以改善养分的利用率, 进而改善动物生产性能, 试验表明加植酸酶日粮如果钙磷比降低, 可改善因去掉微量元素造成的猪生产性能的下降。试验表明日粮钙磷比例从 2.0:1 下降到 1.2:1 相当于提高 16% 的植酸酶活性, 可提高生产性能^[7], 而正常日粮钙水平影响植酸酶活性^[11]。在肉鸡上的试验认为低钙可以提高肉鸡小肠植酸酶活性, 随着植酸酶活性升高, 则植酸的降解率升高, 对内源酶的影响减少, 日粮中营养素消化率随之提高, 生产性能因此得到改善^[12], 本试验的结果印证了上述观点。而 Adeola 在用肥育猪试验时表明, 采食低磷加植酸酶日粮的猪只生产性能比对照组低, 但在所有加植酸酶的日粮中, 当钙磷比降低到 0.88:1 时, 其生产性能却比其他几个不同钙磷比组高^[13]。必须指出的是 Adeola 把日粮的磷含量降低 0.2%, 而本试验降低了 0.1%, 而且猪的生长阶段不同, 生长猪只是是否也可继续降低钙含量还有待于进一步研究探讨。是否在钙磷比 1.4:1 和 1:1 之间有一个钙磷比值更适合植酸酶发挥作用, 更利于生长猪生产性能的改善, 也有待进一步的探讨。

2.2 低磷加植酸酶日粮不同的钙磷比对生长猪血液生化指标的影响

各处理组血清中钙、磷、尿素氮、碱性磷酸酶含量见表 3。

表 3 血清中钙、磷、尿素氮、碱性磷酸酶含量

Tab.3 The contention of serum Ca, P, BUN, AKP				
处理 Treatments	血清钙/(mmol/L) Serum calcium	血清磷/(mg/dL) Serum phosphous	血清尿素氮/(mg/dL) BUN	血清碱性磷酸酶/(U/L) Serum AKP
处理 1 Treatment 1	2.45±0.01b	10.51±0.27	10.06±1.27	257.57±28.80
处理 2 Treatment 2	2.89±0.37b	10.22±1.00	10.11±0.73	241.00±17.54
处理 3 Treatment 3	2.91±0.13b	10.22±0.34	10.43±1.67	218.77±23.40
处理 4 Treatment 4	2.54±0.07b	10.86±0.22	9.03±0.60	212.57±6.09
处理 5 Treatment 5	1.59±0.26a	10.58±0.60	9.21±1.00	226.83±25.14

从表 3 可以看出, 各处理间除血清钙外, 其他各处理间差异不显著。随着日粮钙含量的降低, 血清钙含量有降低的趋势, 但比正常组高; 只有在钙磷比达到 0.5:0.5 (处理 5) 时, 血清钙才显著降低(P<0.05), 血清钙和日粮中的钙磷比呈二次曲线关系($y = -0.2425x^2 + 0.7855x + 2.3375$, R²=0.998 4)。血清磷、尿素氮含量均与日粮中钙磷比呈二次曲线关系。碱性磷酸酶含量随着日粮中钙水平的下降总体有下降趋势, 碱性磷酸酶与日粮钙磷比也呈二次曲线关系($y = 9.1225x^2 - 50.483x + 282.58$, R²=0.997 8)。

Qian 报道, 降低日粮钙磷比例从 2.0:1 到 1.2:1, 可降低血清钙水平, 随着钙磷比例的降低血清钙含量下降, 血清磷上升, 本试验结果印证了此结论。用仔猪试验表明添加植酸酶的日粮降低钙磷比例血清钙含量下降, 但血磷基本不变^[9]。用肥育猪试验表明, 当只降低日粮磷水平添加植酸酶会使猪只的血磷含量比对照组升高, 血钙降低; 当钙含量下降时血磷含量进一步得到提高, 当日粮钙降到钙总磷比为 0.3:0.34 血磷才显著降低, 血钙下降很少^[13], 这和本试验结果完全相反, 有可能是在肥育

猪阶段,猪骨骼中可以动用钙而保持了血钙含量,而本试验的是生长猪体内钙储备不足,当日粮钙下降时,虽然植酸酶添加可以提高血钙含量,但还是有降低趋势,尤其是在钙总磷比下降到 0.5:0.5 时更是显著下降,由于日粮钙含量下降可以提高植酸酶活性,因此磷利用率提高,血浆无机磷上升,从本试验可以看出植酸酶活性与日粮钙含量有很强的负相关性。

血清尿素氮浓度的高低反映饲料中蛋白质的利用状况,一般认为健康猪血清尿素氮浓度参考值为 8.00~24.00。本试验结果表明,随着日粮钙含量的降低,植酸酶活性提高,蛋白质利用率呈现上升趋势,血清中尿素氮浓度下降。在仔猪上的试验^[9]也得到和本试验类似的结果。但如果日粮蛋白质含量过高,超过动物营养需要时,血清尿素氮浓度也有可能升高,但不影响蛋白质利用率^[10]。

低磷日粮添加植酸酶降低了血清碱性磷酸酶含量^[14],本试验也得到了相同的结论。有报道认为对骨骼钙化, AKP 起着重要作用,没有 AKP 活力,钙化就不会发生, AKP 通过破坏钙化抑制剂,提高局部 PO_4^{3-} 浓度,启动钙化,而当钙化进一步增强时, AKP 活力会逐渐下降^[15]。研究认为成骨细胞增殖在骨骼生长亢进时,出现血清碱性磷酸酶活性升高,故未成熟动物的血清碱性磷酸酶活性较成年动物高,而且当动物患佝偻病、软骨病即缺钙、磷时 AKP 会异常升高^[16]。而有试验测定的仔猪(9 kg 左右) AKP 总体水平比本试验要高^[9],可能就是猪只生长阶段不同造成的。本试验中日粮钙磷比下降时, AKP 活性降低,说明植酸酶改善了钙磷的利用率;但是当日粮钙含量降低到钙总磷比为 0.5:0.5 时, AKP 又有所回升,说明此时动物可能达到了钙缺乏的边缘,这一点和血钙含量相一致,同时也证明上面关于 AKP 与钙、磷关系的叙述。在健康的动物体中,血清钙、磷含量及 AKP 活性表现三方面是一致的。

3 结论

只降低日粮中磷含量而保持钙水平不变添加植酸酶,并不能使动物的生产性能达到正常水平。随着低磷加植酸酶日粮中钙含量的降低,动物生产性能得到改善。当钙磷比在 1.4:1~1:1 时,动物生产性能最好。随着低磷加植酸酶日粮中钙含量的降低,血清磷、尿素氮、碱性磷酸酶都得到改善,而血清钙含量逐渐下降。在日粮钙总磷比为 1.4:1(0.70:

0.50) 时各血清学指标达到最佳。当钙总磷比为 1:1(0.50:0.50) 时,血清钙下降显著,可能已影响到生长猪体内的内源酶活性,导致血清尿素氮、碱性磷酸酶(AKP) 浓度有所上升。

参考文献:

- [1] 张若寒.植酸酶实用指南[M].北京:中国农业大学出版社,2001.
- [2] Lei X G, Ku P K. Supplementing corr soybean meal diets with microbial phytase linerly improves phytate phosphorus utilization by weanling pigs [J]. *Animal Science*, 1993, 71(12): 3368-3375.
- [3] Cromwell G L, Stahly T S, Coffey R D, *et al*. Efficacy of phytase in improving the bioavailability of phosphorus in soybean meal and corr soybean meal diets for pigs [J]. *Animal Science*, 1993, 71(7): 1831-1840.
- [4] 李祥,焦喜兰,李振田.高纤维日粮添加复合酶制剂对猪消化率与生产性能的影响[J].*河南农业科学*, 2006(9): 119-122.
- [5] Shelton L, Southern L L, LeMieux L M, *et al*. Effects of microbial phytase, low calcium and phosphorus, and removing the dietary trace mineral premix on carcass traits, pork quality, plasma metabolites, and tissue mineral content in growing finishing pigs [J]. *Animal Science*, 2004, 82: 2630-2639.
- [6] Mroz Z, Jongbloed A W, Kemme P A. Apparent digestibility and retention of nutrients bound to phytate complexes as influenced by microbial phytase and feeding regimen in pigs [J]. *Animal Science*, 1994, 72(1): 126-132.
- [7] Qian H, Kornegay E T, Conner D E. Adverse effects of wide calcium: phosphorus ratios on supplemental phytase efficacy for weanling pigs fed two dietary phosphorus levels [J]. *Animal Science*, 1996, 74: 1288-1297.
- [8] Liu J, Bollinger D W, Ledoux D R, *et al*. Lowering the dietary calcium to total phosphorus ratio increases phosphorus utilization in low phosphorus corr soybean meal diets supplemented with microbial phytase for growing finishing pigs [J]. *Animal Science*, 1998, 76(3): 808-813.
- [9] 陈文.植酸酶对仔猪饲粮能量和养分利用率影响的研究[D].雅安:四川农业大学,2002.
- [10] 王康宁,方热军.植物性饲料中植酸磷和植酸酶的研究进展[J].*中国饲料*, 2002(20): 4-6.
- [11] Lei X G, Ku P K, Miller E R, *et al*. Calcium level affects the efficacy of supplemental microbial phytase in corr soybean meal diets of weanling pigs [J]. *Animal Science*, 1994, 72(1): 139-143.
- [12] Applegate T J, Angel R, Clasen H L. Effect of dietary calcium, 25 Hydroxycholecalciferol, or bird strain on small intestinal phytase activity in broiler chickens [J]. *Poultry Science*, 2003, 82(7): 1140-1148.
- [13] Adeola O, Cline T R, Orban J I, *et al*. Supplementation of low calcium and low phosphorus diets with phytase and cholecalciferol [M] // *Purdue Swine Research Reports*. 1997-2002(1998): 105-112.
- [14] Young L G, Leunissen M, Athinson J L. Addition of microbial phytase to diets of young pigs [J]. *Animal Science*, 1993, 71(8): 2147-2150.
- [15] 刘侠,乐以伦.碱性磷酸酶与钙化[J].*中国生物医学工程学报*, 1997, 16(1): 70-88.
- [16] 刘燕强.碱性磷酸酶及其在兽医诊断中的价值[J].*内蒙古畜牧科学*, 1994(2): 23-26.