

# 不同肉鸡用植物性饲料总磷真利用率的测定

郑树贵, 栾新红, 董维国

(沈阳农业大学畜牧兽医学院, 辽宁 沈阳 110161)

**摘要:** 本试验利用无磷原料配制无磷饲料, 选择低磷原料配制基础饲料, 用一定比例待测植物性饲料替代基础饲料配制待测饲料, 通过平衡试验法测定了 35 日龄艾维茵肉仔鸡对玉米、豆粕、麦麸 3 种饲料原料的总磷真利用率。结果表明: 在控制饲料含磷量低于肉仔鸡的磷需要量, 研究饲料磷的最大利用率时, 肉仔鸡的内源磷排出量为  $(44.84 \pm 3.14)$  mg/d。玉米、豆粕和麦麸的总磷真利用率分别为  $(16.42 \pm 3.36)\%$ 、 $(28.34 \pm 4.90)\%$  和  $(46.48 \pm 4.29)\%$ 。利用总磷含量的 1/3 和非植酸磷含量估计肉鸡饲料有效磷并不准确。因麦麸本身含有高活性的植酸酶, 肉仔鸡可部分利用其植酸磷。

**关键词:** 平衡试验法; 肉仔鸡; 总磷真利用率

**中图分类号:** S831.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-5130(2007)02-0014-04

## Assessment of true availability of total phosphorus in different plant origin feedstuffs for broiler

ZHENG Shu-gui, LUAN Xin-hong, DONG Wei-guo

(College of Animal Husbandry & Veterinary Medicine, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

**Abstract:** Non-phosphorus diet was composed of non-phosphorus feedstuffs, and the basal diet was made of materials containing low-level phosphorus and replaced by determined feedstuffs in certain proportion to formulate the experimental diets in this experiment. The true availability of total phosphorus of corn, soybean meal and wheat bran was determined by balance experiment of 35-day-old Avian chicken broiler. The results were as follows: endogenous phosphorus excretion of chicken broiler was  $(44.84 \pm 3.14)$  mg/d when maximal availability of phosphorus of chicken broiler was assessed under the condition that available phosphorus was controlled below the level of chicken's phosphorus demand. The level of true availability of maize, soybean meal and wheat bran were  $(16.42 \pm 3.36)\%$ ,  $(28.34 \pm 4.90)\%$  and  $(46.48 \pm 4.29)\%$ , respectively. The available phosphorus could not be assessed accurately by one-third total phosphorus and non-phytate phosphorus. Phytate phosphorus of wheat bran could be utilized by chicken broilers because there was higher active phytase in it.

**Key words:** balance experiment; chicken broiler; true availability of total phosphorus

磷是动物必需的矿物元素, 有重要的生理功能。由于缺乏鸡用饲料有效磷数据, 养鸡生产上为了满足磷的营养需要, 饲料磷的添加量经常超过鸡的需要量。这不仅造成磷资源的浪费, 而且在集约化生产条件下大量磷的集中排出会造成环境污染, 引起土壤板结和水体富营养化。

评定磷营养价值的方法主要有斜率比法和平衡试验法。斜率比法测定相对于某利用率很高的磷酸盐的相对利用率, 该方法以骨尚未发育成熟的幼龄动物为试验动物, 其数据随参照物质的不同而不同。平衡试验法测定表观利用率或真利用率表证磷的生物有效性, 可以对各年龄段动物进行测定, 目前饲料有效磷评定多采用平衡试验法。Jongbloed<sup>[1]</sup>, Rodehutscoord<sup>[2]</sup>等分别测定了猪用饲料磷的表观消化率, 并组建数据库; Fan 等<sup>[3]</sup>创立梯度回归法测定猪用饲料磷真消化率; 刘显军<sup>[4]</sup>利

用平衡试验法对 3 种猪用饲料级磷酸盐磷的沉积率进行了测定。目前, 我国鸡用植物性饲料磷营养价值的评定停留在估测水平, 即将非植酸磷视为有效磷, 现行 NRC 公布的有效磷数据亦为非植酸磷。用科学方法准确评定鸡用饲料磷的利用率很有必要。本试验旨在以平衡法评定 3 种肉仔鸡用植物性饲料总磷真利用率, 为中国饲料数据库提供数据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 待测饲料

选择 3 种养鸡生产上最常用的植物性饲料原料作为待测饲料。所用玉米符合 GB10363-89 三级, 豆粕符合 GB10380-89 二级, 麦麸符合 GB10368-89 三级。玉米和麦麸产于辽宁省, 豆粕产于黑龙江省。

#### 1.2 试验饲料

配制 1 种无磷饲料、1 种基础饲料和 3 种待测饲料。无磷饲料由玉米淀粉、葡萄糖、纤维素及添加剂组成。基础饲料由无磷能量原料: 玉米淀粉、葡萄糖; 低磷蛋白质饲料: 血粉、

收稿日期: 2006-03-24

基金项目: 辽宁省教育厅科学研究计划资助项目 (2005362)。

作者简介: 郑树贵 (1972-), 男, 硕士。

玉米蛋白粉；无磷矿物质饲料：石粉、食盐组成。不足的氨基酸、维生素和微量矿物元素由合成氨基酸、维生素和微量元素预混料补充。待测植物性饲料玉米、豆粕、麦麸依次与基础饲料按 55 45；25 75；25 75 比例混合配制待测饲料，保证总磷的 70%以上来自被测含磷饲料原料，饲料非植酸磷含量低于

鸡的需要量（NRC）。饲料中钙的添加量依磷的水平而定，并维持钙 磷在 1.7 1。未达到营养标准的氯、钠、氨基酸、维生素、微量矿物元素分别由食盐、合成氨基酸、维生素和微量元素预混料平衡。基础饲料、无磷饲料和 3 种待测饲料的配方及营养水平见表 1 和表 2。

表 1 基础饲料和无磷饲料配方及营养水平

%

原料	含 量		营养成分	水 平	
	无磷饲料	基础饲料		无磷饲料	基础饲料
血粉	-	5.00	粗蛋白	-	17.95
玉米蛋白粉	-	22.00	钙	-	0.16
玉米淀粉	79.60	52.80	总磷	-	0.10
葡萄糖	15.00	10.00	粗纤维	2.50	2.48
DL-蛋氨酸	0.55	0.20	蛋氨酸	0.60	0.61
L-盐酸赖氨酸	1.05	0.40	赖氨酸	0.83	0.86
纤维素	2.50	-	钙/总磷	-	1.65
玉米芯	-	8.00			
石粉	-	0.30			
食盐	0.30	0.30			
预混料	1.00	1.00			

注：预混料含铁、锌、铜、锰、碘、硒分别为：9 000 mg/kg，5 000 mg/kg，900 mg/kg，7 000 mg/kg，400 mg/kg，200 mg/kg；维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 K 分别为 200 000 U/kg，50 000 U/kg，1 500 U/kg，60 mg/kg；硫酸素、核黄素、泛酸、烟酸、胆碱分别为 200 mg/kg，400 mg/kg，1 500 mg/kg，3 000 mg/kg，140 000 mg/kg；维生素 B12、叶酸、生物素分别为 1 mg/kg，60 mg/kg，20 mg/kg。

表 2 待测饲料配方及营养水平

%

	玉米饲料	豆粕饲料	麦麸饲料
玉米	55.00	-	-
豆粕	-	25.00	-
麦麸	-	-	25.00
基础料	42.70	73.80	73.30
DL-蛋氨酸	0.30	-	0.10
L-盐酸赖氨酸	0.50	-	0.10
碳酸钙 3	0.60	0.60	0.94
盐	0.30	0.31	0.30
预混料	0.60	0.29	0.26
合计	100.00	100.00	100.00
粗蛋白	11.74	24.69	17.84
钙	0.30	0.41	0.49
磷	0.18	0.24	0.29
钙 磷	1.70	1.70	1.70
粗纤维	1.94	2.84	3.83
蛋氨酸	0.68	0.61	0.59
赖氨酸	0.89	1.34	0.85
待测磷/总磷	77.30	71.20	75.80

注：同表 1。

### 1.3 试验设计

试验采用完全随机设计。选择年龄一致、体重相近、健康的 35 日龄艾维茵肉仔鸡 40 羽，单笼饲养，试验鸡随机分为 5 组，每组 8 羽，饲喂同种饲料。预饲期 3 d，自由饮水，自由采食相应试验饲料。随后准确禁食 48 h，在此期间每羽鸡每天

经饮水补饲葡萄糖 50 g。禁食结束后，每羽鸡强饲 50 g 相应饲料。强饲后，收集 48 h 的排泄物。收集物在 65℃ 烘箱内鼓风干燥，室内回潮 24 h，制备风干样品。

### 1.4 检测指标

测定待测饲料原料总磷、植酸磷含量及植酸酶活性，总磷的测定采用 GB/T6437-92 方法，植酸磷和植酸酶活性的测定采用霍启光<sup>[5]</sup>的方法，非植酸磷为总磷与植酸磷之差。

准确测定试验期试验鸡每日采食量、每日风干粪重、每日磷食入量和每日磷表观排出量和每日磷真排出量，计算饲料总磷真利用率、待测饲料原料总磷真利用率及真可利用磷。

### 1.5 数据处理

#### 1.5.1 饲料总磷真利用率的计算

磷真排出量 = 磷表观排出量 - 内源磷排出量

饲料总磷真利用率 (%) =  $\frac{\text{磷食入量} - \text{磷真排出量}}{\text{磷食入量}} \times 100\%$

#### 1.5.2 待测饲料原料总磷真利用率及真可利用磷的计算

待测饲料原料总磷真利用率的计算公式：

$$PID_{\text{待测饲料}} (\%) = \frac{PID_{\text{待测饲料}} - PID_{\text{基础饲料}}}{1 - PID_{\text{基础饲料}}} \times 100\%$$

其中：PID<sub>基础饲料</sub> 为基础饲料总磷真利用率，PID<sub>待测饲料</sub> 为待测饲料总磷真利用率，PID<sub>待测饲料</sub> 为待测饲料总磷真利用率，为待测饲料中基础饲料磷占待测饲料总磷比例<sup>[6]</sup>。

饲料真可利用磷 = 饲料总磷 × 饲料总磷真利用率

#### 1.5.3 统计分析

数据（其中饲料总磷真利用率进行平方根反正弦转换）

用 SPSS 10.0 统计软件进行方差分析 (ANOVA), 多重比较采用邓肯氏法 (Duncan)。试验数据以平均值  $\pm$  标准误表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 待测饲料原料总磷真利用率

正式试验期饲喂不同饲料每日磷摄入量、磷表观排出量、磷真排出量及总磷真利用率数据见表 3。数据表明, 试验鸡内

源磷排出量为  $(44.84 \pm 3.14)$  mg/d, 占总磷表观排出量的比例较大。3种植物性饲料原料玉米、豆粕、麦麸总磷真利用率分别为 16.42%, 28.34% 和 46.48%。其中麦麸总磷真利用率极显著高于豆粕和玉米 ( $P < 0.01$ ), 豆粕总磷真利用率极显著高于玉米 ( $P < 0.01$ )。表明肉仔鸡对麦麸磷的利用程度高, 豆粕居中, 玉米较差。

表 3 试验期磷的摄入量、排出量及总磷真利用率 ( $n=8$ )

饲料	磷摄入量 / $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$	磷表观排出量 / $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$	磷真排出量 / $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$	饲料总磷真利用率 / %	总磷真利用率 / %
无磷饲料	0	44.84 $\pm$ 3.14			
基础饲料	102.06 $\pm$ 1.68	113.16 $\pm$ 3.42	68.32 $\pm$ 3.42	33.08 $\pm$ 2.39	
基础 + 玉米	196.15 $\pm$ 0.49	199.33 $\pm$ 5.41	154.49 $\pm$ 5.41	21.19 $\pm$ 2.90	16.42 <sup>a</sup> $\pm$ 3.36
基础 + 豆粕	266.42 $\pm$ 0.84	230.83 $\pm$ 7.80	185.99 $\pm$ 7.80	30.19 $\pm$ 2.91	28.34 <sup>b</sup> $\pm$ 4.90
基础 + 麦麸	315.45 $\pm$ 1.93	226.92 $\pm$ 11.14	182.08 $\pm$ 11.14	42.11 $\pm$ 3.57	46.48 <sup>c</sup> $\pm$ 4.29

注: 表内数据为平均值  $\pm$  标准误, 同列肩标字母不相同者差异极显著 ( $P < 0.01$ )。

### 2.2 植物性饲料真可利用磷及其与总磷、非植酸磷的关系

3种植物性饲料真可利用磷含量以麦麸最高, 豆粕次之, 玉米最低 (见表 4)。对比玉米、豆粕、麦麸各种形式磷含量数据可见, 玉米和豆粕真可利用磷含量低于总磷含量的 1/3 和非植酸磷含量。麦麸真可利用磷含量高于总磷含量的 1/3 和非植酸磷含量。而麦麸植酸酶活性为 1108 U/kg, 约为玉米、豆粕的 10 倍, 表明因麦麸植酸酶活性高, 其植酸磷被肉仔鸡部分利用。

表 4 3种植物性饲料不同形式磷含量及植酸酶活性

饲料	玉米	豆粕	麦麸
干物质 / %	87.40	86.00	87.00
真可利用磷 / %	0.04	0.20	0.40
总磷 / %	0.25	0.69	0.87
1/3 总磷 / %	0.08	0.23	0.29
植酸磷 / %	0.16	0.38	0.77
非植酸磷 / %	0.09	0.31	0.10
植酸酶活性 / $\text{U} \cdot \text{kg}^{-1}$	105.00	94.00	1108.00

## 3 讨论

### 3.1 肉仔鸡用 3种植物性饲料总磷真利用率

本试验选用艾维茵肉仔鸡测得 3种植物性饲料玉米、豆粕和麦麸总磷真利用率分别为 16.42%、28.34% 和 46.48%, 其中麦麸最高, 豆粕居中, 玉米最低。该数据与在猪体上作过的试验相比偏低。郑树贵<sup>[7]</sup>在体重 40~62.5 kg 猪上测得 3种饲料玉米、豆粕和麦麸总磷表观利用率分别为 20.14%、31.42% 和 49.83%, 其真利用率应更高。鸡和猪试验结果不同, 可能是由于两种动物之间的生理差别所造成的, 猪的消化道和食物消化时间显著比禽类长, 因此猪对同种饲料养分的消化率高于鸡。本试验测得的玉米、豆粕和麦麸 3种饲料总磷含量分别为 0.25%、0.69% 和 0.87%, 但能被鸡利用的比例不同, 玉米总磷只有约 1/5 被鸡消化利用, 豆粕不足 1/3, 而麦麸近一半磷被消化利用。可见一般化学分析测得的饲料含磷总

量, 不能体现磷被家禽采食后的吸收利用程度。美国 NRC 公布的植物性饲料中平均有 30% 的磷以非植酸磷形式存在, 传统上认为对家禽而言, 这部分磷的利用率很高, 而占总磷绝大部分的植酸磷利用率极微或完全不能被利用。因此长期以来人们凭经验认为植物性饲料原料中 1/3 的磷可被利用, 本试验结果表明如用总磷含量的 1/3 估计饲料有效磷含量, 对于玉米、豆粕估计值偏高, 对于麦麸则估计值偏低。

现行 NRC 及中国饲料数据库以非植酸磷表征有效磷, 即认为非植酸磷可以完全为鸡所利用, 而植酸磷完全不能被利用。从本试验测定结果看, 3种植物性饲料中玉米和豆粕真可利用磷含量低于非植酸磷含量, 而麦麸高于非植酸磷含量, 表明用非植酸磷含量作为肉仔鸡有效磷的估计值并不准确。Nel-son<sup>[8]</sup>试验证明, 在给饲以玉米为唯一谷物的日粮时, 4 周龄、9 周龄仔鸡对植酸磷的利用率分别为 0% 和 3%, 而当饲喂以玉米小麦为 1:1 的日粮时, 分别为 8% 和 13%, 麦麸是小麦加工的副产品, 二者均含有高活性植酸酶, 由于小麦本身植酸酶的存在, 肉仔鸡可以利用部分玉米小麦日粮的植酸磷, 本试验与此结论相符。由于玉米、豆粕这两种饲料植酸酶活性很低, 可认为其可利用磷均来自非植酸磷, 真可利用磷占非植酸磷的比例分别为 44.09% (即 0.041/0.093) 和 62.62% (即 0.196/0.313)。余顺祥等<sup>[9]</sup>试验结果表明, 5 月龄仔鸡对日粮中非植酸磷的利用率为 64.5%, 尽管本试验数值与之不尽相同, 但均表明仔鸡对饲料中非植酸磷的利用率也并非 100%。

### 3.2 平衡法测定饲料有效磷试验条件的控制

影响饲料磷吸收的因素很多, 相互作用复杂, 早期平衡法测定动物对饲料磷利用率的研究多采用单一饲料或简单配合饲料 (Jongbloed)<sup>[11]</sup>, 以后发展为近似全价的半纯合日粮 (Rodehatscond)<sup>[12]</sup>。本试验采用半纯合日粮, 各营养指标尽量接近生产数值, 使影响饲料磷吸收的因素尽量与实际一致。平衡法测定磷利用率时, 饲料含磷量要低于动物的磷需要量。因为动物对饲料总磷的利用率与饲料总磷含量成负相关, 当饲料总磷

含量低于或刚好等于动物的营养需要时, 饲料磷的利用率最大, 此时排泄物中磷排泄量少、稳定且有规律, 测定结果准确, 此时测得的磷利用率反映动物对饲料磷的最大吸收利用能力, 也只有测定此时的利用率值对生产才有指导意义。NRC 推荐 6 周龄肉仔鸡非植酸磷需要量为 0.30% ~ 0.35%, 本试验控制试验饲料总磷含量均低于 0.3%。研究表明磷的吸收受钙水平的影响, 钙磷比过大降低磷的吸收率。尤其在磷处于缺乏状态时这种趋势更明显<sup>[10]</sup>。鉴于肉仔鸡日粮的钙磷比范围, 本试验钙水平控制在 0.6% 以下, 钙磷比值为 1.7:1。维生素 D 是影响钙磷吸收的另一重要营养素, 足量维生素 D 是保证钙磷正常吸收的必要条件。本试验各种饲料维生素 D 的水平均为 500 U/kg 饲料。这为磷的消化吸收创造了一个良好的钙和维生素 D 条件。

#### 4 结论

以玉米淀粉、葡萄糖、纤维素等为原料配制无磷饲料, 以玉米淀粉、葡萄糖、血粉、玉米蛋白粉等为原料配制基础饲料, 通过替代法测定肉鸡用植物性饲料原料总磷真利用率是可行的。利用 35 日龄艾维茵肉仔鸡测得的 3 种植物性饲料玉米、豆粕、麦麸总磷真利用率分别为 (16.42 ± 3.36)%, (28.34 ± 4.90)% 和 (46.48 ± 4.29)%。总磷含量的 1/3 和非植酸磷含量不能准确估计植物性饲料的真可利用磷。因麦麸本身含有高活性的植酸酶, 肉鸡可部分利用其植酸磷。

#### 参考文献:

[1] Jongbloed and Kemme Apparent digestible phosphorus in the feeding

of pigs in relation to availability, requirement and environment 1. Digestible phosphorus in feed stuffs from plant and animal origin [J]. Netherland journal of Agriculture Science, 1990, 38: 567-575.

- [2] Rodehatscond Digestibility of phosphorus contained in soybean meal, barley, and different varieties of Wheat, Without Soybean meal, barley, and with supplemental phytase fed to pigs and additivity of digestibility in a wheat-Soybean meal [J]. J Anim Physiol an Anim Nutr, 1996, 75: 40-48.
- [3] Fan M Z, Tania Archbold Willem C, Sauer Dale Lackeyram, et al Novel methodology allows simultaneous measurement of true phosphorus digestibility and the gastrointestinal endogenous phosphorus outputs in studies with pigs [J]. J Nutr, 2001, 131: 2388-2396.
- [4] 刘显军, 陈静, 边连金. 猪用 3 种饲料级磷酸盐磷沉积率的评定 [J]. 畜牧与兽医, 2004, 36(10): 17-18.
- [5] 霍启光. 动物磷营养与磷源 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002: 200-206.
- [6] 贾刚, 王康宁. 生长猪植物性饲料中可消化磷的评定 [J]. 动物营养学报, 2000, 12(3): 24-29.
- [7] 郑树贵, 边连全. 猪用 3 种常规植物性饲料磷有效率的测定 [J]. 饲料工业, 2001, 22(9): 31-33.
- [8] Nelson T S The hydrolysis of phytate phosphorus by chicks and laying hens [J]. Poultry Sci, 1976, 55: 2262-2264.
- [9] 余顺祥. 生长鸡对植酸盐中磷的利用率的测定 [J]. 中国畜牧杂志, 1983, (4): 8-9.
- [10] Hall D. Effects of dietary calcium, phosphorus, calcium: phosphorus ratio and vitamin K on performance, bone strength and blood clotting status of pigs [J]. J Anim Sci, 1991, 69: 646-655.

## 《畜牧与兽医》影响因子有较大幅度提高

根据中国科学信息研究所最新发布的 2006 年版《中国科技期刊引证报告 (核心版)》(以下简称《引证报告》) 统计分析结果, 《畜牧与兽医》的影响因子有了较大幅度的提高, 从 2005 年版的 0.118 提高到 0.218。

该版《引证报告》共收录畜牧、兽医学科共 14 种杂志, 按影响因子从大到小次序分别为: 《草业学报》1.627, 《草地学报》0.928, 《草原与草坪》0.822, 《草业科学》0.722, 《畜牧兽医学报》0.719, 《中国草地》0.690, 《中国兽医学报》0.377, 《中国预防兽医学报》0.351, 《畜牧与兽医》0.218, 《中国兽医科技》0.179, 《中国草食动物》0.144, 《中国畜牧杂志》0.118, 《中国畜牧兽医》0.112, 《家畜生态学报》0.094。