

磷生物学效价的影响因素^{*}

孙玉红¹, 申忠宝², 邸桂俐³

(1 宾县松江铜业(集团)有限公司, 宾县 150417; 2 黑龙江省农科院作物育种所, 哈尔滨 150086; 3 黑龙江省生物制品二厂, 哈尔滨 150078)

摘要: 主要论述有关磷生物学效价的研究及对磷生物学效价的影响因素, 包括对研究方法所采取的标准物、测定指标以及植酸、钙磷水平与 VD 的添加等因素对磷效价的影响和一些近期发展起来的提高磷生物学效价减少饲料中无机磷添加量的途径与方法, 以便降低畜禽粪便中磷的排放与饲料成本, 降低畜禽业对环境的污染, 发展绿色、环保型畜牧业。

关键词: 磷; 生物学效价; 影响因素

中图分类号: S 816 文献标识码: A 文章编号: 1002-2767(2005)05-0038-04

The Influential Factors of Phosphorus Bioavailability

SUN Yu-hong¹, SHEN Zhong-bao², DI Gui-li³

(1 Heilongjiang Songjiang Copper Mine, Binxian 150417; 2 The Crop Breeding Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086; 3. No. 2 Factory of Heilongjiang Biological Manufacture, Harbin 150078)

Abstract: This paper was about the bioavailability and its influential factors, which included the criterion of this research and phytic acids, ratio of calcium and Phosphorus and VD effect on the bioavailability of phosphorus in diets, and some new methods of improving bioavailability of phosphorus, reducing the addition of inorganic phosphorus in order to reduce content of phosphorus in the feces and, cost of diets and environmental pollution.

Key words: phosphorus; bioavailability; influential factors

磷是畜禽必需矿物质元素, 是仅次于钙的结构物质。许多学者认为, 磷元素是蛋白质和能量之后的第三重要营养物质, 对体内糖类、氨基酸和脂类代谢的调节有很大影响^[1]。体内的磷 80% 以羟基磷灰石[$3\text{Ca}(\text{PO}_4) \cdot 2\text{Ca}(\text{OH})_2$] 的形式存在于骨骼和牙齿中, 剩下的存在于如 ATP、核酸、磷脂等含磷化合物中, 这些物质大都存在于细胞内, 对维持细胞内酸碱平衡也非常重要。磷元素是机体中一些脂肪的重要组成成份, 其中包括细胞膜的双分子层结构等。如果畜禽不能在饲料中获得足够的磷, 会导致严重的骨疾病和繁殖性能低下, 直接影响畜禽养殖的收益。

无论植物性饲料还是磷酸氢钙等矿物质中的磷元素, 其利用率也就是生物学效价的变异很大, 而磷

作为饲料中的必需成分, 其所占的饲料总成本比例很高, 现在配合饲料中无机磷的添加量很高, 未吸收部分会直接随粪便排到环境中, 已成为畜牧业环境污染的根源之一。所以对于畜牧行业, 研究各种饲用原料和磷源添加剂中磷的生物学效价及影响因素, 利用新技术改善和提高其效价是十分必要的。而且最近磷酸氢钙等无机磷源价格的大幅度上涨又激发了一些学者对于磷生物学效价的研究热情。本文将对近年来磷的生物学效价及其影响因素的研究作综合论述。

1 磷生物学效价的评定

生物学效价一般是通过计算被测物质与标准物

* 收稿日期: 2005-04-13

第一作者简介: 孙玉红(1973-), 女, 黑龙江省鸡西市人, 助理畜牧师, 从事畜禽养殖工作。

(分析纯)生物学利用率的比值得来的。确定磷生物学效价的方法与确定其他矿物质元素的方法面临同样的问题, 因为磷的生物学效价是一个相对的比值(决定于所选用的标准磷源), 所得的结果完全有可能大于 100%。为了减少大于 100%的结果产生, 在评定磷源效价时应力求用利用率最高的磷源作为标准物。例如 CaHPO_4 、 NaH_2PO_4 、 KH_2PO_4 等, 因为许多报告显示它们通常都可以被最有效的利用。

动物的体重、骨骼硬度、骨骼中磷的存留率、骨灰份含量(胫骨和趾骨)都被许多学者用作评定磷生物学效价的指标。但影响体重的因素是多方面的, 因此有学者指出以体重为测定指标时的灵敏度较低^[1]。日粮中磷含量降低时, 血清无机磷浓度的降低是有限的, 用其作标准不准确^[2]。而磷在体内的存留率及在体内的利用情况, 能直接的反映出磷的生物学效价, 因而有重要意义。一些试验结果表明, 由于磷在骨的形成和发育中有特别重要的生理作用, 所以胫骨和趾骨的灰分是准确、可靠的测定磷生物学效价的指标^[3], 有报道指出近期市场上以体增重和趾骨分析为反应标准的一些磷源生物学效价都在 83%以上^[4]。有学者评估了磷对于猪和鼠的生物学效价, 发现骨的变形性如骨弯矩可用于衡量磷的生物学效价, 是比骨灰更可靠的标准^[5]。

当用不同浓度的钙、磷和植酸磷加入产蛋鸡日粮, 试图确定植酸磷和钙对磷平衡的影响^[6], 用一种氧化铬作标记物, 日粮中磷的生物学效价可以通过粪中磷与日粮中磷的差计算出来, 此方法与确定代谢能的方法很相似。类似地, 用这种方法确定了摄入钙的量对磷的生物学效价的影响, 不同的是他用 91Y 取代氧化铬作为未被吸收的标记物。这些研究都表明在评价磷的生物学效价时, 既要选择适宜的标准物, 又要考虑日粮中其他组分对其的影响。

2 磷元素的来源

饲料中的磷源有三种: 植物性、动物性和矿物质添加剂(无机磷源)。对于反刍动物, 除了一些焦磷酸盐和偏磷酸盐外以上三种磷源都能获得理想的生物学效价。而对于单胃动物, 普遍认为动物性磷源的效价与较好的无机磷源相仿, 可达 70%以上^[7]。

植物性原料中的磷元素主要以植酸盐的形式存在, 在以植物为主的日粮中, 总磷的 60%到 80%为植酸盐。单胃动物几乎不能利用这种形式存在的磷元素, 反刍动物则因瘤胃中的微生物可分泌植酸酶, 能使之水解, 所以可被较好的利用。而且植酸在化学结构上有很强的结合能力, 是一种强酸。pH 值

在中性条件下与一些二、三价阳离子结合形成不溶性盐, 导致这些粒子在肠胃中不能吸收; 也可以在适当情况下与蛋白质形成不溶的植酸盐-蛋白质复合物, 影响蛋白质的吸收。因此, 对于单胃动物研究磷元素的生物学效价时必须考虑到植物原料中以植酸盐形式存在的比率, 所以一些学者用近红外线光谱法等测定植物性饲料中总磷与植酸磷的含量以便于确定矿物质磷源的最佳添加量^[8]。

通过饲养试验、代谢试验、骨灰分含量测定及血清磷浓度测定等方法测定磷酸一钙(MCP , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)、磷酸二钙[DCP , $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$]、磷酸三钙[TCP , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$]、磷矿石细粒(SP , P_2O_5)对于肉仔鸡的生物学效价, 结果表明对于肉仔鸡效果最好的是 MCP , DCP , TCP 也是雏鸡较好的磷源, 而 SP 则是不良磷源^[9], 现将前人的研究总结于表。

表 常见磷源的生物学效价

来源	鸡	猪	来源	鸡	猪
磷酸钾, 磷酸钠	100	100	玉米	12	14
焦磷酸氢	95	—	小麦	58	51
β -磷酸钙	93	95	大麦	50	—
磷矿石	90	85	麦麸	23	29
磷酸氢钙(无水)	95	100	燕麦	37	36
磷酸二氢钙	100	—	豆粕	40	31
骨粉	95	85	棉仔饼	42	42
肉骨粉	99	102	鱼粉	102	100

注: 以上数据的标准物为磷酸二氢钠, 评定指标为骨灰分。

3 磷生物学效价的影响因素

3.1 植酸

配合饲料中绝大部分营养物质来源于植物, 但是植物中的磷源主要以植酸的形式存在, 而且植酸对饲料中氨基酸的利用率也有负面影响^[10], 所以, 植物性饲料中植酸磷的含量及对其加工处理的方法是影响植物性饲料中磷的生物学效价的关键。

植酸磷必须水解成正磷酸才能被动物利用, 这一过程要靠植酸酶来完成。目前世界公认的植酸酶有 2 种: 3-植酸酶($\text{EC}2.1.3.8$)和 6-植酸酶($\text{EC}3.1.3.26$)。在禾本科子实和真菌中都存在植酸酶^[11], 真菌、细菌、酵母、丝状真菌和土壤微生物能产生植酸酶, 丝状真菌, 特别是曲霉属的丝状真菌以被作为丰富的微生物植酸酶来源进行研究^[10]。在单胃动物日粮中添加植酸酶有三个明显的好处: ①添加植酸酶可减少饲料中非植酸磷的需要量(包

括动物蛋白提供的),从而降低饲料成本。②植酸盐化合物可与其它元素结合,如 Zn、Ca、Mg,因此,添加植酸酶也可释放其它重要的矿物质元素。③提高了日粮磷的利用率将减少环境的负担。已有许多研究表明饲料中添加植酸酶可提高肉鸡、蛋鸡、猪、火鸡对磷的利用率^[12]。当添加 350 u/kg、700 u/kg 和 1 050 u/kg 植酸酶在日粮中喂鸡,趾骨灰份提高 4%~18%,磷的存留量提高 3%~15%^[13]。有学者也指出,以肉鸡体增重、血清磷等指标衡量玉米—糠麸—豆粕日粮中加 400 单位植酸酶可代替 2 g 磷酸氢钙的用量^[14]。

在有些学者的试验中用未经选育过的肉仔鸡群体建立模型来估计植酸磷对动物的影响,结果显示植酸磷主要影响的是饲料中钙和总能的利用率,蛋白质的利用率也与其有关,而且对于母雏,蛋白质利用率与植酸磷含量有显著的正相关^[15]。

科学家已经培育出一种玉米,它携带纯和 lpa-1-1 基因。其营养成分与普通玉米相同,但植酸磷水平低许多。经分析低植酸磷玉米携带的 lpa-1-1 基因是突变而来,含总磷 0.28%,植酸磷 0.1% (正常玉米总磷 0.27%,植酸磷 0.17%)^[16]。所以,对于生长猪低植酸磷玉米中总磷只有 25%~30% 不能利用。其他一些研究表明,以生长猪为研究动物,低植酸磷玉米与普通玉米中磷的相对生物学效价分别是 77%与 22% (Cromwell 等, 1998) 和 62%与 9%^[17]。而 NRC1998 年报道,普通玉米平均利用率低于 15%。与普通玉米相比,低植酸磷玉米磷的生物学效价高,其它营养物质的利用率也有所增加,这与普通玉米添加植酸酶所得结果相似^[18,19]。当在低植酸磷玉米型日粮中添加植酸酶分别喂肉仔鸡、生长鸡、成鸡时,在满足对磷需要的条件下,无机磷的添加量分别减少 51%、56%和 62%,无机磷的排泄量也减少了许多,这样既降低成本,也减轻了畜禽粪便对环境的污染,所以这种低植酸磷玉米的出现为降低动物日粮中无机磷的添加量提供了又一途径。

3.2 日粮钙磷水平

日粮中的钙磷比对磷的生物学效价是有很大影响的,在一般情况下,最优钙磷比为 1.5~2.2:1 (NRC, 1994)。尽管植酸与钙离子的结合能力很弱,但因大多数日粮中钙元素的添加量比其他矿物质元素高得多,所以植酸钙是消化道中最常见的不溶性植酸化合物。一些试验结果表明,在无磷酸氢钙含糖麸、菜粕的日粮中添加植酸酶,低钙磷水平

(钙磷比 1.0~1.3:1) 时对肉仔鸡具有较高的生长性能和磷的利用效果^[14]。这与在玉米—豆粕型肉仔鸡和小火鸡日粮中添加植酸酶,低钙水平(钙磷比 1.1 和 1.4:1) 时,钙磷沉积量较高的结果相似。一些抗菌素钙,如:莫能菌素、拉萨力菌素(抗球虫)和利色希林添加到反刍动物日粮中都可提高日粮磷的效价。

3.3 氟含量

为了满足动物对磷的需要,在日粮中添加无机磷源是必不可少的。尽管现在的无机磷源的生产过程中有脱氟程序,但也有一定的残留。日粮中氟含量过高对机体损害很大,而影响最严重的是干扰钙磷的代谢。一些试验表明,随着日粮氟水平的提高,试验鸡胫骨灰、趾骨灰中氟含量增长显著。有试验表明,以胫骨灰分为测量指标时,磷酸氢钙的生物学效价与含氟量或氟磷比存在明显的负相关,相关系数达 -0.7922 到 -0.9731^[20],说明含氟量直接影响磷的利用,所以降低无机磷源的含氟量是提高其生物学效价的有效方法。

3.4 维生素 D₃

一些学者认为 VD₃ (1,25-二羟胆钙化醇) 及其类似物可能是一种磷酸盐运转激素,能促进肾脏和小肠对磷酸盐的吸收^[21]。对于植酸酶,维生素 D₃ 提高磷的利用率有两种解释:①提高肠道植酸酶的合成与活性;②提高钙的吸收,降低肠道中钙的浓度,而提高了植酸的可溶性所至^[22],并且 VD₃ 与柠檬酸和植酸酶有协同作用。

此外,不同的衡量指标、动物的基因型、品种与日粮的加工条件^[23]、纤维含量和饲料中存在的铝^[24]、镁和肠道的 pH 值(对于反刍动物)等,都对磷的利用率有很大影响。在一些研究中,以消化道食糜中植酸磷的消失率估计植酸磷的生物学效价并得出对于家禽植酸磷利用能力的遗传力是 0.1,并且随着利用能力的提高,家禽的生产性能稍有下降^[25];有人报道日粮非植酸磷含量较低时,30 周龄的褐壳蛋鸡对植酸磷的表观利用率较强,但大量资料显示动物本身不能产生植酸酶,而成年动物其肠道中有可能定植一些产酶微生物,其肠道功能也相对较强,从而有可能利用一些植酸磷,所以对于成年动物可适当降低非植酸磷的添加量^[26]。

近年来,随着红外光谱分析仪等现代试验设备与微生物学和基因工程等相关新兴学科的知识应用于动物营养学这一相对传统的领域中,使其得到了迅猛发展,磷的生物学效价的研究方面就是典型事

例。这就为我们把畜禽养殖业改造成生产成本低、效益高, 又对环境无污染的环保型产业的目标迈进一步, 更好的为消费者提供质优价廉的安全绿色畜产品。

参考文献:

- [1] Potter LM. Bio-availability of phosphorus from various phosphates based on body weight and toe ash measurement [J]. Poultry Science, 1988, (67): 96-102
- [2] Broz JP, Oldale AH. Effects of supplemental phytase of performance and phosphorus utilization in broiler chickens fed a low phosphorus diet without addition of inorganic phosphates. British Poultry [J]. Science, 1994, (35): 273-280
- [3] 尹兆正, 祝春雷. 不同磷添加水平对肉雏鸡磷酸氢钙生物学效价的影响 [J]. 浙江农业学报, 2000, 12: 217-220
- [4] Potter. Bioavailability of phosphorus in various phosphato sources using body weight and toe ash as response criteria [J]. Poultry Science, 1995, (74): 813-820
- [5] Ketaren, P. P., E. S. Batterham, E. B. Dettmann, et al.. Phosphorus studies in pigs 2. Assessing phosphorus availability for pigs and rats [J]. British Journal of Nutrition, 1993, (70): 269-275
- [6] Scheidler, S. E., J. L. Sell. Utilization of phytate phosphorus in laying hens as influenced by dietary phosphorus and calcium [J]. Nutrition Reports International, 1987, (35): 1073-1079
- [7] 屠焰, 霍启光. 不同含磷矿物质饲料中磷相对生物学利用率的研究 [J]. 动物营养学报, 2000, 12(1): 32-37
- [8] Krzysztof, Z., D. R., Ledoux, A. Garcia, et al. An in vitro procedure for studying enzymatic phosphorylation of phytate in maize-soybean feeds for turkey poult [J]. British Journal of Nutrition, 1995, (74): 3-17.
- [9] 尹兆正, 王忠良, 潘根长. 不同化学形式的无机磷源在肉雏鸡体内生物学效价的研究 [J]. 浙江大学学报 (农业与生命科学版), 2002, 28(1): 74-77
- [10] Ravindran, V., S. Cabahug, G. Ravindran, et al.. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers [J]. Poultry Science, 1999, (78): 699-706.
- [11] 单安山, 刘大森, 马玺. 植物植酸酶及其饲用价值 [J]. 东北农业大学学报, 2002, 33(2): 184-190
- [12] Shelton, L. L., Southern, F. M., Le Mieux, 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]. Journal of Animal Science, 2004, 82: 2630-2639
- [13] Kornegay, E. T.. Replacement of inorganic phosphorus by microbial phytase for young pigs fed on a maize soybean meal diet [J]. British Journal of Nutrition, 1996, (76): 563-578
- [14] 楼洪兴, 吴建良, 许松等. 钙磷比对饲喂植酸酶日粮的肉鸡生产性能和钙磷代谢的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 1999, 34(4): 25-26
- [15] G. A. Ankra-Badu, S. E. Aggrey, G. M. Pesti, et al.. Modeling of parameters affecting phytate phosphorus bioavailability in growing birds [J]. Poultry Science, 2004, 83: 1083-1088
- [16] Cromwell. Bioavailability of phosphorus in low-phytic acid corn for growing pigs [J]. Animal Science, 1998, 76(2): 54
- [17] Spencer, J. D. Phosphorus bioavailability and digestibility of normal and genetically modified low-phytate corn for pigs [J]. Animal Science, 2000, 78: 675-681
- [18] Z. Yi, E. Kornegay. Improving phytate Phosphorus Availability In Corn and Soybean Meal for Broilers Using Microbial Phytase and Calculation of Phosphorus Equivalency Values for Phytase [J]. Poultry Science, 1996, 75: 240-249
- [19] W. E. Huff. Effect of Dietary Phytase and High Available phosphorus corn on broiler chicken performance [J]. Poultry Science, 1998, 77: 1899-1904
- [20] 屠焰, 霍启光. 磷酸氢钙含氟量对其磷相对生物学利用率影响的研究 [J]. 中国畜牧杂志, 1999, 35(4): 34
- [21] 程茂基, 蒋克纯, 余越励等. 植酸酶和 VD_3 协同对肉仔鸡生产性能和矿物元素利用率的影响 [J]. 中国家禽, 2000, 22(12): 12-15
- [22] Edwards, H.. Dietary 1, 25-dihydroxycholecalciferol supplementation increases natural phytate phosphorus utilization in chickens [J]. Journal of Nutrition, 1993, 123: 567-577.
- [23] Roberson, K. D., M. Edwards. Effects of 1, 25-dihydroxycholecalciferol and phytase on zinc utilization in broiler chicks [J]. Poultry Science, 1994, 73: 1312-1326
- [24] Ammerman, C., B. R. Valdivia, I. V. Rosa, et al. Effect of sand or soil as a dietary component on phosphorus utilization by sheep [J]. Animal Science, 1984, 59: 1092.
- [25] W. Zhang, S. E. Aggrey, G. M. Pesti, et al. Genetics of phytate phosphorus bioavailability: heritability and genetic correlations with growth and feed utilization traits in a randombred chicken population [J]. Poultry Science, 2003, 82: 1075-1079
- [26] 丁保安. 饲粮非植酸磷水平对褐壳蛋鸡植酸磷利用率的影响 [J]. 中国家禽, 2002, 24(7): 9-10

欢迎投稿

欢迎订阅