

饲料生产的质量管理方法及试验参数

对动物生产性能的影响（5）总磷和植酸磷

程宗佳（美国大豆协会国际项目 北京办事处）

动物体的灰分 70%以上是由钙和磷组成(Maynard 和 Loosli, 1962), 磷在骨骼形成和营养代谢中起着重要作用。磷缺乏可导致幼畜的佝偻病, 甚至死亡。因此, 制定动物饲料配方必须考虑有适量的磷以满足动物生长需要, 此外, 还必须进行磷的实验室分析, 以保证饲料的含磷量与饲料包装袋上标明的规格相符。磷的测定不仅对畜禽饲料重要, 对水产饲料也同样重要。

水产养殖是世界上增长最快的产业之一。不过, 由于体系的强化, 水产养殖也受到更多的环境保护方面的关注和节制。磷是一种危险的水域污染物, 过量的磷排放到清洁水域中会促使藻类和浮游生物生长, 从而降低水溶的氧导致水污染(Miller 等, 1974; Beveridge, 1984; Boyd, 1990; Sugiura 等, 1999)。因此, 减少磷向水域的排放对水产养殖业的持续发展至关重要。用鳟鱼和鲑鱼做试验得出的数据表明, 在典型的商业饲养中, 日粮中的磷只有 20%左右留在鱼体中(Ketola, 1982; Philips 和 Beveridge, 1986; Ackefors 和 Enell, 1990; Holby 和 Hall, 1991; Ketola 和 Harland, 1993)。这意味着大约 80%的日粮磷未被利用, 而是以可溶态和粪便形式排放到水域中。现已了解, 鱼排放磷的数量取决于鱼饲料中磷的含量和磷源的生物利用率。

鱼粉是水产饲料的一种主要原料。鱼粉含有相当多的磷和其他矿物质, 而很多种鱼, 包括鳟鱼和鲑鱼, 对磷的利用率是较低的(NRC 1993; Sugiura 等, 1998)。再者, 鱼粉往往比大多数油粕如豆粕、谷物及其副产品, 价格更高。因此, 使用豆粕或谷物及其副产品替代鱼粉对于生产经济而有利于环保的水产饲料就更加重要了。但是, 豆粕或谷物及其副产品中的总磷, 大约 2/3 以植酸磷存在, 而鱼对植酸磷的生物利用率是非常有限的(Ogino 等, 1979; NRC, 1993; Raboy, 1997)。Sugiura 等 (1998) 报道, 虹鳟鱼对豆粕中磷的利用率是 22%; 而 Riche 和 Brown (1996) 得出, 虹鳟鱼对豆粕中的磷根本不能利用。由此可见测磷的重要性了。测定总磷和植酸磷的简化法分别列入附录 D 和附录 E。

虹鳟鱼对豆粕中的磷的利用率实际上取决于豆粕来源和鱼的大小。程宗佳等 (2002d; 2002e) 发现, 虹鳟鱼 (体重 223.4g) 对豆粕中磷的利用率为 63.2%。程宗佳等 (2002d) 进一步发现, 挤压加工对豆粕中氨基酸的利用率无明显影响, 但降低了磷的利用率 (表 1)。

表 1 虹鳟鱼对大豆日粮中干物质、粗蛋白和矿物质的表观消化率

项 目	未加工大豆 日粮	添加植酸酶 (FTU/kg) 的挤压大豆日粮						压榨大 日粮
		0	200	400	600	800	1000	
干物质	74.5±1.6 ^a	73.8± 8.2 ^a	73.6±3.6 ^a	75.7±3.7 ^a	70.2± 3.5 ^a	82.0±1.5 ^a	74.2±4.3 ^a	75.9±3.1 ^a
粗蛋白	88.0±0.4 ^a	97.2±1.1 ^b	96.8±0.6 ^b	96.0±2.3 ^b	95.4±1.8 ^b	97.8±0.4 ^b	96.6±0.2 ^b	97.9±0.3 ^b
镁	68.5±0.4 ^a	59.6±2.7 ^b	74.7±1.2 ^c	80.0±0.3 ^d	79.5±1.5 ^d	83.4±0.5 ^d	81.7±0.0 ^d	68.0±0.4 ^a
硫	93.1±0.4 ^a	97.0±0.7 ^b	96.2±0.1 ^b	96.8±0.0 ^b	93.2±0.2 ^d	97.2±0.0 ^b	96.0±0.3 ^b	97.3±0.1 ^b
总磷	21.2±0.1 ^a	12.5±4.8 ^b	81.3±3.4 ^c	92.2±0.0 ^d	89.7±0.3 ^d	95.2±0.6 ^d	93.9±0.3 ^d	31.7±6.1 ^a
植酸磷	29.9±1.2 ^a	19.6±6.1 ^a	60.9±1.9 ^b	87.2±1.3 ^c	93.8±1.2 ^c	93.7±4.7 ^c	93.8±1.4 ^c	60.6±0.4 ^b
铜	89.9±0.2 ^a	93.3±1.2 ^a	92.1±1.6 ^a	93.2±0.1 ^a	92.1±0.4 ^a	93.6±0.1 ^a	93.4±0.2 ^a	92.7±0.1 ^a
锰	20.3±0.4 ^a	13.5±1.2 ^a	46.2±2.9 ^b	76.3±6.1 ^c	78.1±0.4 ^c	81.2±0.8 ^c	81.4±1.2 ^c	16.8±0.4 ^a
锌	14.6±5.7 ^a	7.2±0.3 ^a	48.4±3.3 ^b	85.1±13.0 ^c	73.7±2.1 ^c	78.8±0.5 ^c	80.9±3.3 ^c	15.7±0.4 ^a

来源:程宗佳等,2002

* 表中数据为平均值±标准差,带不同字母的同行平均值之间差异显著(P<0.05),以下同。

提高豆粕中磷利用率的另一途经是在豆粕配制的动物饲料中使用植酸酶。植酸酶是专一水解植酸的酶。许多动物的消化道都有这种酶,但数量很少,不足以将饲料中的植酸明显分解(Bitar 和 Reinhold, 1972)。在含有豆粕或谷物及其加工副产品的鱼饲料中使用植酸酶,不仅可降低鱼饲料的含磷量,还能减少向水域排放磷的数量。现在已有可添加到鱼和其他动物饲料中的商品植酸酶出售。不过植酸酶的效力可能各有不同,这取决于酶的来源和饲料配方。程宗佳等(2002d)在用干挤压全脂大豆制作的虹鳟鱼饲料中使用植酸酶,得出植酸酶的最佳剂量大致是 400 FTU/kg 饲料(表 2)。

表 2 虹鳟鱼对大豆日粮中氨基酸的表现消化率

%

氨基酸	未加工大豆 日粮	添加植酸酶 (FTU/kg) 的挤压大豆日粮						压榨大豆 日粮
		0	200	400	600	800	1000	
精氨酸	88.9±1.0 ^a	98.9±0.2 ^b	98.8±0.0 ^b	99.1±0.2 ^b	96.5±0.5 ^b	99.5±0.0 ^b	98.2±0.1 ^b	99.5±0.0
组氨酸	91.3±0.3 ^a	97.8±0.2 ^b	98.0±0.1 ^b	98.1±0.3 ^b	93.3±0.6 ^c	98.6±0.1 ^b	96.7±0.3 ^b	98.4±0.2
异亮氨酸	84.4±0.9 ^a	96.3±0.3 ^b	96.2±0.6 ^b	97.3±0.5 ^b	91.6±0.4 ^c	97.0±1.1 ^b	94.6±0.5 ^b	97.1±0.2
亮氨酸	85.4±1.1 ^a	97.7±0.3 ^b	97.6±0.0 ^b	98.3±0.1 ^b	92.6±0.7 ^c	98.5±0.1 ^b	96.0±0.1 ^d	98.5±0.1
赖氨酸	93.4±0.5 ^a	98.0±0.2 ^b	98.4±0.2 ^b	98.7±0.0 ^b	94.3±0.7 ^c	99.1±0.1 ^b	7.5±0.1 ^b	98.9±0.1 ^b
蛋氨酸	95.9±0.1 ^a	98.5±0.0 ^b	99.1±0.0 ^b	99.1±0.3 ^b	95.2±0.3 ^a	99.4±0.2 ^b	97.9±0.1 ^b	99.4±0.1
苯丙氨酸	84.4±1.2 ^a	97.7±0.3 ^b	97.7±0.1 ^b	98.1±0.2 ^b	93.1±0.8 ^c	98.7±0.0 ^b	96.5±0.2 ^b	98.7±0.1
苏氨酸	86.5±1.2 ^a	96.1±1.0 ^b	96.4±0.4 ^b	96.6±0.4 ^b	91.6±1.3 ^c	98.0±0.3 ^d	94.6±0.3 ^b	97.4±0.4
色氨酸	93.3±0.2 ^a	96.7±0.8 ^b	98.1±0.6 ^b	97.8±0.1 ^b	93.8±0.3 ^c	97.8±0.2 ^b	96.7±0.7 ^b	98.7±0.4
缬氨酸	87.3±0.6 ^a	97.6±0.0 ^b	97.8±0.7 ^b	98.4±0.1 ^b	92.6±0.7 ^c	98.4±0.2 ^b	96.1±0.2 ^d	98.6±0.0
丙氨酸	86.7±1.2 ^a	97.3±0.5 ^b	97.4±0.1 ^b	98.1±0.2 ^b	94.0±1.1 ^c	98.6±0.0 ^d	96.5±0.1 ^b	98.7±0.2
天冬氨酸	81.9±1.4 ^a	97.6±0.4 ^b	97.4±0.0 ^b	98.2±0.3 ^c	93.3±0.9 ^d	98.9±0.1 ^c	96.2±0.2 ^b	98.9±0.1
胱氨酸	77.2±3.1 ^a	96.0±3.1 ^b	97.4±2.8 ^b	95.1±3.5 ^b	90.1±2.4 ^b	98.1±2.1 ^b	95.4±3.1 ^b	97.8±3.2
谷氨酸	89.8±0.5 ^a	98.2±0.1 ^b	98.3±0.1 ^b	98.8±0.0 ^{bd}	93.8±0.6 ^c	99.2±0.0 ^d	96.8±0.1 ^c	99.1±0.0
甘氨酸	91.4±0.7 ^a	98.3±0.2 ^b	98.4±0.0 ^b	98.6±0.1 ^b	96.5±0.5 ^c	99.0±0.0 ^d	97.7±0.1 ^c	98.9±0.1
脯氨酸	92.7±0.5 ^a	98.1±0.2 ^b	98.3±0.0 ^b	98.5±0.1 ^b	93.4±0.8 _a	98.9±0.0 ^b	96.4±0.2 ^c	98.5±0.1 ^b
丝氨酸	85.9±1.7 ^a	97.2±0.8 ^b	97.6±0.6 ^b	97.6±0.5 ^b	91.8±1.4 ^c	98.5±0.5 ^b	95.4±0.2 ^b	98.2±0.3 ^b
酪氨酸	90.1±0.9 ^a	95.0±0.6 ^b	95.9±2.9 ^b	96.0±1.3 ^b	91.0±0.6 ^a	96.1±0.9 ^b	93.4±0.6 ^a	95.6±0.1 ^b

来源:程宗佳等,2002

附录 D: 总磷的测定方法:

钒钼磷酸法(标准方法 15 版, 1981。APHA 等):

将 0.5g 饲料(0.1g 粪便)在 550 ° C 过夜灰化,称取灰分量;加 1mL 浓缩 HCl 和 1mL 浓缩 HNO₃,室温放置 6h;以酚酞作指示剂,用 NaOH 中和样品溶液,定容至 100mL,加 HCl 使溶液呈弱酸性。

试剂:溶液 A: 1.25g 钼酸铵((NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O)/15mL 蒸馏水;溶液 B: 0.0625g 偏钒酸铵(NH₄)VO₃,加 16.5mL 浓缩 HCl,冷却至室温;

将溶液 A 注入溶液 B,混合,稀释至 50mL。

操作规程: 1mL 样品溶液(0.05~1.0mg P) + 1mL 钒酸盐钼酸盐试剂;

混合;读取在 400~490nm 的吸收率(10min~ 几 d 都稳定)

P 浓度/(mg/kg) 读吸收率所在分光度/nm

2~10 420

4~18 470

总 P (%) = 溶液 P 浓度 × 稀释系数 / 所用样品量

附录 E: 植酸磷的测定方法 (Latta and Eskin, 1980)

提取:

在 50mL 离心管中置入植物材料 (1g), 加入 20mL 2.4% HCl (0.65N) (54mL HCl / L 蒸馏水), 室温下摇动 3h;

离心, 稀释, 洗脱, 显色:

取 1.5mL 样品溶液上层清液 + 0.2mL CHCl₃ 置 MC 管中, 摇动 5min, 以 12000rpm 离心 5 min;

取 0.5mL 上清液 (单一原料样品取 0.5mL, 混合饲料样品取 1.0mL), 用蒸馏水稀释至 10mL;

先用 15mL 0.7M NaCl 淋洗阴离子交换柱; 后用大约 15mL 蒸馏水再淋洗一遍, 废弃洗脱液;

让 10mL 样品溶液通过 0.5g (6cm 柱内) 阴离子交换柱 (淋洗 3 份样品后应废弃离子交换树脂); 用 15mL 0.1M NaCl (5.85g NaCl/L 蒸馏水) 洗脱, 回收洗脱液共 25mL。 (此洗脱液含有酸溶 P, 非植酸磷, 可用其它测磷方法分析。)

换管, 加 15mL 0.7M NaCl (40.95g NaCl/L 蒸馏水) 洗脱, 收集洗脱液 (这一洗脱液中含植酸盐, 采用以下方法分析);

取 3mL 洗脱液 + 1mL 威德试剂 (0.03% FeCl₃ · 6H₂O + 0.3% 磺基水杨酸); 混合 (溶液混浊时离心 10min); 读取在 500nm 的吸收率;

标准溶液: 将标准试剂十二烷基植酸钠 C₆H₆O₂₄P₆Na₁₂ (FW 923.8, 纯度 99%, 含水 12%) 溶于 0.7M NaCl 溶液中制成浓度为 5~40 μg 植酸盐/mL 0.7M NaCl 的标准溶液; 1mL 标准液 + 0.333mL 威德试剂; 混合, 离心, 读取在 500nm 的吸收率。

根据标准曲线得出洗脱液中植酸盐浓度, 采用以下公式计算出样品中植酸磷含量。

计算:

植酸 P (%) = 溶液的植酸盐浓度 × 稀释系数 × 植酸盐含 P 量 / 样品重量

（全文完，参考文献 56 篇，略，可向作者函索。电话：（010）65051830；
传真：（010）65052201。电子邮箱：jackcheng@asachzina.org）