

## 能更好反映需要量的磷的模型

Models for phosphorus better reflect needs

著者：L. A. PETTEY

译自：Feedstuffs, June 27, 2005, pp12-13

译者：张丽英

(磷已迅速成为养猪生产体系对环境影响的关注焦点。随着关注的不断增强，把重点放在了通过营养途径来减少养猪生产的磷排泄量上)

通过饲喂具有高消化率的磷源来改善日粮磷的利用率和在猪日粮中添加植酸酶提高磷的消化率已经在降低磷的排泄量方面发挥了很大作用。然而，更大的潜在改善仍可以进一步获得。

在降低磷的排泄量的众多潜在方法中，配制日粮使其更接近每个特殊生产阶段真正需要量最为重要。

假如日粮磷需要量的现行估测值是准确的，且不受与磷代谢相关的猪的生物学方面的因素的影响而保持恒定不变。

估测生长猪磷需要量的一个途径是将净需要量分解成多个因素，当将他们汇总起来时，就是所估测的猪的净磷需要量。这些因素将包括不同饲料来源磷的消化率；用于补偿体内不可避免的磷的损失所需要的磷，以及随着猪生长存留在个体组织中的磷。

在最新版（第10版）NRC猪营养需要量（1988）中，生长猪的磷需要量的估测是基于随着日粮中磷水平的增加其生产性能的经验反应汇编所获得的。

同一论文的作者有能力开发一个综合性模型：用析因法估测氨基酸的需要量，考虑了环境、基因型和性别的变化对猪生长和猪体组织组成的影响，即所有对氨基酸需要量有影响的因素。

在NRC发布时，还没有充足的数据，可用同样办法来估测磷需要量。

### 磷的消化率

猪的不同日粮中，磷的消化率高度依赖于日粮中每种原料中磷的形态。关于这一点毫无争议。然而，体重对磷的消化率的影响可能是定量估测总磷需要量模型中要考虑的一个重要因素。

在一篇广泛文献综述中，Jongbloed(1987)推测，磷的消化率随着年龄增长而下降，但在所综述的文献中只有一篇文献报道了相反的结果。

三种不同体重的猪采食3种不同有效磷水平日粮，磷平衡数据结果比较表明，体重80kg以前表观消化率没有变化，但到体重更大时出现下降（O'Quinn等，1997）。

然而，进行的其他几个试验结果，与这些结论不一致。不考虑日粮中磷或钙的水平，与体重65kg猪相比较，体重100kg猪表观磷的消化率提高约13%，（Eeckout等，1995）。

正如 Jongbloed(1987)所讨论的,不同试验间猪干物质采食量,磷的摄入量和遗传基础的差异可能是导致消化率与体重间关系的差异的重要因素。

鉴于有关体重的影响数据有限,且存在相互矛盾,建立一个考虑消化率在內的磷的需要量模型比较困难。

因此,在此发表的其余资料将着重于建立一个模型,用于估测磷的需要量,使之能最大限度与现行NRC估测的有效磷的需要量相吻合。

### 维持需要

对生长肥育猪,磷需要量的估测从对补偿体内内源损失每天所需要磷的数量开始着手。“不可避免”的磷损失普遍用来描述内源性损失。然而,这个术语也将被定义为包括通过粪和尿损失的磷。

众所周知,当磷的采食量较低时,体内磷的平衡是靠肾脏的再吸收来调控的。因此,当磷的采食量充足时,从尿中排出的磷不能真实反映需要补偿的内源磷损失,而是超过需要量的过多的磷被排出。

磷的纯粹维持需要应该被定义为:采食和消化一个必须补充以维持体内磷的平衡日粮期间的内源损失磷量。

在正常日粮条件下,磷是否存在维持需要可能仍然是个问题,因为肠道和肾脏可以释放磷,因此,在内源性分泌消化酶和消化液中估测磷仍然能被利用。但饲喂含有特殊原料日粮和当干物质摄入量发生变化时,将有潜在的大的变化(Fan等,2001)。

最近进行了大量的估测研究,估测当猪饲喂特殊饲料原料时粪中磷内源磷的比例,这些特殊原料分别为玉米(Shen等,2000)和豆粕(Fan等,2001; Ajakaiye等,2003)。在这些研究中,采用了回归方法,表明增加可消化磷的采食量与磷吸收增加间呈线性关系(Fan等,2001)。

对于豆粕,5~20kg猪粪中能源磷排泄量被估测为每采食1kgDM排泄0.25g磷(Fan等,2001),对于20~50kg猪则为0.45g/kgDM(Ajakaiye等,2003)。对于玉米,20~40kg猪内源磷排泄量被测定为0.67g/kgDM(Shen等,2002)。

这些估测值具有独特的特点,因为他们首次尝试将内源磷损失与特定饲料原料相关联。他们提供证据表明,当磷的饲喂量不超过需要量水平时,内源磷排泄量可能不随磷的采食量增加而变化。

进行了一系列的试验,用于估测反应生长肥育猪纯粹维持磷需要量的内源磷损失(Petty等,2004a)。通过饲喂估测的需要量或低于需要量水平的3种日粮,观察磷吸收与磷摄入量之间线性关系,确定关于体重29、59和98kg猪的线性方程。

为了确定粪中收集的未消化磷,来自每个方程中的Y轴的截距用作理论磷摄入量为零时粪中磷的排泄量的估测。假如研究中所有日粮的磷真消化率相同,在磷摄入水平间不同体重所获得的估测值是一致的。

来自同一份调查研究报告,尿中磷的排泄量非常的低,并且只有当猪饲喂含

磷水平接近需要量的日粮时才会增加。因此，可以确定尿磷不是猪内源磷损失途径，但随着日粮中磷的水平增加而改变。

每个体重组粪中内源磷的损失估测值对体重进行回归，其线性关系如  $Y=63.056+1.632X(R^2=0.996)$ ，其中  $X$  表示体重 (kg)， $Y$  代表内源磷损失 (mg/d)。通过这个方程，体重 20~110kg 范围内猪的每一个体重，每天维持需要量可以得到估测。给定体重范围内的估测值见表 1。

**表1 维持磷需要量的估测**

体重范围, kg	20-35	35-50	50-65	65-80	80-95	95-110
范围内的平均体重, kg	27	42	57	72	87	102
维持磷需要量, mg/d	107.4	132.0	156.5	181.0	205.5	230.1

注：在磷摄入量为零时通过内源磷排出量对体重的线性回归方程获得的估测值。  
回归方程为： $Y=63.056+1.632X$ ， $R^2=0.996$

从这些数据可以明显看出，尽管随着体重增加，估测的每天维持需要量也在增加，但与体重间没有恒定的比例关系。这一观察结果与 Jongbloed 和 Everts (1992) 的维持磷需要量估测值不一致，他们的需要量估测值为 7 mg/kg 体重，其中包括每 kg 体重 1 mg 的尿磷损失。

从目前研究所获得的估测值比较低，可能是由于饲喂了高纯化日粮，与商业化生产条件下的典型日粮相比，该种日粮可能导致含磷消化酶的分泌或含磷细胞的脱落发生改变。

该作者的意图是，这些当前进行的研究所估测的磷的维持需要量反映了猪的纯粹维持需要量。日粮成份的任何影响仍需要进一步确证。当用于估测整个日粮磷需要量时，通过所用饲料原料的表现消化率的估测得到校正。

#### 整个体组织

由于磷参与体内所有能量转换过程，因此，在动物体内磷分布于每个细胞中。磷分布广泛的特性使定量测定和预测整个身体内磷含量似乎不可能。然而，在猪的体内主要组织群中的大的磷池的分布能非常容易被定量，并能提供一个用于磷存留需要量的估测基础。

体内磷主要分布的文献值表明，整个机体内大约 75% 的磷以复杂化合物形式存在于骨组织中，而剩余的 25% 存在于软组织中 (Grenshaw, 2001)。后者又主要存在于瘦肉肌肉群中，主要由于肌肉组织的总质量比体内其它组织重的多。

一个主要问题是体重 20~130kg 猪体内磷的分布是否相同。当然，骨骼中养分的浓度会发生改变，特别是脂肪。骨骼中脂肪的含量随着猪的体重增加而增加，并且也能受日粮中养分供应是否充足的影响 (Crenshaw, 2001; Nicodemo 等, 1998)。

骨骼中矿物元素含量也将随着骨骼的成熟而必然增加 (Mitchell 等, 2001)，

但关于骨骼占整个空体重 (WEB) 的比例的降低是否将导致骨骼磷浓度的增加, 从而使磷的分布保持不变, 没有公开的文献报道。

由于磷实际上参与了全部的内在固有的生物学过程, 骨骼形成中的结构作用, 体内控制磷的平衡调节机制, 生长阶段猪磷的沉积, 这些都是预测净磷需要量的主要决定性因素。

当前对磷存留的理解多数来自 10~30 年前文献报道的数据资料。在猪体内磷的分布也已经被忽视了。因此, 关于磷在体组织中的存留和在体组织中贮存的对率的了解比较少, 这可能是限制建立一个综合性模型的最大因素。

就本篇综述而言, 选择采用了在过去 20 年里进行的有代表性试验的部分文献资料。

Rymarz 等 (1982) 三个不同品种猪的调查研究分析, 磷的含量与空体重的关系是 5.51 (长白), 5.42 (大白) 和 4.79 (汉普夏)。从这一比较可以看出, 似乎品种对生长猪磷存留存在影响 (或体组成因品种不同而有差异)。

Rymarz (1986) 进行的另一个试验研究, 选用了更大规模的长白青年母猪。在该研究中, 磷的存留率与空体重增重间关系是 5.0 g/kg。

在最近发表的研究报告 (Mahan and Shields, 1998) 中, 数据资料来自汉普夏-约克夏-杜洛克×杜洛克猪, 并测定了 WEB 的矿物元素含量。从出生到体重 145kg, 磷含量对空体重增重的关系是 4.37。

在最后的的研究中, 对 36 头大白×长白-大白公猪和青年母猪的总矿物元素含量进行评价 (Hendriks 和 Monghan, 1993)。对于公猪, 空体重每增加 1kg, 磷的获得量增加 4.18g, 而青年母猪的沉积量要略高, 为 4.40g。

尽管不同研究间的比较有些固有偏离, 同一研究内不同遗传基础的影响非常有趣。一个例子是, Rymarz 等 (1982) 的数据, 其中用于所研究的汉普夏猪在研究比较的 3 个最重体重组中比较肥。比较长白和大白猪, 与空体重增重相比, 他们的磷的沉积量最低。

瘦肉生长变化对磷的需要量影响已经在其他的报告中讨论过。磷沉积对蛋白质增重间关系也被估测。整个机体蛋白每增加 1kg, 磷的沉积量增加 35g (Jongbloed, 1987)。Bertram 等 (1995) 研究结果表明, 当增加有效磷的饲喂水平, 具有中等或高瘦肉生长能力的猪的瘦肉沉积率比较高, 但对于高瘦肉增长基因型品种来说, 饲喂比较低的有效磷日粮时, 体重增长速度达最大 (0.22 对 0.32%)。

进行了 2 项研究以测定横跨体重 18~109kg 生长曲线猪不同机体组织中磷的含量和沉积率 (Petty 等, 2004b)。所有 WEB 组织被采集 (毛发, 蹄子, 血液, 粘膜, 头和胴体)。对胴体进行劈半, 左半部分被粉碎用于分析, 而右侧半部分被剥离成软组织, 骨骼和皮。

对 WEB 中存留的磷的估测首先是通过将 WEB 中磷的含量 (g) 与活体重 (kg) 进行对比。所有进行屠宰调查的猪 (n=50) 被包括在回归方程的计算中, 这一关系是线性的, 可表示为  $Y = -5.8881 + 4.4115X$ ;  $R^2 = 0.99$ 。

为了支持用这一线性方程描述磷的得量,活重和磷含量应通过自然对数进行计算。描述这一关系的线性方程被确定为  $Y = 1.418 + 1.009X$ ;  $R^2 = 0.99$ 。

从线的斜率看,对于体重18~109kg猪,磷的质量增加和活重增长几乎成为一体。

因此,先前回归方程被用于估测在每个体重范围的始末体重猪的磷组成,用于沉积率计算的体重范围是18~36、36-54、54-73、73-91和91-109kg。

5个平均沉积率对活体重进行回归,二次曲线适合于这些数据点。描述体重18~109kg生长肥育猪磷沉积量(g/d)的回归方程为  $Y = 0.43885714 + 0.1235342X - 0.00082406X^2$  ( $R^2=0.993$ ),其中X表示活重。从该方程,在体重20~110kg范围内的每一个体重猪体内磷的沉积率可以被估测,并假设对磷沉积量的这些估测可以代表生长肥育猪组织生长磷的需要量。

在应用前面所描述的估测生长肥育猪磷沉积需要量模型的一个重要假设是,体内磷的质量随空体重的增加而呈线性增加。

利用物理剥离的组织和他们各自的化学分析值,开发建立第二个模型以估测磷的沉积量。这可以分别估测骨骼,无脂软组织和空头—血—皮(VHBS)重。在该模型中,骨骼、软组织或VHBS中的磷的含量的线性关系没有被假设。

首先,对在第1模型中描述的体重范围的猪,通过计算体增重,然后除以每一组内每一头猪从始重到达到屠宰体重所需的天数,以估测活体重增重率。描述随着体重增加的生长速度变化的二次曲线被采用,用于计算从20~110kg体重范围内每一活重的生长速度。

骨骼中磷的百分含量随体重增加而线性增加,因此,采用线性方程预测每一体重的磷的百分含量。为了计算骨骼磷的存留量(g/d),骨骼占活重的比例和每一活重骨骼磷的百分含量被乘以体重增重率。

除了无脂软组织外,该方法被用于其他每一个体组成成份的预测。从18~109kg,无脂软组织占活体重保持一个恒定的比例45%,并且无脂软组织中磷的浓度也恒定在0.2%,因此,体重20~110kg范围内所有体重方程中不需要再估测这些指标。

对于相似活体重,来自两个模型计算的每天磷存留量的比较结果如表2。在体重27,45和64kg时,模型2估测的磷存留量比模型1仅低3%,在体重82和100kg时分别只低2%和1%。

表2 磷存留量估测值的比较

磷存留量g/d	平均体重, kg				
	27	45	64	82	100
模型1	3.17	4.33	4.97	5.03	4.55
模型2	3.06	4.17	4.79	4.87	4.48

这两种方法估测的磷的存留量的一致性表明,对于模型1假设体重18~109kg猪的磷的存留量与WEB增重呈线性关系是有效的,并增强了瘦肉组织沉积率预测磷的沉积率的能力。

## 结论

作为养分管理,特别是关于磷,对于商业性养猪生产变得更为重要,对生长肥育阶段猪的需要量需要继续有更好的理解。

可以定量确定影响磷需要量的不同因素的模型的建立,将使开发能满足具有不同遗传类型,不同生长速度猪磷需要量估测值的做各种日粮更具灵活性。

将继续努力对更大群体猪估测体组织磷存留进行估测,并将用于强化完善营养师的能力,并将这些模型用于商业性养猪生产中。