

【编者按】

陈代文教授对于营养源和营养结构的思考在营养学理论和概念上有一定的道理,对这种创新性的科学态度应该给予鼓励和大力提倡,因此,我们特发表了这篇专论,供读者参考。但是这些新的提法还有待进一步完善,需要陈代文教授的团队和全国同行共同努力,为动物营养学理论的与时俱进作出应有的贡献。

## 猪营养与营养源

陈代文 郑萍 余冰 石常友 毛湘冰 黄志清

(四川农业大学动物营养研究所,动物抗病营养农业部重点实验室,成都 611130)

**摘要:** 营养对生物性状的表达、生产性能、经济效益有着明显的影响。营养的全部内涵包括营养素、营养源、营养水平和营养组合。营养及营养源的重要性有待深入认识。本文以猪为例,在讨论营养重要性的基础上,总结了近年来本研究室在营养源方面的研究进展,以推动这方面的深入研究。

**关键词:** 营养;营养源;猪

**中图分类号:** S828

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2012)05-0791-05

猪的营养应该满足其特别的需要,反映不同猪群的遗传潜能和猪群所处环境的影响。猪发挥遗传潜能达到预期的生产性能主要取决于猪所需要的营养物质,包括营养水平和营养源。有关营养水平的研究很多,其在养猪生产中的作用已获得共识,但对营养源的认识还不够。用不同来源的营养素配制成相同营养水平的饲料,饲喂效果却大相径庭,表明营养问题不仅仅是营养素和营养水平问题,营养源及其组合比营养素及其组合更加复杂,也更加重要。本文总结了本研究室在猪营养源的比较效应方面的研究结果,引发对营养源重要性和营养内涵的新认识,以此为砖,期望引出深入探讨营养源理论与实践之玉。

### 1 营养的重要性

动物营养是指动物摄取、消化、吸收、利用饲料中营养物质的全过程,是动物一切生命活动(生存、生长、繁殖、免疫等)的基础,整个生命过程都

离不开营养<sup>[1]</sup>。研究猪的营养对于其生长、健康,乃至经济效益的提高都起着极其重要的作用。

#### 1.1 营养的生物学意义

营养与遗传互作决定生物表型。猪的生产性能受遗传与环境因素的影响,而营养不仅作为一个环境因素影响动物生产性能,而且可以在遗传层面上影响动物的表型。如图 1 所示,以母猪为例,营养和环境共同作用于母猪,决定母猪的养分利用率和内分泌模式,进而影响子宫环境和胎盘发育。胎盘在适宜的子宫环境下发育,母体养分转移到胎儿,胎儿继承了亲本的遗传特性,又在营养影响下出现一定的表型遗传。营养通过对母体的养分利用率和内分泌模式的影响最终影响到其后代的健康状况、生长、胴体品质等。动物出生后的营养模式必须与遗传基础相匹配才能获得最佳表型。本课题组采用低营养水平(低能低蛋白质)和高营养水平(高能高蛋白质)2种饲料分别饲喂地方品种猪和长白猪,试验期从猪 15 kg 至

100 kg。试验结果表明,地方品种猪饲喂低营养水平饲料的饲养效果无论是生产性能还是胴体品质性状均优于高营养水平饲料,而长白猪饲喂高营养水平饲料的饲养效果整体优于低营养水平饲料。该结果证明,营养供给必须与遗传基础相适应,二者的不适宜必然影响动物的表型。

## 1.2 营养的生产意义

养猪产业的经济效益取决于投入和产出的比例<sup>[2]</sup>,影响养猪经济效益的主要因素为生猪价格、饲养水平与饲料价格。生猪价格与饲料价格代表猪粮比,是市场因素;猪场的全群料重比则体现猪场的技术水平。一个猪场的经济效益则可以用公式:猪粮比 $\times$ 全群料重比 $\times$ 60%(假设饲料成本占全部成本的60%)计算,公式计算值大于1表示可以盈利,相反则亏本。生猪价格和饲料价格均受市场因素影响,也就是说猪粮比是不可控的,养猪场唯一可以控制的就是全群料重比。影响料重比的因素很多,包括遗传(猪的品种)、营养、健康、管理等。其中,营养是关键,营养可以影响遗传,健康取决于营养,管理水平则影响营养的效率。因此,营养状况决定了一个品种已定的养猪场的技术水平和经济效益。我国农业部专家称,饲料科技进步对畜牧经济发展贡献远大于其他(畜禽品种、经济管理、疾病防治等)科技进步。

## 2 营养源与营养结构

动物健康是高效、安全、优质生产的前提。动物营养的首要任务是确保动物健康,核心内容是解决动物吃什么、吃多少和怎么吃。吃什么是营养素种类问题,吃多少是营养水平问题,怎么吃是饲喂方式问题,这3个问题(营养“三要素”)的关键都涉及营养源。营养源就是营养素的来源。传统营养学重点关注营养素及其水平,由此制定的饲养标准就是营养素的需求标准,用传统饲养标准指导的饲料工业,其核心技术和检验指标就是配合饲料的营养素及其含量。众所周知,相同营养素和营养水平的不同配方,其饲用效果差异很大。这里的核心问题就是营养源的差异。因此,动物营养的内涵不仅仅是营养素和营养水平,更包括营养源及营养源组合,由此提出“营养结构”概念。

### 2.1 营养源的多样性

营养素的来源是多种多样的。例如,蛋白质可来源于植物性饲料和动物性饲料;氨基酸可以来源于天然蛋白质或者是人工合成氨基酸单体或氨基酸盐;能量可以通过碳水化合物、脂肪或蛋白质提供;碳水化合物可以是淀粉,也可是非淀粉多糖类;脂肪分为植物源和动物源;矿物质也可为有机源和无机源;等等。营养源的多样性不同于饲料种类的多样性,后者用国际分类法或国内分类法<sup>[3]</sup>来归类描述。

### 2.2 “营养结构”新概念

用单体氨基酸按照理想氨基酸模式配制的纯合饲料并不比玉米-豆粕型实用饲料的饲喂效果好。在配制饲料时,不同来源的营养源配制的相同营养价值的饲料,其饲喂效果是不一样的。因此,为更充分描述营养的内涵,我们首次提出“营养结构”概念,以拓展传统的营养平衡的内涵。营养结构指构成饲料的营养素、营养源及促营养素的构成关系。营养结构包括四级结构。营养的一级结构是指饲料营养素及其相互关系,如能量、蛋白质、氨基酸、矿物质、维生素、水等营养素及其相互关系,如能蛋比、氨基酸平衡模式。营养的二级结构是指提供营养素的营养源及其相互关系,如提供蛋白质的酪蛋白、大豆蛋白、玉米蛋白、鱼粉蛋白及其比例关系。营养的三级结构是指营养素与营养源的相互关系,如以脂肪作为能源时,微量

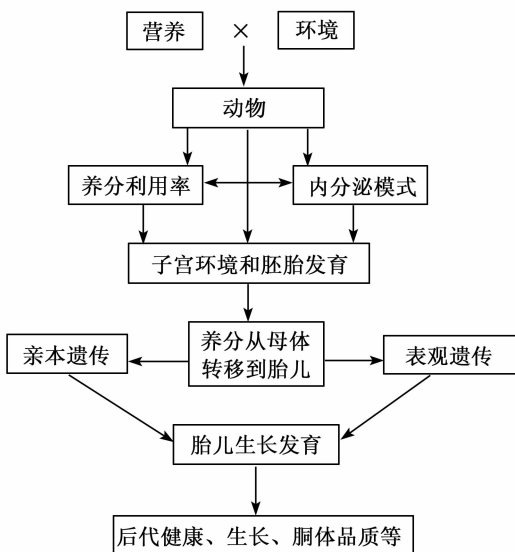


图1 营养对动物遗传表型和后代生产性能的影响

Fig. 1 Effects of nutrition on genotypes and offspring performance

元素有机源比无机源可能更好,但以碳水化合物为能源时,有机源和无机源的差异可能更小。营养的四级结构是指营养素、营养源与促营养素的相互关系,如作为能量源的小麦与酶制剂同时添加,小麦的有效能值就可提高。

科学的营养结构概念既是配制真正全价饲料的指南,又是检验饲料质量的标准。遗憾的是,迄今为止的营养指南及饲料工业大多只关注营养素及其水平,也就是说仍停留在一级结构层次,对二级以上结构知之甚少,研究也十分薄弱。

### 3 营养源的比较效应

营养源的比较效应表现在生产性能、营养代谢、营养需要、代谢调节、微生态效应等方面,以下以本实验室的研究为据,总结营养源在生产性能和微生态效应方面的差异及其可能机制,以认识营养源的比较效应。

#### 3.1 营养源的促生长效应比较

##### 3.1.1 蛋白质源的比较效应

有研究已证实不同蛋白质水平影响仔猪的生产性能<sup>[4]</sup>。最近的研究结果证实了蛋白质源的生产性能调节效应,即相同蛋白质水平的不同蛋白质源也会影响仔猪的生产性能。亓宏伟<sup>[5]</sup>用3周龄断奶仔猪进行14 d的试验,仔猪分别饲喂以大豆分离蛋白、玉米醇溶蛋白、酪蛋白以及复合蛋白(3种蛋白质比例为65:25:10)作为唯一蛋白质源的半纯合饲料,并以营养水平相同的玉米-豆粕型实用饲料作为对照。结果表明,饲喂半纯合饲料的仔猪生产性能显著低于实用饲料;蛋白质源间的比较发现,酪蛋白组的日增重和饲料利用率显著高于大豆分离蛋白组和玉米醇溶蛋白组,玉米醇溶蛋白组生产性能最低;酪蛋白组和实用饲料组的粗蛋白质及氨基酸消化率最高,复合蛋白组和大豆分离蛋白组其次,玉米醇溶蛋白组最低。

为探明蛋白质源的这种差异是否是氨基酸模式的不同所致,亓宏伟<sup>[5]</sup>通过添加氨基酸使各组氨基酸模型完全相同,再次比较各种蛋白质源的差异。结果表明,添加氨基酸可以缩小各蛋白质源在生产性能和养分消化率上的差异,但不能消除差异,表明蛋白质源的效应差异不仅仅是氨基酸组成不平衡所致。

##### 3.1.2 淀粉源的比较效应

淀粉来源不同影响动物的生产性能,不同来

源的淀粉的消化利用率不同。相振田<sup>[6]</sup>用3周龄仔猪比较研究了木薯、玉米、小麦、豌豆4种不同来源淀粉的差异。结果表明,不同来源的淀粉对仔猪生产性能的影响差异不显著,但淀粉在前肠和后肠的消化率存在明显差异。宾石玉等<sup>[7]</sup>以玉米、早籼稻糙米、糯米和抗性淀粉作为淀粉来源,配合4个等能、等氮、等淀粉试验饲料,研究不同来源淀粉对断奶仔猪饲料养分消化率的影响。结果表明,糯米饲料的能量和干物质消化率最高,抗性淀粉显著降低饲料干物质、能量和粗蛋白质表观消化率。饲料淀粉来源不同,其在小肠不同部位的消化率和体外降解程度就不同。宾石玉<sup>[8]</sup>研究表明,糯米淀粉的消化率和体外降解率均显著或极显著高于其他淀粉,其中空肠前段和回肠末端消化率分别为81.90%和99.81%,分别比糙米、玉米和抗性淀粉高68.35%和3.82%、73.63%和7.03%、139.89%和21.31%。

##### 3.1.3 脂肪源的比较效应

脂肪来源不同也影响仔猪的生产性能。陈代文等<sup>[9]</sup>的研究结果表明,在基础饲料中分别添加4.0%豆油、4.0%猪油、4.5%磷脂后,仔猪生产性能均优于基础饲料组,其中豆油组和磷脂组全期饲料利用率及豆油组和猪油组能量、蛋白质、脂肪和有机物消化率均显著高于基础饲料组。邹芳<sup>[10]</sup>用大鼠研究表明,油脂添加量为10%时,大鼠日增重以添加玉米油最好,其次是棕榈油、椰子油,牛脂最差。刘忠臣等<sup>[11]</sup>用3周龄断奶仔猪研究表明,椰子油的促生长效果优于鱼油和猪油。

#### 3.2 营养源的微生态效应比较

##### 3.2.1 蛋白质源的微生态效应

前面的研究已经证实蛋白质源不同会影响仔猪的生产性能,进一步的研究发现蛋白质源不同还能影响动物肠道微生态效应。有研究人员用3周龄断奶仔猪进行17 d试验,比较研究了3种不同蛋白质源饲料对仔猪生产性能和肠道健康的影响。结果表明,饲喂酪蛋白饲料可显著增加胃蛋白酶和胰蛋白酶活性,提高盲肠乙酸、丙酸、丁酸含量和结肠乙酸、丙酸含量;大豆分离蛋白组盲肠和结肠的丙酸含量显著高于玉米醇溶蛋白组。前肠(十二指肠、空肠、回肠)食糜的总细菌数量没有处理差异,但酪蛋白显著增加后肠(盲肠和结肠)食糜的总细菌和乳酸杆菌的数量,提高乳酸杆菌数量占细菌总数的比值,玉米醇溶蛋白组盲肠

和结肠食糜的乳酸杆菌数量及其比例最低<sup>[5,12]</sup>。该试验说明优质的蛋白质源可通过降低肠道 pH、维持肠道组织结构、增加有益菌的数量和比例而有利于肠道健康,劣质蛋白质源则相反。

### 3.2.2 淀粉源的微生态效应

不同来源淀粉因在肠道的消化部位和消化率不同而影响小肠的发育以及肠道微生物的生长繁殖<sup>[8]</sup>。对3周龄仔猪的研究表明,豌豆淀粉显著影响后肠段(盲肠和结肠)食糜的总细菌数量,增加肠道双歧杆菌、乳酸杆菌、芽孢杆菌的数量及其占总细菌数量的比值,降低食糜大肠杆菌的数量;木薯淀粉的作用则与豌豆淀粉相反,玉米淀粉和小麦淀粉对仔猪肠道微生物数量的影响较小<sup>[6,13]</sup>。这种差异的原因与淀粉所含的直链淀粉与支链淀粉的数量及其消化部位不同有关,豌豆淀粉中直链淀粉与支链淀粉比例最高,前肠消化率低;木薯淀粉中直链淀粉与支链淀粉比例最低,前肠消化率高;而玉米淀粉和小麦淀粉的直链淀粉数量和直链淀粉与支链淀粉比例居中<sup>[12]</sup>。

### 3.2.3 脂肪的微生态效应

仔猪肠道微生态环境也受脂肪来源的影响。在大鼠上的研究表明<sup>[9]</sup>,饲喂椰子油时,盲肠内容物大肠杆菌数量最低,而乳酸杆菌数量最高,而牛油的作用与此相反,棕榈油和玉米油居中。刘忠臣<sup>[14]</sup>研究了脂肪来源和大肠杆菌攻毒对仔猪肠道发育及肠道菌群的影响。结果表明,无大肠杆菌攻毒时,各脂肪组小肠形态结构和盲肠内容物微生物菌群结构无明显差异,但当有大肠杆菌攻毒时,各组差异显著。饲喂椰子油可降低盲肠内容物中大肠杆菌数量,增加乳酸杆菌、双歧杆菌数量及其占总细菌数量的比例,饲喂猪油则相反,鱼油居中。这些研究表明,不同来源的脂肪能够调控肠道微生态环境,进而影响动物肠道健康。

## 4 小结

动物营养学的深入研究表明,营养内涵不仅仅是营养素和营养水平问题,而是包括营养素、营养源、促营养素在内的具有多级层次的复杂的关系,营养结构即是描述这些关系的新概念。当前的关注重点应该从营养素转向营养源,研究营养源的比较效应及其机制,在此基础上进一步研究营养源与促营养素的关系。弄清这些问题在理论上有助于我们进一步认识代谢的复杂性,深

入了解营养的本质和营养需要的含义,在实践上有助于改变配方思路,更好地优化营养结构,提高饲料利用效率,促进动物遗传潜力的充分发挥。

### 参考文献:

- [1] 周安国,陈代文. 动物营养学[M]. 3版. 北京:中国农业科学技术出版社,2011.
- [2] 张慧玲. 影响规模化养猪效益的因素及提高措施[J]. 家畜养殖,2009(10):6-8.
- [3] 张子仪. 中国现行饲料分类编码系统说明[J]. 中国饲料,1994(4):19-21.
- [4] 罗洪明. 饲粮不同蛋白水平对早期断奶仔猪生产性能、血液生化指标及免疫机能的影响[D]. 硕士学位论文. 雅安:四川农业大学,2005.
- [5] 亓宏伟. 不同来源蛋白对断奶仔猪肠道微生态环境以及肠道健康影响的研究[D]. 博士学位论文. 雅安:四川农业大学,2011.
- [6] 相振田. 饲粮不同来源淀粉对断奶仔猪肠道功能和健康的影响及机理研究[D]. 博士学位论文. 雅安:四川农业大学,2011.
- [7] 宾石玉,赵霞. 日粮淀粉来源对断奶仔猪小肠淀粉消化率的影响[J]. 贺州学院学报,2007,23(1):141-144.
- [8] 宾石玉. 日粮淀粉来源对断奶仔猪生产性能、小肠淀粉消化率和内脏组织蛋白质合成率的影响[D]. 博士学位论文. 雅安:四川农业大学,2005.
- [9] 陈代文,吴秀群,张克英,等. 不同种类脂肪对早期断奶仔猪生产性能的影响[J]. 四川畜牧兽医,2003,30(增刊):35-37.
- [10] 邹芳. 不同种类脂肪对大鼠生长性能及微生态效应的影响研究[D]. 硕士学位论文. 雅安:四川农业大学,2009.
- [11] 刘忠臣,陈代文,余冰,等. 不同脂肪来源对断奶仔猪生长性能和脂类代谢的影响[J]. 动物营养学报,2011,23(9):1466-1474.
- [12] QI H W, XIANG Z T, HAN G Q, et al. Effects of different dietary protein sources on cecal microflora in rats[J]. African Journal of Biotechnology, 2011, 10(5):3704-3708.
- [13] XIANG Z T, QI H W, HAN G Q, et al. Real-time Taq-Man polymerase chain reaction to quantify the effects of different sources of dietary starch on *Bifidobacterium* in the intestinal tract of piglets[J]. African Journal of Biotechnology, 2011, 10(6):5059-5067.
- [14] 刘忠臣. 不同来源脂肪对仔猪的营养效应及对 *E. coli* 攻毒的保护作用研究[D]. 博士学位论文. 雅安:四川农业大学,2011.

## Nutrition and Nutrient Origins for Pigs

CHEN Daiwen ZHENG Ping YU Bing SHI Changyou MAO Xiangbing HUANG Zhiqing

(*Institute of Animal Nutrition, Sichuan Agricultural University, Key Laboratory of Animal Disease-Resistance Nutrition, China Ministry of Agriculture, Chengdu 611130, China*)

**Abstract:** Nutrition has significant effects on animal genotype, performance and economic efficiency. The core theory of nutrition includes nutrients, nutrient origins, nutritional levels and their interactions. The importance of nutrition and nutrient origins remains to be emphasized. After discussing the importance of nutrition, this review focuses on the comparative effects of different nutrient origins for pigs as an example based on our researches on the purpose of promoting the further study on nutrient origins. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(5):791-795]

**Key words:** nutrition; nutrient origins; pigs