

猪的营养

(1989~1993)

许振英 著

中国·哈尔滨

东北农业大学动物营养研究所

2000年8月

猪 的 营 养

(1989~1993)

许振英 著

江苏工业学院图书馆
藏书章

东北农业大学动物营养研究所

目 录

猪的采食量	(1)
猪的消化	(7)
猪的能量代谢	(13)
猪的蛋白质代谢	(20)
猪的脂肪代谢	(28)
猪与饲料纤维	(35)
猪对常量无机元素的需要	(44)
猪的钙磷需要	(53)
猪对磷的利用	(56)
猪的微量元素需要量	(60)
猪的维生素需要量	(68)
猪的水溶维生素需要	(76)
猪的必需氨基酸需要进展	(81)
仔猪的营养	(88)
仔猪开食料的酸化	(93)
仔猪开食料中脂肪的饲用	(96)
生长肥育猪的营养	(99)
妊娠母猪的营养需要	(109)
哺乳母猪的营养需要	(115)
气温与猪的生产	(123)
附:原《讲座》目录	(131)

猪的采食量

编者按:本期开始连载的营养知识讲座。请畜牧界老前辈,著名动物营养学专家许振英教授撰稿。许老一贯认为,提高科技队伍的知识和技术水平的事,远远超过眼前取得的科技成果。建议读者认真学习许老撰写的讲座,有不理解的问题,请投书本刊,将安排适当篇幅解释。期望有助于提高广大读者的业务水平。

任何生产都取决于投入—产出差。在养猪中,采食是养分投入的第一步。

动物物种各有其既定成年体格,通常以体重表示,并为达到与保持此模样而采食。在生长过程表现为渐进量,故采食量亦随之变更。经驯养的家畜,尽管营养得到保证,但仍不免有饥有饱。了解采食机制,方能有效地组织饲养。另外,用猪来研讨采食与肥胖的关系,也将有助于理解人的肥胖症。

采食量有随意采食量(本能)、实际采食量与规定采食量之别。

1 随意采食量(Voluntary feed intake, VFI)

随意采食量乃动物在自然条件下采食行为的反应。控制系统简图如图1。

由图1可见,随意采食量受三个子系统的制约:在体内由客观存在所构成的反馈信号(A);为感受系统所察觉反映到(B);以在丘脑为中心的控制系统指令产生饱感或饥感而停食或采食(C)。食欲(tuppetite)实即饥感的表现。

反馈系统基本上由:物理因素(a)、生化因素(b)两组内因和环境包括各种应激(c)组成。

(1) 物理调节 胃的填撑程度乃调节采食量的主要因素。在一定范围内,猪的采食量稳定在生理所需的能量水平,即所谓“为能而食(eat for calories)”。胃的最大容量与定期的能量需要相符,达到结构与机制的统一。仔猪胃的容积小就采取增加采食次数以求补救。又如粗饲料的能量浓度低,就加快排空速度,继续采食。胃空或满的信号,由胃壁神经传到丘脑。

体病发烧内温上升,或代谢率提高产热增多,同样减少采食。蛋白质导致的体增热即其一证。

(2) 生化调节 单胃动物如猪吃饱之

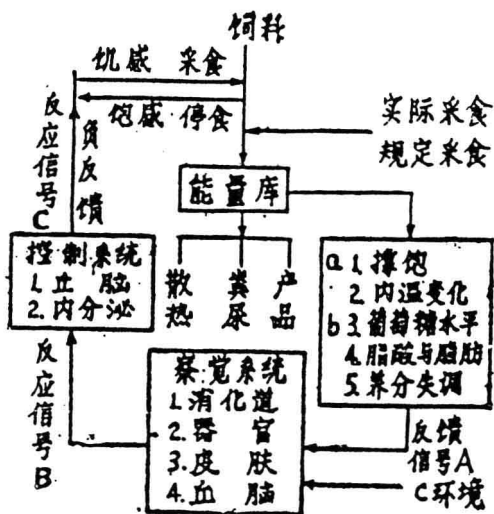


图1 单胃动物采食的控制

后,动脉血糖上升,与静脉血糖拉开差距,形成一反馈条件,被感受器所察觉,传递到丘脑中下位区,指令停食。后经降解代谢,动脉血糖拉平,再反映到丘脑两侧位区,产生饥感,又复开食。

许多养分过多或过少可导致食欲减退,如缺少硫胺素、菸酸、泛酸、食盐、锌、水和过量的钙、碘、铁、锰、尿素等。文献多有报道。

(3) 应激 应激来源繁多,这里着重气温一项。Verstegen 等(1978)总结上 200 次试验结果,以 15℃的采食量为 100,则 5℃为 108.3,10℃ 104.7,20℃为 96.1,25℃为 94.7,高温的负作用更大。Holmes 等(1977)概括在临界温度以下,每降低 1℃多吃的饲料量,随体重而增加:

体重(kg)	20	40	60	80
多吃饲料(g)	13	18	25	33

据此,各因素与采食饲料量及采食能量的关系如图 2。

气温不仅影响采食量,同时还改变增重速度、饲料转化效率、肉脂比例和膘厚(图 3)。采食量与饲料转化效率,均随气温上升而下降(以 15℃为 100)。日增重、背膘厚,尤其是肉脂比则呈剪刀反差。低温时热能消耗增多,削减了体脂沉积,表现为瘦肉相对上升;高温时作用恰好相反。

控制系统以丘脑为主,内分泌为辅。据知,丘脑的不同位区,起着不同作用:

中下位区→饥感→开食

两侧位区→饱感→停食

例如向中下位区注射抑制剂(巴比妥钠)可减弱饥感而少吃,注射到左右位区则刺激食欲(图 4)。



图 2 发量与各因素的关系

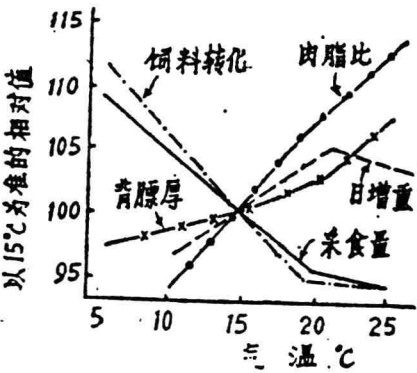


图 3 气温与肥猪生产表现(Verstegen,1978)

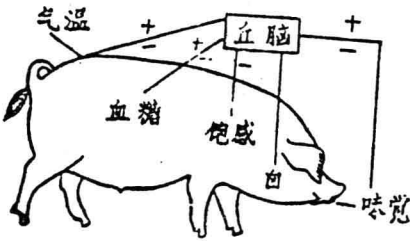


图 4 示意刺激或抑制丘脑采食行为的错综关系

2 采食量的衡量

日常对采食量的理解即一天吃多少,其实质乃一期间内每 24 小时进食量均值。多以重量计,意义不大,因为饲料水分不等,精粗有别。按干物质或风干物质好些,但仍不理想。人们总想寻求采食量变异规律,首先探索与体重(或年龄)的关系。较为常用的概数是体重的 4% 风干饲料。与按饲养标准(中国)规定额差距颇大(表 1)。

表 1 风干饲料常用数与标准定额对比

体 重 (kg)		风 干 饲 料 (kg)	
		按体重 4%	按标准定额
肥 猪	20—60	1.60	1.60
	60—90	3.00	3.71
哺乳母猪	120—150	5.40	5.00
	150—180	6.60	5.20

另外,根据日增重与饲料利用效率,也可推估日饲料量。如日增重为 0.5kg,效率为 3 : 1,则 0.5×3 为 1.5kg。但这仅适于生长猪而不适于母猪。

目前,最适于生长肥育猪的方法是单位代谢体重(W^b)有效能量维持需要量(千卡)的倍数($M \cdot X$),即:

某体重猪的消化能需要量(千卡/日) = $175W^{0.63}x$,英国农委(ARC)总结自由采食猪 $x = 3.5$;我们归纳中国杂交肥猪每天喂两顿的 x 为 3.3;东北民猪为 3.0。亦即自由采食比按顿喂吃的多,杂种猪比民猪吃的多。

3 实际采食量与标准规定采食量

随意采食量属于猪的本能。人们基于各种原因而予控制,使投给量偏离随意量。为使投给量规范化,人们更进一步予以标准化。因之,随意量、实给量与规定量是有差别的。

(1) 仔猪哺乳阶段 哺乳期从 0 到双月不等。国外一般为 3~5 周,我国传统两个月,开始缩短到 40~45 天。初生仔猪特点是胃肠容积小而能量需要大,从频繁吮食高脂肪母猪乳的自由采食方式得到满足。3 周后母乳渐减,人工补饲出现第一度随意采食量与实际采食量之差,增长缓慢。人们企图用高能量、优蛋白的全价诱食料补救。同时仔猪也加快胃与小肠的发育以适应。挫折虽可缓解,但无法避免。第二度挫折出现在断奶过程。由于与上一度的时差 不等而轻重不等。如 3 周龄断奶则两度合而为一;5 周断奶则相距不长,冲击较大,如双

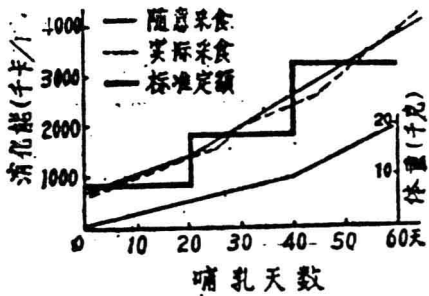


图 5 仔猪采食能量与体重示意

月断奶,则母乳已不多,且仔猪已惯于补料,影响不大。采食量实际上是逐日增加,标准只能分段规定。三者关系有如示意图 5。

(2) 生长阶段 包括育肥猪和后备种猪,大致介于 15~100kg 之间。随意采食量约为维持需要的 3.0~3.5 倍。实际采食量或人为投给量可划分为 5 种,即:不限食——前后期均自由采食;限食——前期或后期均限制定额、前高后低、前低后高、前后期均低。

①不限食或自由采食 即充分发挥猪的随意本能。为此,多采用自食箱。比顿喂的采食多,长的快,但饲料效率较低。表 2 举 Cole 等的对比结果。

表 2 自由采食与每日两顿对比

采食方式	全期共吃 (kg)	日增重 (g)	料肉比	眼肌面积 (厘米 ²)	腰 厚* (毫米)
自由采食	283.6	667	4.06	24.8	33.00
两 顿	236.4	640	3.35	25.1	29.67
+- (%)	+10	+4	+21	-1.2	+11

* 三点均值。

看来,除了节省劳力,提前出栏外,不限食的饲养方式优点不多。

②限食 肥育全期每天喂 1~3 顿,统属于限食。常规早晚两顿;国外有采用一顿喂饱的方式,效果相仿。国内仍多沿用三顿办法,好处不明显。

前期不限、后期定额是养瘦肉型猪的常用方式,以控制后期脂肪沉积,喂量为顿喂不限量的 80~90%。大致每减少能量 10%,可提高瘦肉率 1.0~1.5 百分点。表 3 是 Davis 1974 年的试验。日增重与限食程度基本同步。

表 3 饲养水平与增重及瘦肉率

饲养水平 (%)	日 增 重 (g)	百 分 比 (%)	瘦 肉 率 (%)
105	840	106	54.6
100	790	100	54.7
90	730	92	55.8
80	640	82	57.2

前低后高,亦即我国传统的架子肥育,既阻碍了幼龄生长强势,又助长了后期沉积体脂的劣势,为商品养猪所不取。

国外对后备母猪,并无采食量规定,即按生长猪饲养。中国本地猪性早熟,同时过早沉积体脂。为此规定按生长猪定量酌减,减肥适当推迟初配年龄。

(3) 妊娠阶段 多次试验证明,母猪孕期过胖,有害无益。采食能量相当维持需要的 1.5 倍即可保证正常繁殖。目前在规定采食量上有两种措施,其一为美国科委定额,从配种到分娩每天 1.82kg,充分发挥母猪的自身调节本能;其二为中国标准,结合胚胎发育先慢后快特点,前 3/4 期按维持 1.3 倍,后 1/4 期增到维持的 2 倍。当前课题是:喂量是否再减少(可能性很大)和临产前加喂是否有利于泌乳(可提高乳脂率)。

(4) 泌乳阶段 无论哺乳期长短,应敞开供料。泌乳母猪的采食量为维持需要量加全窝仔猪的需要量,大致为维持需要能量的 3.5~4.0 倍。事实上产后头几天的食欲满足不了泌乳所需,临断奶前又得人为地减料。因之实际采食量与随意采食量前后均有差距。而

标准所规定的统一定额,更与实际不符。

哺乳母猪的喂量应综合考虑。表 4 以 King 等(1985)试验为例。

在 4 周龄断奶的体制中,喂量多少不影响断奶窝仔数或再发情的排卵数。母猪牺牲体重尽量维持泌乳,表现在 0~21 天仔猪增重差别不大,但第 4 周明显有别。尤其值得注意的是再发情期拖长。该试验结果绝不能延伸到双月断奶体制。

表 4 哺乳母猪饲养水平与母仔表现

每日料量 (kg)	哺乳期减重 (kg)	28 天断奶 仔猪数	仔猪日增重(g)			断奶后再 配天数	排卵数
			0—21 天	22—28 天	0—28 天		
1.51	-44.5	8.2	180.9	136.2	169.7	29.8	12.2
2.21	-30.8	8.2	177.1	155.6	171.8	25.0	13.3
2.90	-27.4	7.9	191.9	184.0	189.8	21.2	10.9
3.58	-19.6	8.3	185.2	193.3	187.2	14.6	13.3
4.21	-15.8	8.1	209.7	193.5	205.7	15.5	11.7
4.83	-9.0	8.2	192.9	192.7	192.8	7.8	12.0
最小显著差		0.6	22.8	29.2	21.7	12.5	1.8

4 阶段间相互关系

生物体具有既定的稳恒体态,又具有颇大的适应力。这表现在阶段之间,母仔之间与产品之间。既从猪的随意采食量反映出来,更由饲养者给人以人为的调整,并以饲养标准形式概括规定。下面试图把妊娠与泌乳两期的随意采食能量、实际采食能量和标准规定量(美、中)纵向与横向联系起来,如图 6。图中采食能量按维持需要的倍数,列示(1)哺乳母猪在 3 周或 8 周断奶,(2)母猪断奶后配种间隔与(3)妊娠母猪的随意采食量,实际需要量与美国科委及中国标准之差。美国标准中 3 周断奶随即转入配种期饲养,可缩短 5 周。妊娠期按客观需要或标准规定饲养,可节省大量饲料。

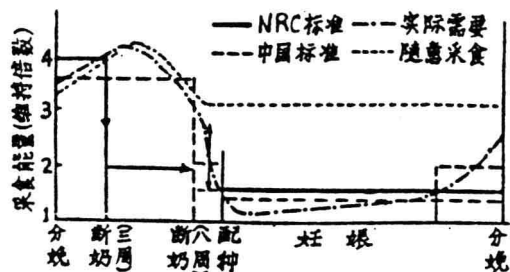


图 6 哺乳母猪与妊娠母猪随意采食量、营养需要与饲养标准的关系

参 考 文 献

- 1 ARC. , Nutrient Requirements of Pigs. 1981; CAB
- 2 Baumgardt, B. R. , Voluntary Feed Intake. In Hafez, E. S. E. et al edit Animal Growth and Nutrition. Lea and Febinger, 1969; 121~137
- 3 Chang, H. L. et al. , Livest. Prod. Sci. 1988; 18(2): 141~154
- 4 Church, D. C. and W. G. Pond. , Basic Animal Nutrition, 2nd edit. John Wiley and Sons, 1982; 270~282

- 5 Cole, D. L. A. edit. , Pig Production. Butterworths, 1972; 243~258
- 6 Henry, Y. , Livest. Prod. Sci. , 1985; 12(4): 339~354
- 7 Holmes, C. W. , Nutrition and the Climatic Enviroment, edit. Haresign et al. Butterworths, 1977; 51~73
- 8 Houpt, T. R. , J. Anim. Sic. , 1984; 59(5): 1345~1353
- 9 Johnston, L. J. et al. , J. Anim. Sic. , 1986; 63(3): 804~814
- 10 King, R. H. et al. , Anim. Prod. , 1986; 42(1): 119~125
- 11 NRC, Nutrient Requirement of Swine, 9th edit. , 1988
- 12 O'Grady, J. F. et al. , Livest Prod. Sci. 1985; 12(4): 355~365
- 13 Reese, D. E. et al. , J. Anim. Sci. , 1982; 55(1): 590~598
- 14 Verstegen, M. W. et al. , Canad J. Anim. Sci. , 1978; 58(1): 1~13
- 15 许振英译,猪与环境温度,中国动物营养研究会,1983;25~38
- 16 胡殿金译,生长肥育猪同猪舍温度和饲养水平的关系,中国动物营养研究会,1983;39~46
- 17 许振英译,气温与猪的生产简述,中国动物营养研究会,1983;42~55
- 18 中华人民共和国专业标准,瘦肉型生长肥育猪饲养标准,1985

猪 的 消 化

消化是猪食后对饲料的第一道加工,吃进的虽是饲料,消化的则是饲料所含的养分,包括有机物和无机物。有机物中包括有机物本身,概括有机物的能量和构成有机物的四大成分:粗蛋白、粗脂肪、粗纤维和以无氮浸出物命名的可溶碳水化合物。它们从入口到排出,经过各器官分泌的消化酶和微生物的水解和发酵,大部分被吸收,少量由肛门排出。下面简要介绍消化道的构造与功能;然后是消化的衡量与其影响因素;最后落实到应用,着重仔猪与成猪。

1 消化道的结构与功能

这里着重大猪,断奶前仔猪将另节分述。

(1) 消化道的长度与容量

表 1 几种家畜消化道的长度与容量(%)

畜 别	胃 容 量	小 肠		盲 肠		大 肠	
		容 量	长 度	容 量	长 度	容 量	长 度
猪	29.2	33.5	78	5.6	1	31.7	21
牛	70.8	18.5	81	2.8	2	7.9	17
马	8.5	30.2	75	15.9	4	45.4	21
狗	62.3	23.3	85	1.3	2	13.1	13

以上是成年家畜的相对量,绝对值的意义不大,即便如此,变幅也很大,尤其象猪,受品种、年龄与饲料(精粗)的影响,如 Pond 等(1988)用细胞壁(即中性洗涤纤维)占 13.0% 或 43.3% 的饲料喂猪到 90 千克,胃的重量分别为 0.433 与 0.643 千克,盲肠分别为 0.141 与 0.167 千克,结肠分别为 3.38 与 5.234 千克;盲肠容量分别为 1.7 与 3.3 毫升/千克体重,结肠分别为 12.8 与 25.8 毫升/千克。

以杂食为主的猪,胃比草食的牛或肉食的狗小,肠道恰好相反。与马相比则胃大而后肠(盲肠、结构的总称)小。

东北民猪与瘦肉型三元杂交相比,胃、小肠与盲肠、结肠都较重(1:0.9~0.8)(许振英,1988)。

(2) 养分在消化道的经过

按碳水化合物、粗蛋白质和脂类概述。

①碳水化合物 常规分析划为粗纤维与无氮浸出物。按化学结构主要是淀粉、蔗糖、乳糖、木聚糖和半纤维素与纤维素。淀粉由唾液分泌的 α -淀粉酶开始水解,经食道到胃停止。胃液不含任何糖酶。进入小肠后,由胰脏分泌的胰淀粉酶和肠粘膜分泌的乳糖酶、麦芽糖酶(即转化酶)、异麦芽糖酶和葡糖淀粉酶继续分解为葡萄糖、麦芽糖与半乳糖。胃里共生的微生物将易溶碳水化合物酵解为乳酸和少量的挥发性脂酸(乙、丙、丁酸)。进入小

肠发酵基本停止。盲肠、结肠里滋生的微生物群落,与瘤胃相仿,分解半纤维素与纤维素,产出可吸收利用的挥发性脂酸。

②**脂质** 饲料中的类脂以甘油三酯为主。在胃与小肠由胃脂肪酶与胰脂肪酶及肠膜脂肪酶水解为甘油与脂酸及中间型的甘油一酯和甘油二酯。磷脂与胆固醇亦分化解。

③**粗蛋白** 乃氯化物的总称。其中真蛋白在胃经胃蛋白酶分解为胨、肽与多肽。进入小肠再由胰脏分泌的胰肽键内切酶类和粘膜分泌的肽键端解酶分别分解出中性、碱性和酸性氨基酸,还有短肽。核酸则由核酸酶分解出单核苷酸。

进入后肠的残余蛋白或氨基酸,经微生物活动或合成细菌蛋白或脱氨基不等,随粪排出,不被回收。

全过程如表 2 所示(采自 Doke's,经作者补充)。

(3) 食糜运行

即饲料从入口到排出的间隔,包括流速与流量。目前通用的方法是计量一种标记物在粪 5%(初现)与 95%(终现)的时数。多次报道不等,大致 5%出现为 10~25 小时,95%出现为 50~80 小时(kidder 等)。其中胃可达 30 小时,小肠 2.5~3.0 小时,后肠 30 小时。仔猪快于大猪,粗料快于精料,稀料快于干料。Warner(1981)报道,猪的排出时间与人相近(43.3:45.6 小时),比鸡(6.6 小时)慢,比牛(68.6 小时)快。

表 2 猪的消化处所酶与产物

	底 物	口 腔	胃	小 肠 胰 脏	后 肠	产 物
碳水 化合物	淀粉、蔗糖、乳糖、木聚糖	α -淀粉酶 (唾液腺) 发酵		(胰脏)胰淀粉酶 (小肠粘膜)乳糖酶,麦芽糖酶(转化酶),异麦芽糖酶,葡萄糖淀粉酶		葡萄糖,麦芽糖,半乳糖 乳酸,乙、丙、丁酸
	纤维素 半纤维素					
类脂肪	甘油三脂		胃脂肪酶	胰脂肪酶,小肠脂肪酶 磷脂酶,碱性磷脂酶 胆固醇酯酶		甘油,甘油二酯,甘油一酯,脂酸溶血卵磷脂 脂酸,固醇类
	磷脂 胆固醇					
粗 蛋 白 质	蛋白质		胃蛋白酶 (胨) (肽) (多肽)	(胰脏)胰肽键,内切酶 胰蛋白酶 糜蛋白酶 弹性蛋白酶 羧肽酶 A、羧肽酶 B (小肠粘膜)肽键端解酶,氨基肽酶	脱氨基 微生物合成	氨基酸 中性 碱性 酸性 小肽 尿素,蛋白质
	核酸					

(4) 哺乳仔猪消化特点

循其自然的仔猪消化系统,是与传统的全乳渐向杂食过渡相适应的。猪乳水分占 80%,乳脂 7.5%,乳蛋白 6.0%,乳糖 5.0%,乃高能量、优蛋白、糖成分特殊的液态食物,几乎全被消化,与即便是配合良好的补料亦极其悬殊。提早(3~5 周龄)一刀切的断奶方式,使仔猪失调。了解从初生到达到应付配合料这一短程(约两个月)的消化机制,将有助

于安排仔猪饲养。

糖酶 唾液的淀粉酶不起作用,小肠前端(十二指肠)粘膜所分泌的乳糖酶,是分解仔猪主要糖源乳糖的专用酶。从生后第一周活性最高(kidder,1978),逐渐到第七周相当成年水平。20日龄淀粉酶很少,难于处理淀粉,其后迅速上升。此时,麦芽糖酶与蔗糖酶的活性也低。

概括仔猪对糖类的适应性:葡萄糖——不需消化,适于任何日龄;乳糖——适于幼猪,渐不宜于5周龄猪;果糖——不适于极幼猪;麦芽糖适于任何日龄,然不及葡萄糖;蔗糖——极不宜于幼猪,渐进到9周龄适宜;木聚糖——不适于2周龄前;淀粉——要熟食,同蔗糖。仔猪从生后即遭细菌感染,胃内开始糖类酵解,产生少量乳酸。

蛋白酶 关于猪凝乳酶的报道不多,设想应与其它家畜无异,凝结酪蛋白,延长其在消化道滞留时间(如酪蛋白可停留42小时、大豆蛋白仅19小时);同时连同胰蛋白酶分解乳蛋白。随着日龄的增长和固体食物的增多而凝乳酶活性下降,胃蛋白酶活性加强。生后24小时内,初乳含有一种抗胰蛋白酶因素,能保护免疫球蛋白不被分解,以大分子被吸收。

脂肪酶 体脂仅占初生仔猪的1%,但增长迅速,需要正好由乳脂提供的饱和脂肪。关闭在凝结酪蛋白团的乳脂,由酯酶大量水解,剩余的在小肠内完成,可达到100%。

2 消化的衡量及影响消化率的因素

(1) 消化的衡量

养分被消化的程度,用消化率表示,即通常所指的“表观消化率”为:

$$\frac{\text{食入某养分} - \text{粪内该养分}}{\text{食入某养分}} \times 100$$

干物质、有机物、能量、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维(中性洗涤纤维,酸性洗涤纤维,半纤维素、纤维素)、无氮浸出物、粗灰分甚至维生素、矿物元素均可依此衡量。目前,大部分数值是用活体直接(单个饲料)或间接(代替饲料)实测所得。近来创新了简便易行的体外消化法。

事实上,随粪排出的同名养分,夹杂有脱落肠膜、消化液和微生物发酵产物,并非实在的非消化残余。故又有“真正消化率”的提法。真正消化率与表现消化率之差,主要反映在蛋白质与氨基酸上。第一,所谓粗蛋白质的消化率,仅只是饲料氮 $\times 6.25$ 与粪氮 $\times 6.25$ 之差。而两者含氮化物的氮含量,绝非统是16%。因之,所谓粗蛋白的消化率,其实乃氮的消化率。第二,粪内氮既包括饲料未消化部分,也有来源于肠道的氮化物(即所谓代谢氮),粗蛋白的表观消化率应低于真正消化率。第三,蛋白质降解为氨基酸完成于小肠末端,进入后肠,经历微生物的合成或分解,到了肛门已非原样。由而推论,蛋白质的真正消化率应以回肠末端为准。近来大量回肠与直肠末端氨基酸消化的对比,在测定氨基酸真正消化率的同时,还了解了后肠内氮化物的变化。就多数氨基酸而言,肛门消化率高于回肠末端,但赖氨酸、蛋氨酸与苯丙氨酸则不然。

能量也有表观与真正消化率的问题。惯例把可燃气体(甲烷)列归代谢损失,究其实应

是消化损失。所以,能的真正消化率略高于表观消化率。

表 3 谷实不同磨碎程度的有机物、能和氮的消化率

燕麦 有机物(%)	67.5(中磨)	75.9(细磨)	56.7(压扁)
大麦 能 量(%)	78.0(9.35 毫米)	79.8(4.68 毫米)	80.3(1.56 毫米)
		79.6(压扁)	63.8(整粒)
高粱 能量(%)	90.5(细磨压片)	86.8(6 毫米)	85.8(3.2 毫米)
B (%)	85.3	79.6	77.1
小麦 能量(%)	74.8(整粒)	86.1(细磨)	85.6(压扁)
N (%)	75.3	90.0	89.5

和蛋白质一样,粪内粗脂肪也含有来自消化道本身和微生物合成的小部分。表观消化率同样高估了饲料脂肪的真实消化性。

(2) 影响消化率的因素

Whittmore(1967)估计猪的养分的消化率为:淀粉 80~100%;脂油 80~100%;蛋白质 70~90%,纤维 3~25%。上下相差约 1/5,已经够大,实际上还不只此数。影响消化率(表观)的主次因素很多。结合国内情况,择其主要的扼要介绍。

①喂前加工 喂前加工有蒸煮、磨碎、加水等。加热主要影响碳水化合物和蛋白,最值得注意的是马铃薯和豆类。生和熟马铃薯的消化能值分别为 3.20 千卡/克干物质和 3.93 千卡/克干物质,原因是生的不易被胰淀粉酶水解。豆类,特别是大豆还含有阻抗胰蛋白酶和糜蛋白酶活性的因素和妨碍淀粉酶活性的外源凝集素。生熟谷实的差别不大。

磨碎可提高干物质、能与氮的消化率(表 3)。但有壳与无壳谷实对磨碎细度的反应不同。燕麦、大麦以细磨有利,高粱、小麦粗磨有利。

颗粒化并不提高消化率。

②纤维成分 饲料内纤维物质可用粗纤维、中性洗涤纤维(构成细胞壁的半纤维素+纤维素+木质素)或酸性洗涤纤维(纤维素+木质素)表示。本文仅就粗纤维简介。多次试验总结,粗纤维每增减 1 百分点,可减增饲料中有机物的消化率 1.5 百分点。Fernondez(1986)归纳不同来源粗纤维占饲料的 2~20%时,每增加粗纤维 1 百分点,可降低能量的消化率 1.7 百分点,降低粗蛋白的消化率 1.4 万百分点,与上近似。Varel 等(1988)用苜蓿草粉占 1%或 80%的饲料喂中猪,解析对纤维中不同成分的消化程度如表 4。由表 4 可见,不仅降低了能量的消化率(1.5 百分点),而且纤维物质本身的消化率下降更大。

表 4 中猪对纤维中不同成分的消化程度(%)

苜蓿草粉 (%)	细胞壁		纤维素		半纤维素		能 量
	含 量	消 化	含 量	消 化	含 量	消 化	
1	13.0	62.3	2.7	64.0	10.3	65.1	84.7
80	43.3	17.0	21.8	17.0	14.3	34.1	41.7

③饲料通过消化道速度 纤维物质含量是速度快慢主要理由之一。许振英(1988)在添加中性洗涤纤维 0%,10%,20%的对比中,发现食入与 50%排出的间隔发别为 76,68 与 56 小时。通过速度加快,也是粗纤维致使其它养分消化率降低的主要原因。另外,细胞

壁还封闭了细胞内容物与酶的接触。

颗粒化饲料的通过速度比粉料快。

④猪本身的影响 一是年龄,二是品种。5—6 周龄前仔猪对母乳的消化力强和对固体食物养分消化力弱,已如前文。从断奶到成年,消化力有上升趋势。在 20—90kg 阶段, Thorbek 发现,随着每 10kg 体重的增加,能量的消化率上或约 0.5 百分点;粗蛋白基本不变。Nordfeldt(1954)总结不同体重级的消化率列于表 5。

猪不同体重级的消化率(%)

体 重 (kg)	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	无氮浸 出 物
100>	77.9	64.1	23.2	88.0
100—180	79.1	59.3	25.7	89.1
180<	77.1	55.9	41.3	91.7
	不显著	显著	极显著	极显著

看来,把用中猪测定的消化率,特别是代表能源的粗纤维和无氮浸出物应用于成年猪,显然低估了消化能值。

品种间究竟有无差别,特别是中国猪耐粗饲的素称,一向为人们所关注。徐孝义曾在生长肥育、后备、妊娠和哺乳的东北民猪与哈白猪进行消化率的对比。对能量、粗蛋白与粗纤维东北民猪比哈白猪高 5~10 百分点。哈白比杜洛克在 60~80kg 阶段的能量与粗蛋白消化率无显著差别。

3 “消化”与养猪

广义的消化(包括发酵)这一现象,乃消化道内物理与化学动态的全过程。百余年来激励着解剖组织、生理生化、医药等学科为之不懈探索。畜牧工作者所关心的仅只其中一个侧面,即养分的消化性。最早目的是在常规分析的基础上,进一步数量化地评价与评比饲料价值。为此,不少国家在不同年代,整理大量消化试验资料,编订了饲料营养成分表册。在猪的饲料中,曾一度采用消化能(千卡/kg)与粗蛋白及可消化粗蛋白(%)。继因喂猪饲料中粗蛋白的消化率差异不大而仅用粗蛋白。现今猪的饲料成分表或猪的营养需要中,消化能与粗蛋白乃数量上最大的两项指标、消化能可以直测,也可按可消化养分乘常数(即各养分的热价)推算。

[饲料总能(千卡/kg)－粪能]/总能×100=能的消化率(%)

能的消化率(%)×总能(千卡/kg)=该饲料消化能(千卡/kg)

或:

饲料消化能(千卡/kg)=消化粗蛋白(g/kg)×5.76+消化粗脂肪(克/kg)
×9.44+消化粗纤维(g/kg)×4.4+消化无氮浸出物(克/kg)×4.09

我国喂猪饲料蛋白来源驳杂,消化率差别较大。可消化粗蛋白一项,仍应保留,但须单另实测。

“消化”应用的另一领域是仔猪培养。当前关键是断奶日粮和转群(出场)体重。如以提早与体大为目的,当然要迎合仔猪消化系统特点,尽可能配备高成本优质的诱食料与开食料(北美、西欧)。不过,考虑我国具体条件,应更多地发挥母猪泌乳本能,并加快消化道向应付固体食物转进,以适应较廉价的开食料。成本降低。体重当然较轻,可留待以后补救。

成猪的消化力亦在有潜力可挖。尤其是妊娠母猪。高纤维饲料的消化率虽低,但一般成本亦低。孕期可占全年的60%。近年多次试验证实,即和苜蓿干草粉占97%的饲粮喂妊娠母猪,繁殖依然正常。主要是发挥了后肠对纤维的发酵作用,回收一定的能量,同时还节省精料蛋白与外加添加剂。为此,对后备母猪应赶早多喂粗料,开拓后肠的发育,为配种后多吃优质粗料(绝非秸壳)打基础。

其实,生长肥育猪如不强求高日增重,亦可适当搭配青绿多叶粗料。

参 考 文 献

- 1 Balyleg H S. J. Anim. Sci. 1978; 46 (6): 1800~1802
- 2 Corring J. Live. Prod. Sci. 1982; 9(3): 581~590
- 3 Fernandez J A. Live Prod. Sci. 1986; 15(1): 53~71
- 4 Fowler V R. Nutrition of the Piglet. In "Recent Developments in Pig Nutrition", Butterworths, 1985; 222~229
- 5 Kidder D E, M J Manners. Digestion in the Pig. Scientetchnica, Bristol, 1978
- 6 Kidder D B et al. Brit. J. Nutri. 1980; 43(1): 141~153
- 7 Lawrence T L J. Processing and preparation of Cereals for Pig Diets. In "Recent Developments in Pig Nutrition", Butterworths, 1985; 230~245
- 8 Lewis D et al. The Provision of Nutrients, In "Nutritional Physiology of Farm Animals", Longman, 1983; 3~27
- 9 Lin F D et al. J. Anim. Sci. 1987; 64(1), 1655~1663
- 10 National Research Council. Effect of Processing on the Nutritive Value of Feeds. 1972; 23~31
- 11 Owsley W F et al. J. Anim. Sci. 1981; 52(3): 557~586
- 12 Pond W G, K A Houpt. The Biology of the Pig. Cornell Uni. Press. 1978; 277~292
- 13 Pond W G et al. J. Anim. Sci. 1988; 66(3): 699~706
- 14 Reret A. J. Anim. Sci. 1978; 46 (6): 1808~1837
- 15 Swenson M D edit. Dukes physiology of Domestic Animals 9th edit. Comstock Publishing Co, 1977, 219~232
- 16 Varel V H et al. J. Anim. Sci. 1988, 66(3): 707~712
- 17 Warner A C I. Nutri. Abst. Rev. 1985; 51(12): 789~820
- 18 Whittmore C T. Elements of Pig Science. Longman, 1987; 86
- 19 许振英. 东北农学院学报, 1988; (3): 1~22

猪的能量代谢

1 引言

能量是人与动物营养中投入量最大的养分,也是中国食物与饲料结构中最短缺的资源。在猪,多数国家采用消化能体制,少数采用净能制。实际上体内能量代谢的起点应是代谢能(ME),亦即经吸收进入各组织器官的能量,用于合成大量体脂与体蛋白,和少量血液中的游离脂酸、氨基酸与单糖以及细胞内的高能键能(如三磷酸腺苷,ATP)。下面以60千克肉猪为例,概约剖析其能量收支:

采食(兆卡/日)		产热	沉积
1. 维持	3.10ME		
(1) 绝食代谢		1.30	
(2) 各种运动		0.90	
(3) 体蛋白周转		0.90	
2. 生产	3.30ME		
(1) 体蛋白	0.70ME		
沉积			0.57
合成耗用		0.13	
(2) 体脂肪	2.60ME		
沉积			1.90
合成耗用		0.70	
总共	6.40ME	3.93	2.47

每日摄取的6.4兆卡代谢能,仅40%转化为产品,60%消耗于维持和合成,以废热形式逸失,看来效率是不高的。若按食入总能折算,则效率更低,徐孝义(1987)曾总结喂猪总能、消化能、代谢能与产品能的比率(%)关系为:100:89.34:86.67:38.10,意即总能仅38%或代谢能44%变成猪肉。

一头100千克肥猪的含蛋白质14~16千克,脂肪30~40千克,共计370(瘦型)或450(胖型)兆卡,约需投入1000~1200兆卡代谢能,转化效率也不到40%,我们的任务,就要在理解能量代谢的生物化学基础上,剖析构成代谢效率的组分,想方设法予以提高。

2 能量代谢的生化基础

伴随着能量传递的养分转化,由三个垂直循环:糖酵解循环,三羧酸循环和氧化磷酸化循环以及由氨基酸组成的蛋白质合成与降解周转和由脂酸与甘油组成的脂肪循环两个旁支构成养分与能量代谢系统。其底物为葡萄糖、挥发性脂酸、氨基酸、脂酸与甘油。终产

物则是葡萄糖、乳糖、蛋白质、脂肪以及它们所含的潜能,高能磷酸键能和排出废物能与废热。理论上合成效率为:

葡萄糖	→乳糖	92.5%
氨基酸	→蛋白质	88.0%
外源脂肪	→体脂肪	97.0%
内源脂肪原料	→体脂肪	82.6%

在实际中都达不到。

3 猪的能量转化效率

研究猪的能量转化可循两个途径:

a. 经验法(empirical)即定量测定总投入与总产出差,如:

$$\text{沉积总能} \div \text{食入总代谢能} \times 100$$

所得值称之为总效率(如上文的40%)。知其然而不知其所以然,而且难于总结变异规律。我国制订的猪饲养标准中规定的能量需要指标(消化能),就是在自由采食条件下归纳若干次试验取得平均日增重所投给饲料的消化能含量。

b. 析因法(factorial)长期以来,把能量需要剖分为维持与泌乳两个分量的方法,已应用于奶牛。为此开展了对维持能量需要与泌乳能量需要的研究。从30年代起也开始了猪的工作,在此基础上,Kielanowski等(1970)经反复验证,提出多元回归的析因方程:

$\text{ME 需要量} = \text{维持} + 1/K \text{ 体蛋白能} + 1/K \text{ 体脂肪能}$ 亦可简化为: $\text{维持} + 1/K \text{ 增重含量}$

同样适用于泌乳母猪(维持+1/K乳能)或妊娠母猪(维持+1/K子宫内容能量)。为此,必须分别掌握各个分量的需要量。

1) 猪的维持能量消耗

占采食能量将近一半的维持能量消耗,全部以废热逸失。进一步剖分,包括两大部分:其一为绝食(或基础)代谢,其二为运动消耗。绝食代谢又分为服务机能与细胞维持,分别由各种功能耗损不等能量:

服 务 机 能		细 胞 维 持	
肾功能	6—7%	蛋白质周转	9—12%
心功能	9—11%	脂肪再合成	2—4%
神经功能	10—15%	离子传递	30—40%
肝功能	$\frac{5-10\%}{35-50\%}$		$\frac{40-56\%}{40-56\%}$
绝食代谢		100%	

在此基础上还得附加采食活动(咀嚼、消化、吸收)和自由运动的能量消耗。后者由于环境不同而多寡不一。处于适温以外的猪,当然不免调温耗能。在合理舍饲条件下,一般为绝食代谢的12%。

接下来是维持消耗的定量及其变异规律(如体重、特别、气温等)。猪和其它恒温动物