

ISSN 0254-6019

热带养猪

粮农组织
家畜生产和
卫生丛书 132



联合国
粮食及农业
组织



前 言

猪肉在世界上是最大的肉源。由于许多国家因宗教信仰而不生产和消费猪肉,因而在世界其它地区猪肉就更为重要。

中华人民共和国是最大的生产和消费国,其畜牧业包括养猪业在过去的 20 年中得到了前所未有的增长。世界上人口最多的国家喜好猪肉并由于飞快的经济增长而使需求提高,这就需要极大的增加猪肉供应。而依靠目前的饲喂制,就需要投入大量的谷物和蛋白饲料。

单胃家畜生产,包括猪和家禽,对世界上许多国家动物蛋白的生产作出了极大的贡献。迄今为止,其成功所在是近乎完整的成套技术的采用,包括父母代和种畜,设备,医药和饲料。饲粮构成几乎都以谷物和油粕为基础,而从原则上说这都直接或间接的与人的食物竞争,并得大量使用由矿物燃料转化的投入物。

许多热带国家不能生产传统饲粮中的成分或由于优先考虑众多人口的需要而不能将其用于动物饲料。从而要研究,开发和推广替代饲喂制以确保养猪业在这些热带国家持续发展。

本书对非传统饲料进行了广泛的研究,以此作为发展实用饲喂制的基础,以便在近期,中期或长期减少或取消进口这些成分的需要。

在这方面还有许多工作要做,我们谨鼓励热带国家的科研人员和推广人员努力发展不与人类竞争并有利环境的饲喂制。

家畜生产和卫生司司长

T. Rujita

目 录

前 言

1. 能量和蛋白质营养的原理	1
2. 植物和微生物中的蛋白质资源	23
3. 甘 蔗	53
4. 非洲油棕	95
5. 块根,块茎,香蕉和大蕉	117
6. 有机废弃物	143
7. 结 论	175

第一章

能量和蛋白质营养的原理

热带养猪的饲料资源潜力要优于温带地区。然而荒谬的是,对热带地区可利用的非常规饲料源以及它们作为动物饲料的营养价值却研究甚少(Ly, 1993)。毫无疑问,养猪业是由于对饲料利用机理的了解不断深化并将新知识实践应用而得到了发展。(Black, 1986)。人们现已普遍认识,家畜生产是否有利可图其关键因素是饲料转化率;所以 Phillips(1984)指出,摄入饲料的利用率受消化的影响,而 Ball(1986)也请人们关注营养摄入的欲望,消化率和吸收率的作用。在温带国家科研中产生的宝贵信息在热带地区应用时通常需要加以恰当的解释和理解。尽管有关营养生物学的信息并非总是对动物表现产生直接的影响,Rerat(1978)则坚持这种信息对于任何饲喂方略都必不可少。Braude(1979)也指出,把有关消化的科研信息与实地饲喂试验结合起来就能提高效益,降低成本。

把对猪的消化研究应用于热带养猪方略制定方面,甘蔗是一个很好的例子。甘蔗糖蜜(Figueroa 和 Ly, 1990)或甘蔗汁(Preston 和 Murguetio, 1992)在美洲热带地区养猪中已被定为唯一的能量源。所作的试验包括了对这些非常规替代性饲料消化率以及代谢方面的特性描述(Ly, 1990 c,d)。

消化生理

猪的消化道比较简单(Ly, 1979a)。消化道主要分三部分:胃,小肠和大肠(图 1.1)。胃用于储存食物,混合后的饲料在这儿的酸环境内受

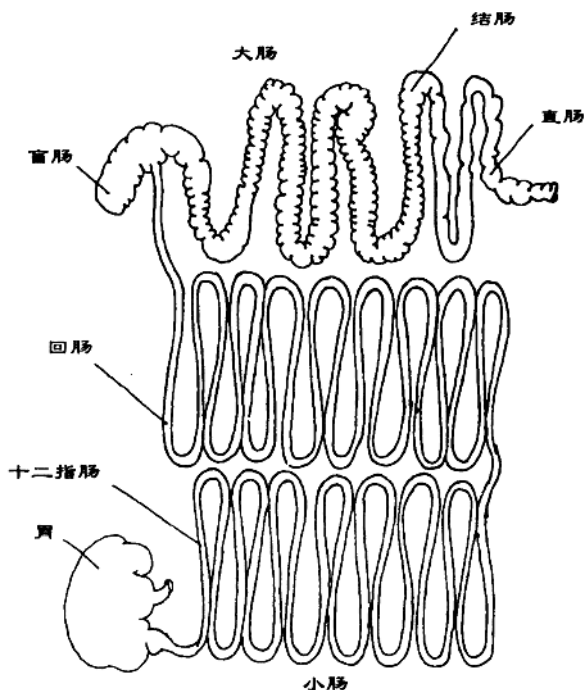
到蛋白水解酶的作用,然后被推送至小肠(Laplace, 1982)。小肠的第一部分,即十二指肠,控制消化物的肠道排空并维持通过率和营养吸收率的平衡。消化是一复杂的水解过程,涉及消化物沿小肠的运动。小肠运动的缓慢要足以保证有胰腺分泌的水解酶和胆汁的作用,以及诸如氨基酸,脂肪酸和葡萄糖这些最重要养分的吸收(Cunningham 1963; Darcy, 1982)。

成年猪的小肠约有 18 米长。因而从食物的摄入到养分的吸收所需时间约为 4 小时,比较短。因为消化物沿整个消化道通过的时间总共需要 24 小时(Ly, 1979; Laplace, 1981)。消化物在离开小肠后,是一种混合物,内有未消化的饲料残留,肠分泌物以及来自小肠粘膜的并不断更新的脱落细胞质。这些物质(消化物)再通过回肠瓣进入相对复杂的大肠。

在大肠内,消化物被胃肠道特有的分泌物消化。这一发酵过程“吸收”从口腔到直肠饲料的 10%-20% (Rerat, 1978; Kesting, 1985) 并决定消化物通过肠道的整个运动时间(Laplace, 1981; Kesting, 1985)。消化物在盲肠和直肠间仍是液体状。当它向肛门推进将被作为粪便排出时,就丧失水分并形成具有粘性的固体物(Hecker 和 Grovum, 1975)。

猪的消化能力随年龄增长而加强。新生和哺乳猪仔都需要良好发育的胃肠功能以有效地消化奶(Moughan, 1992)。在生命初始的几周内,小肠和胰腺的外分泌也在生长和发育。这能使猪仔为断奶而作好准备。大肠的成熟较为缓慢;这也说明了消化纤维性饲料好坏与年龄的关系(Mason, 1979; Laplace, 1981; Kesting, 1985)。

图 1.1. 猪的胃肠



胃肠道的每一部分都有混合的微生物群落，它们与宿主动物在平衡状态中共生 (Cranwell, 1968; Rerat, 1978; Ratcliffe, 1985)。一旦这种平衡受到破坏，消化不良就会发生。由内脏微生物区系发酵未发酵的饲料残余是一正常过程，并能部分决定饲料中纤维部分所含能量的利用。Pond (1989) 指出，饲喂高纤维饲料的猪大肠要比饲喂低纤维饲料的大肠重。事实上在回顾这一主题时，要指出生长和肥育猪的能量需求达 30% 都可能由微生物分解产生的短链脂肪酸提供的 (Varel, 1987; Pond 引用, 1989)。

饲料中可测得的养分消化率被用来衡量肠胃功能。猪如同其它动物也受到诸如年龄或体重等因素的影响 (Oude, 1986)。鉴于消化率与生产表现密切相关, 可消化能量和可消化蛋白质的观念被普遍用来描述猪饲料的营养价值 (Dierick, 1991)。

甘蔗的消化和代谢效率

糖的可溶物质可为猪提供不同的能量来源; 如甘蔗汁, 糖蜜或粗糖和精炼糖 (见第三章)。在任何情况下碳水化合物是蔗糖, 并是其水解的产物: 即葡萄糖和果糖。除蔗糖外, 甘蔗糖蜜按不同类型含有不同数量的重要矿物质和未确定的有机物质 (NIOM)。

使用甘蔗产品喂猪时会遇到一些限制因素; 其中之一就是与谷物相比其总能量低 (Christon 和 Le Dividich, 1978)。表 1.1 中的数据表明, 甘蔗产品中的总能只占玉米的 80%。甘蔗糖蜜的消化率似乎直接与其蔗糖含量或碳水化合物中未确定有机物质的比例成正比 (Ly, 1990c)。如在饲料中用蔗糖取代淀粉, 其可代谢能量和可消化能 (ME / DE) 比例就降低约 4% (Ly, 1987b; Cuaró n, 1992)。使用甘蔗产品的其它限制因素有, 由于不确定有机物质存在造成能量消化的下降, 以及它对中间代谢的影响。这些想法将在以后各节中充分加以说明。

表 1.1. 能量源的热能含量:甘蔗衍生物与玉米

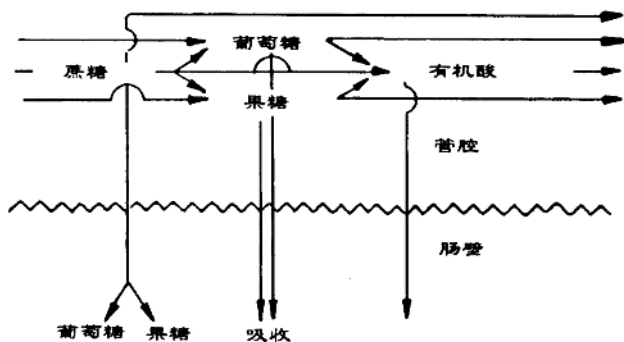
能量源	总能量	来源
脱浆糖蜜	15.9	Swine Research Institute, Minag, Cuba (1989)*
高糖量转化	15.0	
A 糖量转化	14.9	
B 糖量转化	14.7	
C 糖蜜	13.5	
精炼糖	16.4	Ly (1984)*
玉 米	18.4	NRC (1988)

* 未发表数据

以甘蔗为基础的饲料能量效率

只需要一种酶,即蔗糖酶,把蔗糖分解为葡萄糖和果糖,然后通过小肠壁将其吸收(图 1.2)。这表明,甘蔗衍生饲料中碳水化合物的消化与谷实和块根淀粉相比是简单的。

图 1.2. 猪小肠内糖的消化



蔗糖，或果糖和葡萄糖在小肠内消化后产生的能量是一样的，即每克为 15.66 千焦耳 (Ly, 1990c, d)。消化基本上是一个水解过程，由于淀粉和蔗糖在消化的最后阶段所产生的热相同 (表 1.2)，它们似乎都不能超过对方。然而在一些如糖蜜这样的甘蔗衍生饲料中与蔗糖伴随的某些有机化合物的消化就值得更为深入的研究。

表 1.2. 不同蔗糖源* 小肠消化的能量效率与谷实或块根淀粉对比**

蔗糖的饲料源	初始阶段		最后阶段	
	基质	产热 (千焦耳/克 干物质)	产品	产热 (千焦耳/克 干物质)
粗蔗糖, 甘蔗汁	蔗糖	16.58	葡萄糖	15.66
			果糖	15.66
C 糖蜜	葡萄糖	15.66	葡萄糖	15.66
高糖蜜转化糖蜜	果糖	15.66	果糖	15.66
	果糖	15.66		
	果糖	15.66		
果糖浆	果糖	15.66	果糖	15.66
谷实和块根	直链淀粉	17.42	葡萄糖	15.66
	支链淀粉			

资料来源: *Ly, (1990c); **Ly, (1990d)

甘蔗中果糖的消化和吸收

从甘蔗可溶性部分获得的饲料含有不同数量的果糖，它们或是与葡萄糖连接形成蔗糖分子，或是处于游离状态。这种游离果糖在被进食之后不会被完全消化 (Ly, 1992)。有少量会从小肠转移，据说是在盲肠和直肠中发酵。然而当蔗糖分子在小肠内分离成葡萄糖和果糖时，它们的单糖都被完全吸收。根据这一道理，给猪饲喂含蔗糖饲料要优于蔗糖水解产品。

有一定数量的果糖没有被代谢而进入尿中 (Ly 和 Mscias, 1979;

Ly, 1985, 1989)。在猪进食含有果糖的饲料后, 出现了乳酸的一种异常分泌物, 尿的 pH 值显著下降。随之而来的代谢酸中毒可抑制饲料摄入并干扰骨的代谢。据建议 (Ly, 1990a, b), 也许可通过调节饲料中的酸基平衡来避免这一现象的产生。

蔗糖蜜中不确定有机物质的营养影响

古巴科研人员率先讨论不确定有机物质对猪表现的可能影响这一概念。Velázquez 和 Preston (1970) 建议糖蜜原浆中的“杂质”也许是造成了粪便中的过多水分, 为 78%, 而喂高糖量转化糖蜜的猪粪中仅为 59%。后来, Ly (1985) 报告, 这一不确定有机物质如果被吸收就会分泌在尿中 (表 1.3)。当把甘蔗糖蜜作为唯一能量源喂猪时, 通常能发现这种使代谢能和消化能比例下降的物质 (pérez, 1988)。

表 1.3. A 蔗糖蜜或木薯淀粉喂猪时的尿能损失

	A 糖蜜加:			木薯淀粉
	不加	串菌属酵母	大豆粕	串菌属酵母
(代谢能/消化能) × 100	92.3	94.8	93.9	97.0
尿能区分, %: 氮复合物	14.6	52.8	52.3	67.3
果糖	19.9	10.8	7.5	0.0
不确定复合物	65.5	36.4	40.2	32.7
不能代谢, % 消化能:				
氮复合物	0.8	2.8	3.1	0.0
果糖	1.2	0.6	0.4	2.0
不确定复合物	3.7	1.8	2.6	1.0
总计	5.7	5.2	6.1	3.0

资料来源: Ly (1985)

Figueroa 和 Macías (1988) 以一种为稀糖蜜研究的方法为基础从古巴不同类型的糖蜜中分离出了这种物质 (McLaren, 1950)。它们把多至 20% 的这种非糖物质 (NIOM) 喂老鼠, 发现粪干物质大大下降。还有好几项对猪的研究都表明, 不同类型的糖蜜中不确定有机物质的总合或回肠消化率都较低 (表 1.4)。

表 1.4. 饲喂猪的甘蔗糖蜜中不确定有机物质的总消化率 (%)

碳水化合物	回 肠	总 合	来 源
蔗 糖	98.3	-	Macías (1981)
果 糖	90.5	-	
葡萄糖	98.2	-	
木薯淀粉	98.0	-	Figueroa (1986)
A 糖蜜	96.0	-	
高糖量转化糖蜜	95.0	-	Figueroa (1986)
C 糖蜜	83.0	-	Díaz (1990)
不确定有机物质:			
A 糖蜜	14.0	79.0	Ly (1987a)
高糖量转化糖蜜	13.6	80.0	
黑废蜜	51	70.0	

能量和蛋白质失衡

在猪的饲粮中能量和蛋白质有着直接的关系。蛋白质失衡与日粮中的氨基酸成分直接有关, 特别是限制性氨基酸。

蛋白质失衡

Sugahara (1970) 作了一个非常有意思的试验以证实高蛋白日粮对生长和肥育猪的表现可能带来的问题。这些试验表明, 把玉米和大豆粕饲粮中的粗蛋白从 16% 提高到 32%, 与只喂含有蛋白质 48% 的大豆粕相比较, 结果是食欲和日增重都下降, 但不影响饲料转化率

(表 1.5)。另外摄入增多, 这是与饲料中大豆粕的数量直接相关, 也许最为重要的结论是, 增加饲料中的蛋白质并不一定就能改善猪的表现。

表 1.5. 饲料中高蛋白水平对生长猪表现的影响

	饲料蛋白质, %		
	16* -12	32	48
风干料摄入, 公斤/日	2.41	2.22	1.92
平均日增重, 克	700	640	550
风干料转化率	3.45	3.48	3.50

资料来源: Sugahara (1970); * 第一阶段为 16%

许多研究都探讨了低蛋白饲料中蛋白质失衡的现象以确定必须氨基酸的最低水平。低蛋白饲料会带来更大的氨基酸失衡的风险, 而氨基酸补充不当会影响猪的表现 (表 1.6)。Russell (1986) 曾说明, 在色氨酸缺乏的饲料中加蛋氨酸就压制了饲料的摄入和生长率。Henry (1988) 也指出, 在错误的补充了人工合成氨基酸的低蛋白饲料中, 这第一和第二种限制性氨基酸失衡都是常见的。

表 1.6. 添加了氨基酸的饲料中低蛋白质水平对生长猪表现的影响

	采食 (公斤/日)	日增重 (克)	饲料转化 (公斤/增重公斤)
蛋白质, 12% (消极控制)	1.56	557	2.78
蛋白质, 12% + 苏氨酸 0.10 + 色氨酸 0.04	1.54	626	2.44
蛋白质, 12% + 蛋氨酸 0.10 + 色氨酸 0.10	1.46	560	2.56
蛋白质, 12% + 苏氨酸 0.10 + 蛋氨酸 0.10	1.60	659	2.38
蛋白质, 16% (积极控制)	1.58	654	2.38

资料来源: Russell (1986)

氨基酸失衡

猪利用氨基酸的数量是由饲料摄入量和饲料中的消化能所决定。而这些因素又反过来直接影响生长猪对这些添加剂的食欲 (Chibal 1991a, b)。因而应将氨基酸的水平与饲料中的消化能联系起来。能量与氨基酸的失衡会导致猪的生长不良, 饲料利用率低, 蛋白质和脂肪沉积的效率下降。

给猪提供“理想的”蛋白质是一个比较新的概念 (Cole, 1978); 这要求所提供的必须氨基酸比例要准确。理想蛋白质的生物学价值应该是 1.0; 要实现这一点就必须在给青年动物饲喂蛋白时配合适当数量的非蛋白能源, 矿物质和维生素 (Fuller 和 Chamberlain, 1983)。表 1.7 中的数据说明了怎样通过添加人工合成赖氨酸使饲料中的粗蛋白由 17.6% 降至 14.5%, 从而按不同氨基酸的重要性改善了必须氨基酸的平衡。

表 1.7. 通过补充合成赖氨酸减少饲料中的粗蛋白

	理想蛋白平衡 (Cole, 1978, 1990)	粗蛋白平衡 (Taylor 1979)	
		17.6%	14.5% + 赖氨酸
赖氨酸	100	100	100
蛋氨酸 + 胱氨酸	50	66	56
苏氨酸	60	78	63
色氨酸	18	21	18
异亮氨酸	50	75	59
亮氨酸	100	144	118
组氨酸	33	43	35
苯丙氨酸 + 酪氨酸	100	158	134
缬氨酸	70	95	79

给猪提供“理想的”蛋白质是指要维持必须氨基酸的比例，但数量要根据体重，性别和品种诸因素而变化。有理由相信，气候因素也应包括在内，因为在热带环境中饲料的采食往往要低一些 (Le Dividich 和 Rinaldo, 1988)。对理想蛋白质的进一步研究显示了与苏氨酸，蛋氨酸和色氨酸有关的细微变化 (表 1.8)。

表 1.8. 给生长猪饲喂理想蛋白质中的必需氨基酸比例

	Co's (1978)	Fuller (1979)	Yen (1986a)	Wang 和 Fuller (1989)
赖氨酸	100	100	100	100
蛋氨酸 + 胱氨酸	50	53	50	63
苏氨酸	60	56	50	72
色氨酸	18	12	57	19
异亮氨酸	50	44	20	60
亮氨酸	100	84	55	110
苯丙氨酸 + 酪氨酸	100	96	100	120
组氨酸	40	32	100	-
缬氨酸	70	63	35	75

另一个实现“理想的”蛋白质的做法是与氨基酸的利用率有关。ARC (1981) 对可利用氨基酸下的定义是：饲料中能被消化，吸收和利用以维持生命或新组织生长的氨基酸比例。氨基酸的利用率提高了理想蛋白质中必需氨基酸比例的精确性。Batterham (1979) 使用赖氨酸作为参照氨基酸为 8 种蛋白质源排列价值顺序 (表 1.9)。

表 1.9. 根据猪的生长或胴体测定试验测出的 8 种蛋白质源中的赖氨酸可用利用率 (%)

	猪生长测定	赖氨酸可利用率
		Carpenter
血 粉	102	97
鱼 粉	89	90
脱脂奶粉	85	79
大豆粕	84	77
油菜籽	68	71
肉骨粉	49	71
棉 籽	43	65
葵花籽	40	88

资料来源：Batterham (1992)

应该指出的是，氨基酸利用率和理想消化率不能混为一谈。Batterham (1992) 证明，不是所有直至回肠末端所吸收的赖氨酸都被利用，这可能是因为被吸收的氨基酸分子结构有所改变而造成的。目前，理想消化率或称氨基酸的吸收率已被广泛的接受用于测定和界定生长理想蛋白质水平，例子请见表 1.10。

表 1.10. 生长和肥育猪的理想蛋白质中可吸收必需氨基酸比例

	生长 (25-55 公斤)			肥育 (50-90 公斤)		
	公猪	青年母猪	去势公猪	公猪	青年母猪	去势公猪
赖氨酸	100	100	100	100	100	100
蛋氨酸	36	37	37	38	39	40
蛋氨酸+胱氨酸	51	52	52	55	58	60
苏氨酸	63	64	64	69	67	69
色氨酸	18	19	19	20	21	22
异亮氨酸	71	73	73	74	76	78
亮氨酸	123	130	130	136	140	145
苯丙氨酸	83	86	86	91	95	99
组氨酸	42	43	43	45	46	48
缬氨酸	89	90	90	94	97	100

资料来源: Yen (1986a, b)

氨基酸和能量比例

鉴于氨基酸和能量比例必须保持不变, 氨基酸的供应就应根据饲料中的能量调节 (Henry, 1988)。根据这一观点, 就有必要弄清热带地区猪营养的各个方面, 例如包括当地蛋白质含量丰富的纤维性饲料以及氨基酸和能量比与气候之间的影响。

一般而言, 纤维似乎压制氨基酸消化率, 但回肠除外。因而纤维性植物细胞壁显然不影响饲料中氨基酸的有效率 (Sauer, 1991)。尽管有种说法是, 可消化能量中的可利用赖氨酸和消化能比例在整个生活史中并非直线 (Carr, 1977; Whittemore 和 Fawcett, 1976)。而更新的研究表明, 对体重达 50 公斤的生长猪而言, 能量摄入和蛋白质沉积的相互依赖性成直线 (Chiba, 1991a, b)。有关公猪的必需氨基酸与可消化能量比的较为详细的预测载于表 1.11 中。

由 Stahly 和 Cromwell (1987), Le Dividich 和 Rinaldo (1988) 进行的研究表明, 如将蛋白/能量比提高, 就能在温暖或温带气候中获得相似的表现。这是因为猪在温暖气候中对能量的需求要低于温带气候, 维持适当的蛋白质和必需氨基酸比例的要求也较低。

表 1.11. 饲喂不去势、生长快的基因型公猪所需有效(预测的)必需氨基酸和能量比(g/MJ 消化能)

	活重(公斤)		
	20	50	90
苯丙氨酸+酪氨酸	0.67	0.54	0.45
苯内氨酸	0.36	0.29	0.24
蛋氨酸+胱氨酸	0.24	0.28	0.23
蛋氨酸	0.23	0.19	0.16
缬氨酸	0.48	0.39	0.32
异亮氨酸	0.44	0.36	0.30
亮氨酸	0.69	0.56	0.47
苏氨酸	0.39	0.32	0.27
组氨酸	0.21	0.17	0.14
赖氨酸	0.77	0.62	0.52
色氨酸	0.12	0.09	0.08

资料来源: Black (1986)

调整营养需要量

热带地区养猪的营养需要量还没能充分的制订出来。高能饲粮并非是非维持体温所需, 由于高温时自愿采食减少而导致生长率受到压制是众所周知的 (Stahly 1979)。同时这些作者也指出, 在受高温影响的猪身上这些因素可部分的通过改变饲粮中的供热成分而缓解, 如降低饲粮中的蛋白水平以把必需氨基酸降至所需最低点, 就如家禽业所作