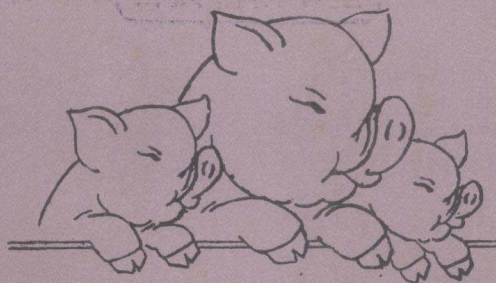


猪饲养标准 资料汇编

④



华北区猪饲养标准协作组 编
山西农科院畜牧兽医研究所

一九八四年八月

猪饲养标准资料汇编

④

目 录

猪营养中能量利用的综述.....	R. W. Seerley等 (1)
猪蛋白质、氨基酸营养的过去、现在和未来.....	D. H. Baker等 (13)
猪的矿物质和维生素营养.....	E. R. Miller等 (22)
肉用动物的生长和发育.....	Allen Trenkle等 (33)
生长猪的营养控制及对体成分差异的解释.....	Arnold Just (42)
猪的氮存留	Carr, Boorman等 (64)

猪营养中能量利用的综述

R. W. Seerley 和 R. C. Ewan

摘 要

在畜牧科学杂志的50周年年刊上, Hanson (1958) 回顾了五十年来猪营养学的进展, 并强调了氨基酸需要量和蛋白质质量, 矿物质和维生素需要量, 抗菌素的应用以及饲养方式的改变。但没有特别地谈到能量代谢的进展。Beeson (1958) 预言, 总消化养分 (TDN) 会被DE和ME所替代, 以及饲料的能值会以大卡来表示, Beeson (1958) 还建议重新评价饲料的能量含量、欧洲畜牧生产协会于1958年主办了国际能量代谢讨论会, 在会上人们对能量需要的精确定义和能量代谢的研究很感兴趣。讨论会每隔三年召开一次, 不断地鞭策能量代谢研究的进展。Capstick和Wood (1922)、Deighton (1923、1929)、Brierem (1936、1939) 和Brody (1945) 已报导了猪能量代谢的早期研究。NRC (1964) 和ARC (1967) 以DE或ME来表示猪的能量需要量。在近25年中, 用能量来描述猪饲料和开展猪能量代谢的研究的重要性, 已日益明显。在本综述中, 我们不可能列出所有曾对能量代谢的研究作出贡献的科学家, 我们的目的是努力概述已被阐明的猪能量代谢的重要概念。

能 量 术 语

NRC (1981) 提出了一个关于能量术语的详细叙述, 列在下面的注释和图1中加以概括。

在美国, 能量是以卡 (Cal) 单位来衡量的, 在另一些国家, 则用焦耳 (Joule) 。1卡相等于4.184焦耳, 它的定义是指一克水, 由16.5升至17.5℃所需的热能。千焦耳 (KJ) 和千卡 (Kcal) 以及兆焦耳 (MJ) 和兆卡 (Mcal), 分别是焦耳和卡的 10^3 和 10^6 倍。

代谢体重 ($W_{.75}$) 是指家畜体重 (kg) 的 $3/4$ 次方, 它是用来比较不同体重、成年家畜的代谢率。另一些指数则可能适用于品种间和不同的成年阶段。

总能 (GE) 是指当一个有机物质完全被氧化为 CO_2 和 H_2O 时, 所释放的热。它称为“燃烧热”, 一般是在弹式测热器中衡量的。总能反应了蛋白质、脂肪、碳水化合物和灰分等所含能量的当量。

消化能 (DE) 是指消耗了的食物能量, 它是总能减去了粪能后的能量。由于猪在消化纤维素及其有关化合物方面的有限能力, 因此, 猪的消化能是和饲料成分中粗纤维的存在有关系的。

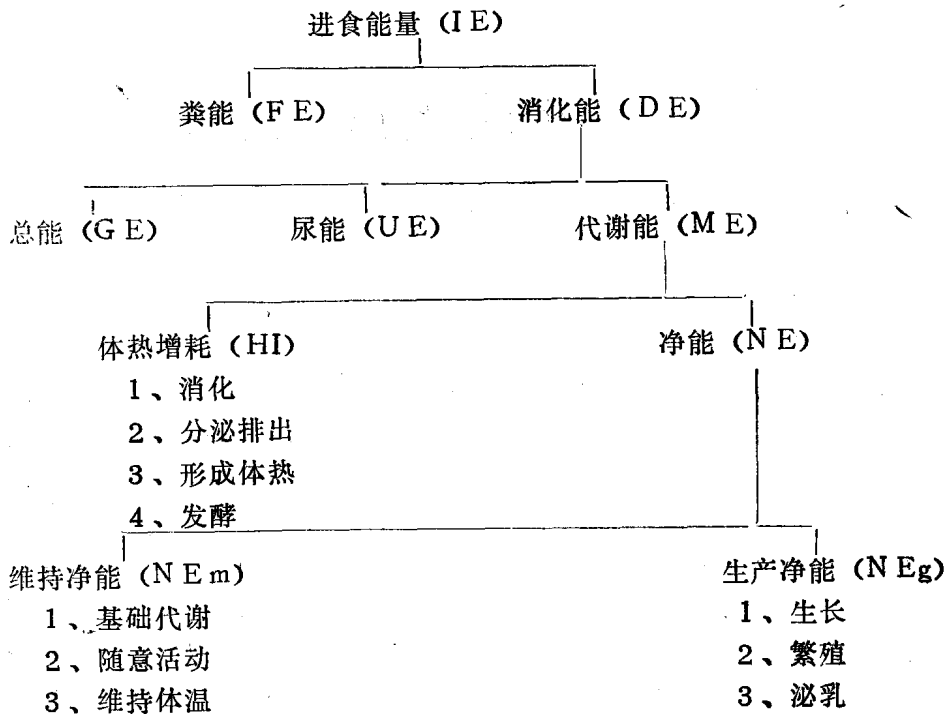


图 1、能量利用示意简图

代谢能 (ME) 是指消耗了的消化能扣除了在尿中和可燃气体中损失的能量后的能量。尿中损失的能量是从吸收后的化合物、不能利用的以及和蛋白质代谢有关的一些代谢过程的尾产物 (例如, 尿素) 的能量。通常, 可燃气体约占猪 GE 进食量的 $< 2\%$ (Boweand等, 1970; Just, 1982), 但一般经常在评价 ME 时, 不予测定或考虑。

食后增食 (或热增耗) (HI) 是指在中立温度环境条件下, 一个动物在消耗食物之后所增加的产热量。它包括有: 与消化作用有关的一些能量释放; 由于养分代谢结果产生的热以及在消化道中由于发酵作用所释放的热。但在冷的条件下, HI 可以作为维持动物的体温。

维持净能 (NEm) 是指用来维持一个动物生命过程的能量以及消耗食物和水和最低活动有关的能量支出。

回收的能量 (即贮留能量——译者注) (RE)、增重净能 (NEg) 或者能量平衡是指饲料能量作为身体的一部分而贮留起来或者作为一种有用的产品, 而排出。对生长动物来说, RE 相当于体组织能的增量; 而对凡殖来说, 则 RE 是体组织能的增量和受孕产物能增量的总和, 以及在哺乳期间, 还有生产乳的能量。

热产量 (HP): 在一个中立温度环境下, 动物的热产量 (HP) 是指食后增热以及用于维持的净能之总和; 亦即 $HP = HI + NEm$ 。而代谢能则可划分如下:

$$ME = HP + NEg \text{ 或 } ME = HI + NEm + NEg$$

饲料的相对能值

N R C (1979) 对猪的能量需要量和饲料的能值建议以D E和M E来表示。猪饲料的消化能值是容易测定的, 并且已有各种饲料成分的报导。代谢能是考虑了尿和可燃气体的能量损失, 因此, 它比D E在饲料能值方面有一个较好的估测。M E/D E的比值约在0.90—0.98这一范围, 而M E则随蛋白水平的增加而下降 (Asplund和 Harris, 1969; May和Bell, 1971; Morgan等, 1975)。在综述众多资料之后, A R C (1981) 的结论认为, 为了实用目的, M E/D E的比值, 对粗蛋白水平为16%的谷类饲料来说是一个常数, 即0.96。同时, A R C (1981) 也总结说明, 虽然在使用M E比D E在结果上表明有小的改进, 但这种精确可能也不大合算。由于这种事实, 就使A R C在表明猪的需要量时, 仍继续使用D E (1967, 1981)。

N R C (1979) 为常用于猪饲料的52种饲料原料, 搜集了包括D E和M E的成分数据。它们所列举的数值是反应了从很多来源得到的数据, 并且应当代表猪饲料成分能量相对有效率的最好估计。

净能(N E)体系是考虑了吸收的营养物质, 在消化和代谢作用中各种能量的损失。并根据适应维持需要和生产有用的产品来描述饲料的能值。对肉牛(Lofgreen和Garrett, 1968; N R C, 1976) 和奶牛(Moe等, 1972 N R C, 1978) 的N E需要量已经加以描述。用于猪饲料组分的一些饲料的N E含量已有了报导 (DeGoeg和 Ewan, 1975; phillips和 Ewan, 1977; pals和 Nwan, 1978; pearson等1978; Wu和 Ewan, 1979; Stanley和 Ewan 1972; Robles和 Ewan 1982)。从这些研究引伸出的N E维持需要量已为 Robles和 Ewan (1982) 报导, 认为是71千卡/天/Kg.^{0.75}。Just (1982) 从猪的研究中推导出相似的数值, 认为20—90公斤体重的猪为78千卡/日/Kg.^{0.75}。但是, 在美国, 对生长猪来说, 净能需要量还没有发展成为一种实用的饲养体系。

Nehring等 (1971) 和Nehring与Haenlein (1973) 提出建议, 对猪的N E需要量他们采用肥育净能的饲养价值, 而Just (1982) 则以北欧饲料单位来表示, 其饲料价值是以大麦的净能值来表示。但在美国, 这些评价方法尚未被接受, 也未在实践中应用。

繁殖方面的能量

在过去25年中, 生产和饲养方法出现了许多变化。饲养实践的变化, 从母猪的 unlimited 饲养到限制饲养; 还有把母猪从牧场转移到围栏饲养, 以后又到妊娠分娩圈饲养。这种做法的目的在节省能量和降低生产的成本。

对后备母猪在青春期的限制饲养与自由采食的影响, 在50年代已进行了研究。采用限制饲喂的小母猪体重下降 (Self等1960; Sorensen等1961; Frobish 1970; Friend等1981), 延迟初情期 (Haines等 1959; Friend等1961), 排卵率降低 (Zimm

erman等1957; Haines等1959; Sorensen等1961), 但同样降低胚胎死亡的损失(Haines等1959; Gossett等1959; Sorensen等1961)。虽然, Gossett和Sorensen (1959) 得出结论认为限制饲养并未推迟初情期。也未降低排卵率, 但有数据证明, 更为严重的限制饲养会使生长缓慢, 并推迟初情期; 这样排卵率, 尤其在一个特定的年令会下降。肉用型的后备猪, 通常是采用自由采食(8—10兆卡ME/日), 用以促进初情期和增加配种时的体重。

在配种前增加饲料进食量的结果是提高排卵率和胚胎死亡(Robertson等1951; Self等1955)。但是, 较高水平的饲喂(催情补饲)并不总是增加产仔数。对不同饲养水平和方式的研究, Bazer等(1968)得出结论认为小母猪的子宫空间是其初生时产仔数的最大限制因素。

早在六十年代人们就开始建议对妊娠母猪进行限制饲喂, 今天仍在接受保持母猪“中等瘦度”的实践。研究妊娠母猪最低能量需要的结果发现该值变化在每天4—8Mcal, 高热量的摄取和妊娠期间体增重的增高有关, 但哺乳期体增重较低(Pdean和Tribble, 1960; Lodge, 1966), 这些体增重的相互关系的原因尚没有文摘记录。Frobish等(1966)报道每天喂饲10.8Mcal ME的母猪与喂饲5.4Mcal者相比, 其体增重增加, 但繁殖性能没有差异。显然, 5.4Mcal对于正常繁殖是足够的。Frobish等(1973)喂给母猪每天3.0、4.5、6.0和7.5Mcal ME时, 其窝产仔数呈线性降低($P < 0.5$)。活仔猪的初生重随着能量进食而增加。而仔猪断奶和断奶重没有差异, 仔猪存活率亦无差别, 不过每天喂给母猪6.0Mcal ME时, 可以获得较高的存活率和较大的断奶体重。因此, 作者得出结论, 每天6.0Mcal的能量水平在以往的研究中最佳。妊娠期采食量增加至3.6kg/天时猪的初生重呈现线性增加(Henry和Etienne, 1978)但是能量效率大大降低了。Libal和Wahlstrom看到对妊娠期母猪给饲4, 5, 6或7Mcal ME/天的预期效果。每天6Mcal的ME可以维持妊娠期的快速增重, 哺乳期的缓慢增重, 和仔猪最大的初生重和断奶重以及最高的断奶仔猪数与最佳成活率。每日6.0Mcal的ME进食与现行的NRC(1979)建议非常接近。无疑, 环境温度对母猪的能量需要的作用很小, 但它对维持能量需要具有明显的作用, 这一点将在生长猪处译述, 留在后面讨论。

研究产前产后期的妊娠母猪饲养, 对于我们更好地理解仔猪成活、初生时的能量储备, 产奶, 母猪的适应和母猪的凡殖周期来说是有价值的, 由于这些问题是相互联系的, 故将妊娠母猪后期的能量和初生哺乳仔猪的能量状态归为一部分。Seerley等(1973), Moser和Lewis (1980), Pettigrew (1981)和Coffey (1981)发表了该时期猪生产的综述。

出生时, 猪体的主要成分是水, 蛋白质和灰分, 还有少量脂肪和碳水化合物(表1)。哺乳期间空体脂肪率很快从1%增加到大约13%(Schmidt等, 1973), 这个脂肪沉积的速度持续地以加速递增一直到猪达出售体重。蛋白质沉积速度也不断增加直到60kg, 并在以后的生长期就稍微下降。灰分则以相对稳定的速度积累, 从出生到两月龄增重速度增加, 然后一直到出售体重时维持相对恒定。出售时猪尚未成熟且没达到稳定的成熟体重或体成分组成。遗传营养和环境因素影响上市体重时的体组织成分。

仔猪出生时能量储备低，出生后体热散失快，而且由于出生时体小，在冷条件下出生，和因奶供应不足时同窝仔猪的抢食，使仔猪遭受应激。以上的结论来自于现有的论据，它们给出了大致方向。体重小于900g的新生仔猪很少有成活的机会（Pomeroy, 1960; Kernkamp, 1965; Sharpe, 1966）。小猪有较大的体表面积，比体型大的同窝仔猪散热快（Stanton和Carroll 1974），其它类型的生理不成熟性（Widdowson, 1971; Adams 1971; Pickerson等1971）无疑也会助长存活率减少。猪没有深黄色的脂肪，这就使其维持体温的能力变得更加复杂（Manners和McCrea, 1963）。初生时胴体脂肪含量很少，只有1—2%，因此从体内能量储备中获得作为底物被氧化的脂类受到了限制。结果是，绝食的仔猪几乎仅靠碳水化合物的代谢来维持生命，因为即使利用脂类的代谢道路存在，底物的供给也是有限的。对体弱的猪，这样的代谢反应可能是致命的（Mersmann, 1974）。

新生仔猪对低血糖的易感性在很大程度上受到碳水化合物能量储存量的影响。妊娠早期肝糖元量较少，但是在后期它增加很快，到妊娠终了时便超过成年猪的水平。糖元储备增加的时间象是与妊娠期长度有关，妊娠期长的动物，其糖元储存开始较早而且以稳定的速度进行。而妊娠期短的动物象猪，储存的高峰发生在妊娠晚期，且迅速进行到妊娠完结（Shelley, 1961）。整个妊娠期中胴体贡献了总糖元的大约90%。在妊娠期末，肝糖元供应绝大部分来自于剩余的10%的总糖元。出生后肝糖元的储备急剧下降，而骨骼肌糖元的下降速度则较慢（Okai等1978）。大多数动物是依靠碳水化合物的储存作为初生后的主要代谢燃料，由于新生仔猪贮脂水平如此之低，它就更加重要了。仔猪利用葡萄糖的主要途径是糖酵解。这一点可由出生时血浆泌乳的高水平而证明。（Pettigrew等1971），大多数动物的胎儿缺乏糖元异生的能力，新生仔猪的糖元异生反应也是不完善的。这种反应薄弱的机制可能包括酶缺乏或缺陷，激素应答能力差或糖异生底物的不足（Swiatek, 等, 1968）。

饥饿过程中的新生猪与老龄猪，除了低血糖外，其血浆游离脂肪酸（FFA）的水平还有极显著的差别。对于其它动物（羊、大鼠、人）的研究，提供了饥饿期间血浆FFA在能量代谢上的生理差异资料。在停喂的最初2小时，羔羊与婴儿的血浆FFA显著升高，这是脂类代谢加快的结果（Van Duyn和Havel 1959; Persson和Gentz, 1966），其FFA水平提高了六倍，与之相比初生仔猪只增加2倍。初生后当允许仔猪哺乳时，血浆FFA和甘油水平很快增加。在生命的最初24小时到4星期，血浆FFA，甘油和葡萄糖进一步升高，并化合成体脂沉积下来。与此一致，仔猪也发展了忍耐饥饿的能力（Swiatek, 等, 1968; Goodwin, 1957）。

Seerley等（1974）报道当产前短短5天喂给母猪高水平玉米油时，仔猪成活率就会增加。在以后的研究中Seerley等（1981）又报道说喂以玉米油或动物脂肪含量为10%的日粮，是由于增加了母猪热量摄取，从而使存活数显著增加的，但是Boyd等（1978、1981）给饲母猪牛羊脂时，存活率并没有显著增加。Pettigrew（1981）总结了所有可获得的文献资料，然后报告说新生仔猪的能量不足会加助高死亡率的发生。至于仔猪成活的脂类反应水平，在很大程度上是取决于一系列相互关系的条件，例如环

境、照料和管理。

在妊娠后期给饲母猪脂肪会使得仔猪出生时血糖升高 (Seerley等1974; Boyd等, 1978), 但其糖元并不增加 (Okai等, 1978; Boyd等1981; Yen等, 1982) Coffey等 (1982b), 长期或短期给母猪饲喂动物脂肪, 发现长期 (35天) 的饲喂增加了猪对脂类的代谢能力, 乳脂和乳中热量增加 (Seerley等, 1978a), Kruse等 (1977)、Pettigrew (1978), Boyd (1979) 和 Coffey等 (1982c) 的研究也分别发现奶产量增加了16, 18, 8和31%。

Stahey等 (1982) 报道喂给妊娠后期的母猪 1—3—丁烷二醇 (1—3—butaned-*iol*), 可以增加仔猪成活, 证明某些化合物能够起到增加新生仔猪存活的特定作用。Anderson和 Wahlstrom (1970) 报道对妊娠109天的母猪饲喂800mg的Diehlorsvos, 增加出生时的肝糖元水平, 也增加从出生到72小时的体增重。

现行的NRC (1979) 标准建议妊娠期每天供给5760 Kcal的ME, 看去似乎是正确的。然而妊娠后期每天的能量需要应为大约7000 Kcal。这可由妊娠后期饲喂脂肪和增加采食量得到的数据推证。S—145猪繁殖委员会 (Cronwell, 等, 1982) 报道在交配后90天到分娩期间, 把采食量从1.82增到3.2kg, 会使初生重和仔猪存活率增高。对妊娠后期的母猪饲喂脂肪是为了给母猪与仔猪更有效地利用其它代谢途径以改良生产性能 (在等能的基础上) 带来好处。

哺乳期的能量需要与母猪的体型大小和适应情况, 哺乳仔猪头数, 泌乳力和其它因素例如

温度 (radiant temperature), 根据Lodge (1969) Vermedahl等, (1969), Ittitchcock等 (1971), Libal和Wahlstrom和Stahly等, (1981) 的研究发现, 断奶体重的微小增加并不是由于哺乳母猪极度的能量进食造成。每日给予20Mcal DE便可以获得产奶量增加 (O'Grady, 等1973) 或乳脂增加。然而, 哺乳期给饲脂类并不能提高断奶重 (Stahly等, 1981 Coffey, 1981)。显然, 多余的奶是用于维持需要。Reese等 (1980) 曾说明哺乳期每日给予8 Mcal的母猪和给予16Mcal者相比, 延迟了发情。Cox等 (1983) 报道喂给哺乳期母猪含有10%外加脂肪的日粮时, 夏季的断奶和发情之间的时间缩短, 正常时夏季这个间隔要比冬季长。

在确定母猪机体组成成分对繁殖影响的研究中, Whittemore等 (1980) 报道母猪在后期同样情况下会发生体重增加, 但体脂肪可以降低。体脂肪的极度损失可能要削弱繁殖效率 (Elsley 1968) 这种情况发生在产奶高的母猪和哺乳窝的数过多的时候, 目的是为了母猪的能量进食控制在适度范围。对于一般母猪, 合理的方针是在妊娠期, 妊娠晚期和哺乳期每天分别提供6, 7和16Mcal。哺乳期的能量采食变化很大, 因此需要加强饲养管理以维持母猪的适应。为了获得最佳生产力应该考虑能量来源, 特别在高温条件下, 应该增加泌乳日粮中的脂肪量并降低纤维含量。

生长猪的能量

断奶仔猪

紧接着断奶以后的这段时期，仔猪遭受了饲养和管理的变化，和其它猪混群，与潜在疾病的应激。这些因素都会使断奶后前10到14天的生产速度显著下降，这在断奶早龄的猪更加严重（Kornegay等1974，Liebbrandt等1975a，Lecce等1979），采食量过少，日粮成分的消化率降低与疾病可能促使断奶后生产力的下降（Manners，1976）。

断奶后的采食量是断奶后时间的线性函数。并以大约每天22g的速度增加（LeDividich等，1980年，Ewan，尚未出版的数据）。为了促进该期的生产力，人们进行了各种各样的日粮修正，也许还变化的采食的模型。要求选择的时候，仔猪对加糖或蔗糖的日粮要比不添加日粮的采食多，如果不让选择，采食量或生产性能差异很小或没有差异（Wahlstrom等，1974）。添加刺激采食的调味剂的反应很小或根本没有反应（Kornegay等1979）。业已证明奶制品可增进断奶仔猪的生产性能。这种反应可能与奶制品的高消化率，模拟采食或其蛋白质质量的改善有关（Kornegay等1974，Wahlstrom等1974，Lecce等1979）。

由于猪奶中脂肪含量高和猪奶的高效利用（Frobish等1967），断奶仔猪的脂肪添加可用于提高能量采食。断奶2—3周令的仔猪喂以干饲料时，加入的脂肪很难消化，且不提供实在的好处（Liebbrandt等，1975b），断奶后的10到14天，干物质、能量、醚浸出物和蛋白质的消化率都从快速断奶时的较低值提高到正常水平。这也许与消化酶的产生，采食物的PH，排空的速度或其它因素有关，（Manner，1976）。然而在消化率提高之后，以脂肪形式增加的能量便维持正常的增重或促进体增重，而且增加料肉比（Allee等1971；Liebbrandt等，1975；Aherne等，1982）。

因肠道紊乱所致的疾病降低消化率的情况已有报道（Entringer等，1975；LeDividich等，1980）。适当的减缓疾病的处理会对生产性能发生有利影响。

生长猪

生长猪的生产性能取决于满足动物生理功能的能量利用。可以通过给予不同能量水平或来源的日粮与测定生产力的方法，或者用实验评定某种特定生理功能的能量利用来进行能量利用的实验评价，最终后者和由生产性能研究的结果肯定是一致的。由图1可见，ME（代谢能）可分成热增耗（heat increment）、维持能量需要和作为体组织增重储存的能量。

维持需要——Briere m（1939）最初的方法是测定禁食代谢来估计维持，一个对维持以下代谢能利用的效率因子和达到“0”能量平衡时活动所需代谢能。由于禁食时间增加，禁食期间产热下降（Breire m，1936），这可能受禁食前营养水平的影响，而且这种情况表现得不符合生长动物生理状态（AR C，1981）。另外，活动和效率因子还没有很好地解释清楚。因此，禁食产热可能不是对维持需要的适当评价。

Kielanowski（1972）报道代谢能（ME）进食和增重的蛋白与脂类之间的相关关系：

$$ME = a + b_1 \text{蛋白增重} + b_2 \text{脂肪增重}$$

截距 a 是指维持需要 (ME_m , $Kcal/W^{.75}$), 许多研究者运用这个方法, ARC (1981) 从25篇报告中5到90kg的生长猪的数据中得出了这个结果。统计上给出最适合数据的对数回归是: $ME_m = 171.8 Kcal W^{.63}$ 。数据的类似相关关系, 规定代谢体重 (也就是 $.75$ 活重的指数) 是: $ME_m = 109.5 Kcal W^{.75}$ 这种相关关系可用来估计维持产热或维持能量平衡所必需的代谢能 (ME) 进食。正象ARC (1981) 所指出的, 不同组数据之间存在的相关可以从基础上来评判。进一步讲, 基本的假定是维持以下所有日粮代谢能的利用效率是稳定的, 但该假定尚未确定。

生长能量需要——维持 (“0”能量平衡) 时, 动用沉积脂肪之时会发生生长速度和蛋白沉积速度较低的现象 (Fuller等, 1976; Close和Mount, 1978)。维持以上的供应能量可用于脂肪与蛋白质的沉积合成, 根据Kielanowski (1972) 提出的模型, 可估计出沉积蛋白质和脂肪所消耗的能量。

ARC (1981) 总结的蛋白沉积效率值变化在0.35—0.80之间, 且平均为.56 ($SD = .11$), 这表明沉积1g蛋白质需要10.5 Kcal的代谢能 (ME)。沉积蛋白质的能量利用效率是可变的, 而且要比6.5 Kcal/g (Millward等, 1976) 生化消耗的估测大的多。变化力中的 (部分原因是蛋白质更新的需要 (Millward等, 1976), 且可能与估测所用的数据和模型的性质有关。

脂肪沉积的效率变化在.62到.92之间, 平均为.74 ($SD = .09$), 这表明沉积每克脂肪需要12.8 Kcal (ARC, 1981)。Schiemann等(1961)报道猪利用饲料脂肪、碳水化合物和蛋白质能量合成脂肪的效率分别为.86、.76和.66。根据这样的效率可以期望一个精料基础日粮得到.75的沉积脂肪效率 (ARC, 1981)。如此, 从回归模型对脂肪沉积的代谢能利用的估计就与一个全价日粮的期望效率类似。

一部分代谢能 (ME) 提供了维持以上的蛋白质和脂肪增重以及最后的增重所需的原料成分。增重的组成将依靠蛋白和能量的采食体重、遗传、性别和环境而变。Whittemore和Fawcett (1974、1976) 根据某些脂类对维持细胞结构是不可缺少的基理, 提出脂类与蛋白沉积的最低比是1:1的假定。这个假定使得在有了足够的氨基酸采食时蛋白质沉积随着采食 ME 的增加相应增加, 并可达到最大的沉积速度, 用于蛋白质生长更新和少数脂类合成的能量过多时, 机体就会用它们来合成脂肪。但证明这些假说的资料是有限的。Fowler (1978) 采用Fowler和Livingstone (1972), Oslage和Fliegel (1965), Close和Mount (1975) 和Thorbek (1975) 论述的数据, 观察到蛋白质和脂肪的增加存在着一个曲线反应, 65kg活重时蛋白质增加最快, 105kg活重时脂肪沉积最快。

另外, 对于不确定是否增加蛋白和脂肪的那部能量利用来说, (人们肯定会认为能量进食量是对体增重的估计。能量的进食量可精确地由规定的饲养计划限定, 但我们不能限定自由采食的预食量。ARC (1981) 归纳了Headley等 (1961), Murray等 (1974), Pierce和Bowland (1972) 和Wyllie 1972) 的数据, 导出了以下的能量采食和体重之间的相关关系:

$$DE (Mcal) = 13.15 (1 - e^{-0.0204w})$$

然而由于90kg活重以上的体重有限，故给出的最大的采食量不是很准确的。

其它日粮因素——喂猪的正常日粮能量浓度大约为每克蛋白质3.2Kcal的消化能。能量浓度的变化随着采食量而变并保持稳定的采食量(Cole等, 1972)。在生长肥育日粮中添加脂肪，增加了能量浓度，从而提高了增重速度和效率。Ceswell等, 1958; Brooks和Thomas, 1959; Pond等1960; Clawson等1962; Greele等, 1964; a, b, Hale等 1968)，另外一些实验只是改进了增重效率(Seerley等, 1964; Brooks, 1967; Seerley等, 1978b)。

降低生长肥育猪的能量浓度，必须用低能量的原料，一般都采用含纤维的成分来代替日粮中的谷物。降低能量浓度会导致采食量增加，以便维持不超过猪消化道自然容积的能量采食量，这样，由能量浓度降低所致低饲料转化率可能会降低增重速度，(Jensen等, 1959; Handlin等, 1961; Larsen和Oldfield 1961; Hochstetler等1959 Heitman和Meyer, 1959)。

因为日粮能量浓度影响饲料的采食量，所以人们已开始思考能量养分比在生产性能上的作用。最主要的关系是高能量浓度日粮的蛋白水平(能量/蛋白质, Kcal/g)。Menge和Frobish (1976)应用断奶3周龄的仔猪，给予两个能量水平(3.0和3.5 Kcal ME/g)研究蛋白水平变化较大时的效用，他归纳出日粮含蛋白20到24%，能量：蛋白比为15到18 (Kcal/g)时，可以产生最佳生产性能。采用初重较大的猪进行研究的结果表明，能量蛋白比随体重而增加，(Clawson, 1962; Noland和Scott, 1960)。NR C (1979)和ARC (1981)判定的能量和蛋白需要的建议值反映了这种倾向。

Baird等(1970)喂给断奶5周龄的仔猪含3.5到13.5%粗纤维的上市体重日粮。通过添加脂肪使代谢能水平始终接近恒定。在能量和蛋白含量不变时，纤维水平对增重速度，增重效率或胴体瘦度没有影响，所以猪调整采食稳定能量进食量的能力是被人们重视的。

维持能量消耗，加上与组织合成有关的能量，是以热形式损失的能量，取决于环境温度 and 日常的营养(Verstegen等1973; Mount, 1975; Close和Mount, 1978)，寒冷环境中的维持需要量大于中立温度的环境的量，因为这是需要热来维持体温。维持需要的增加降低了动物生产的效率(Close, 1978)，温度高于临界值时，动物会受到体温升高和多余的热难以散失的应激。最近Close和Mount (1978)，Verstegen等(1982)估测能量需要的过程在于高温和低温时需要额外的能量进行补偿。

近来通过对生长肥育日粮的能量和纤维来源及环境温度对生产性能作用的研究，已搞清了营养素与温度的互作。Seerley等(1978b) Stahly和Cromwell (1979)和Coffey等(1982a)的研究结果表明了日粮能量含量与环境温度对生长猪能量代谢的影响。日粮能量水平对随着不同能量来源的选择而发生变化，总结起来就是不同的热增耗和含纤维饲源和脂类的能量含量都影响能量代谢，动物生产性能与动物体的组织构成。

Coffey(1982b)报道了日粮能量来源，能量水平和环境温度之间的相互关系的研究成果。玉米—豆饼日粮的能量水平因加入4%或9%的纤维或脂肪而变化。表2在对回归

分析总结后,现出了能量水平变化在3.1到3.2, 3.3到3.4, 3.4到3.6, 3.7到3.8 Mcal/kg范围内时的平均反应。在冷季的实验中,低能量日粮不降低日增重,而在暖季的实验中则导致日增重的线性降低 ($P<0.5$),高能量日粮对暖季实验猪的生长,有较优的效果,但对冷季的实验不利。不论温暖和寒冷季节的实验,随着能量水平的增加,单位增重所需的饲料都减少,高能量日粮的利用在温暖季节比寒冷季节更加有效。所以,夏季温度下采用高能量日粮会获得最佳舍饲肥育性能,然而冬季日粮可以含有较多纤维并仍保持不变的生长速度只是因为能量减少妨碍了饲料的转化 (Seerley, 1978b; Coffey 等, 1982a)

作为代谢能函数的胴体性态,在不同季节间反应是有差异的。不管温暖或寒冷季节都有相同的能量浓度增加的趋势,只是季节间变化速度不同。暖季的屠宰率随日粮代谢能的增加而增加 ($P<0.5$)。由于代谢能增加,腹部肉块和瘦肉的百分率减低 ($P<0.5$)。而且冷季比暖季实验的减低更多。高水平的代谢能提高了暖季实验的背腰肉,大理石状肉的百分率和其硬度打分。正象我们所预期的,因日粮能量提高可使背膘厚度增加 ($P<0.5$),然而冷季喂的猪背腰较薄 ($P<0.5$)。增加代谢能,胴体长度和前腿肉百分率减少。

一部分研究报告不支持能量水平或能量来源对胴体性状存在着始终显著的作用 (Noland和Scott, 1960; Clawson等1962, Seerley等1964; Talley等1976; Seerley等, 1978b; Cromwell等1978; Stahly和Cromwell, 1979)。保持蛋白水平不变,胴体背膘随着能量浓度的增加而趋于增加。然而,如果蛋白水平增加,胴体的肌肉发育程度还是维持不变的 (Seerley等, 1964; Cromwell等1978; Clawson等, 1962)。

能量营养的未来发展

饲料的能量成本占商品猪生产成本的大部分。在将来,谷物生产的成本和世界对谷物的需求,将急剧增加。从而,对能量代谢和改善猪的生产效率的研究,已变得更加重要。

日粮的配合将会被看成是日粮原料的养分含量,并且,需要量的定义将会更加准确。随意采食量将用DE的进食量和体重来表示。假定在生产各阶段中所有养分的进食量是平衡的,那么,能量需要量将表示为一系列的理想的能量浓度,并且,养分与能量(卡)的比例将被用来表示需要量。由于饲料的NE值考虑了NE的每日进食量,NE体系将会得到发展。用NE来表示的维持需要可允许估计可利用率于生产NE的需要量。对于生长猪,影响能量在蛋白质和脂肪沉积间分配的因素将被确定,以允许估测当某一生产阶段的维持需要过剩时,与NE进食量有关的蛋白质和脂肪的沉积量,蛋白质和脂肪的沉积转化为体增长的效率将允许估测生长率、饲料转化效率和日粮配合改变的经济意义。饲料工厂和生产者已经不断地使用计算机,这一趋势将继续得到发展。

能量代谢的研究将强调解释影响维持、蛋白质沉积、脂肪沉积和体组织周转

(Turnover) 所需的能量因素。了解这些过程将为修改控制机制成为把通常以热量散发的能量, 转化为生产所利用的功能提供理论根据。在利用热增耗补偿维持体温所需的能量和在温暖季节利用低热增耗日粮的维持饲料采食量的研究中, 这方面的研究潜力的证据是很充足的。

在将来, 要研究能量来源对如下参数, 如消化酶、激素和肠道微生物的影响, 来努力改善生长率、饲料转化效率和减少营养性腹泻。对高产动物, 不仅在遗传方面的研究, 而且要在血液的代谢物、酶和激素类型的研究以及对营养如何影响这些类型的研究, 它们都将为营养学家提供有用的知识。

由于母猪生产性能变异大和由于影响泌乳性能、仔猪的存活和发情的因素较多, 人们期待着母猪生产性能的进一步改善。同期分娩或分娩控制的潜力和改善测定母猪生产性能的技术, 将允许试验上的标准化和改善试验控制的因素。

由于世界人口对日粮能量需要的压力增加, 将鼓励改进或寻找新的能量和蛋白质饲料以及对产品的利用。工厂必须准备利用非常规的饲料, 以满足日益改变的世界发展的需要。由于饲料烘干的高成本和湿付产品饲料来源的发展, 将鼓励采用液体饲喂制度, 在美国, 猪全价日粮的不限量饲养制度, 将缓慢地减少; 反之, 将采用其它的饲养方案。如果瘦肉猪生产者能被给予一定的补贴, 那么, 对瘦肉体的高需求将鼓励采用限制饲养或限制能量采食量的其它方法。

几个其它因素将影响发展变化的速率。实验室设备、技术和计算机的发展, 将有助于这方面的研究。农业综合企业的研究和发展小组必须而且将继续提高认识, 这认识将导致养猪业的改善。

表1 猪体成分^a

项 目	平 均 日 令				
	0	50	112	149	176
活 重 (公斤)	1.200	13.5	53.2	81.8	109.1
空体重 (公斤)	1.120	9.6	42.6	69.4	90.3
水 分 (公斤)	0.930	6.5	22.8	34.9	40.1
蛋白质 (公斤)	0.136	1.7	6.8	10.2	12.1
乙醚浸出物 (公斤)	0.014	1.2	8.8	23.0	36.6
灰 分 (公斤)	0.037	0.3	1.1	1.5	1.9
能 量 (兆卡)	0.644	18.4	141.0	164.6	391.8

a) Schmidt等1973

表 2

季节和日粮能量对猪的饲料转化和胴体性状的影响

项 目	季 节	代谢能 (兆卡/公斤)				回 归 线 斜 度
		3.1—3.2	3.3—3.4	3.5—3.7	3.7—>3.7	
猪头数	冬	93	135	36	63	
	夏	99	144	36	62	
平均日增重 (公斤) ^b	冬	0.76	0.77	0.77	0.74	-0.000044
	夏	0.69	0.71	0.74	0.79	0.00032 ^d
饲料/增重 ^b	冬	3.31	3.22	3.11	2.99	-0.0006 ^d
	夏	3.38	3.13	3.03	2.77	-0.0011 ^d
校正百分率 ^b	冬	70.7	72.2	70.9	75.6	0.0075
	夏	72.6	73.5	73.8	74.6	0.4498 ^d
胴体长 (公分)	冬	77.7	75.5	76.2	75.2	-0.0014 ^d
	夏	78.7	77.5	76.7	75.4	-0.0013 ^d
平均背膘厚 (公分) ^b	冬	3.12	3.30	3.39	3.76	0.00042 ^d
	夏	3.29	3.54	3.78	3.74	0.00026 ^d
后腿 (%) ^b	冬	24.4	24.1	23.5	24.1	-0.00143 ^d
	夏	23.6	23.9	23.9	23.7	-0.00039
背长肌 (%) ^b	冬	18.5	18.9	17.8	19.3	0.00039
	夏	17.9	18.1	18.4	18.1	0.00025
前腿 (%)	冬	18.1	17.6	17.3	17.2	-0.0022 ^d
	夏	18.9	18.5	18.7	17.6	-0.0025 ^d
腹肉 (%) ^b	冬	14.3	13.6	14.0	12.3	-0.0028 ^d
	夏	14.1	13.8	14.5	13.1	-0.0013 ^d
瘦肉 (%) ^b	冬	61.0	60.6	58.6	60.5	-0.0028 ^d
	夏	60.4	60.5	61.1	59.5	-0.0026 ^d
眼肌面积 (公分 ²) ^c	冬	35.8	35.0	34.5	33.0	0.00033
	夏	34.3	35.2	33.7	32.5	0.00014

注: a季节和代谢能功能特性的回归相关的斜度。

b季节和代谢能的功能的相互作用是显著的 ($P < 0.05$)。

c在第10肋骨的测定值。

d斜度是从不同的零点 ($P < 0.05$)。

eCoffey等1982a。

(伍国耀、吕静 译、杨胜 校)

(引自J. Anim. Sci. 57卷Suppl. 2, 1983)

猪蛋白质、氨基酸营养的 过去、现在和未来

D.H.Baker和V.C.Speer

摘 要

在1958年—83年这25年中，强化玉米—大豆饼饲料已成为养猪业的标准饲料。配制饲料的基础已从过去的蛋白质改变为氨基酸。有关各类猪的氨基酸需要量业已确定。对于生长猪，已根据近来的研究对早期估测的需要量数值进行了修订。而种母猪（包括妊娠和泌乳母猪），实际上各种必需氨基酸的需要量还是第一次被确立。由于已得到需要量的数值，人们的注意力已转到研究影响需要量的各种因素，如蛋白质水平、能量水平、氨基酸平衡、性别和反应标准。此外，人们已作出了测定猪饲料中氨基酸生物利用率的尝试。

一、历史的回顾

在1958—1983年期间猪的营养发生了巨大的变化。在60年代，强化玉米—大豆饼饲料在养猪业中已得到广泛的应用（Becker等，1963）。在这以前，大多数猪的饲料组成上都含有所谓“未知因素”，如乳产品、蒸馏产品、鱼可溶物和脱水苜蓿粉。1950年前，在养猪生产上，动物或发酵产品确实被用来提供B₁₂活性。但是，在1950年代初期，随着结晶维生素B₁₂在商业上的应用，猪营养学家开始对上述原料的需要提出疑问？在近25年间的一些例子表明，对“未知因素”的作用业已清楚。动物或发酵产品看来是用作提供硒、维生素E或维生素K活性。这些东西可预防轻微的、而又是确实的、一种或多种的、这些养分的缺乏。今天，维生素E和硒以及维生素K，一起添加到几乎所有的猪饲料中。从而，单纯的强化玉米—大豆饼饲料现已发展为猪和鸡（禽类）的标准日粮。事实上，在1982年，养猪业所用的大豆饼已占美国大豆饼总用量的32.6%，而养禽业占46.3%（Lepley，1982）。这说明，油饼类饲料在猪、禽饲养上已占有很大比例。

1、饲料组分上的变化。

如前面所述，含“未知因素”的饲料近年来已不得不参加以每单位蛋白质和/或能量的成本为基础，而不是以它对未知的生长和繁殖作用为基础的比赛（NCR—42猪营

养委员会1970)。如脱水苜蓿是1958年前多数猪、禽饲料中的组分，而现在则很少了。NCR—42猪营养委员会的研究表明(1970)脱水苜蓿对生长猪不具有“未知生长因素”的活性。类似地，伊利诺斯试验站用妊娠—泌乳母猪的试验也证明，在玉米—大豆饼饲料中加入脱水苜蓿没有什么效果(Baker, 1974)。然而，其它原因也已影响到奶产品的使用。能量成本的增加，政府的价格补助金以及其它原因，实际上使干脱脂乳的价格过高以致在家畜饲料市场上的销路减少。在50年代和60年代初，多数的仔猪补料和开食料都含有很多的脱脂奶，而现在已被廉价的干乳清所取代。

随着在猪、禽生产上使用玉米—大豆饼饲料，于是豆饼的需求量就增加。起初，猪禽都是饲用50%粗蛋白的去皮豆饼，以后，为了销售皮荚，大豆榨油者生产一种含44%粗蛋白的豆饼上市。这是一种含能量较低但纤维素较高的产品。这种饲料由于它的可利用性已成为用于养猪饲料中的主要大豆产品。另一方面，较高蛋白质含量的去荚豆饼也不断广泛用于养禽业。有趣的是在过去25年间，豆饼的蛋白质含量逐渐减少，而现在，大豆压榨不再保证去荚豆饼中含有50%和甚至49%的粗蛋白质，而47—48.5%粗蛋白含量的豆饼更为普遍。

玉米粗蛋白质含量在近25年间也发生了变化。1958年，含12%水分的黄玉米中蛋白质含量通常是9%或9.5%，而今天随着玉米产量比58年增长2倍多，而其蛋白质含量平均在8—8.5%。可幸的是，低蛋白质含量的玉米在蛋白质质量上有所提高(Mitchell 1952, Hogan 1955)。这就是说，随着玉米蛋白质含量下降(包括除燕麦以外的其它谷物)，其赖氨酸和色氨酸—两种最重要的限制性氨基酸—在百分含量上减少轻微，因此，按玉米总蛋白质百分含量表示时，这两种氨基酸是增加了。高水分玉米的青贮也已在猪的饲料中得到日益广泛的应用，这样就可节省玉米烘干所需的能耗。

60年代初，Purdue大学培育了比普通玉米含有较多赖氨酸和色氨酸的Opaque—2玉米(Merty 1964, 1965)。这种玉米起初作为猪饲料中的谷物原料(Cromwell 1967)，而禽用价值很低，这是由于禽类需要较高的蛋氨酸，而Opaque—2玉米的蛋氨酸含量比普通玉米低(Cromwell 1968)。今天，遗传改良过的大麦、黑麦、燕麦、高粱和水稻的试验品种都能使用。小黑麦——一种由小麦与黑麦杂交的饲用谷物，现已用猪(Shimda等1971, 1974)和鸡(Sell等1974)进行广泛测试，并且在玉米不易生长或环境和农业条件适合用生产小黑麦的地区，这种饲用谷物将作为猪禽饲料的组分。

1973年发生了世界性的畜用高蛋白质饲料的低产。每蒲式耳(36公升)大豆价格上涨到12.00美元或更高。在大豆大幅度涨价的情况下，猪禽生产者开始怀疑他们是否能长期饲用豆饼。事实上，饲养者可选择的余地也不大，这是因为能够取代豆饼的代用品如棉籽饼、花生饼和肉粉的价格也同时升高。当然，亦可利用结晶赖氨酸，但它的价格也在上涨。由此，若干家公司开始生产赖氨酸盐酸盐(78.4%赖氨酸)，随着其产量的增加，赖氨酸的价格亦随之下降。于是，饲养者开始考虑低蛋白质饲料补加赖氨酸的效应。事实上，在养猪生产上，赖氨酸确实总是对于最高生产性能时最接近于它的最低需要量的必需氨基酸。饲料配制者开始首次以赖氨酸为基础，而不是以粗蛋白质为基础来配制猪的饲料配方。在这同时，发酵法生产赖氨酸在大规模的普及，单细胞蛋白，主要

是酵母，已被用来作为可以替代豆饼的一种潜在的高蛋白饲料。酵母的氨基酸比例相似于豆饼，这说明，在大豆生产困难或不生产大豆的地区提供了作为蛋白饲料的资源。在美国，单细胞蛋白看来是很难与豆饼相争，这是由于单细胞脱水为干粉的能源消耗使它的价格比豆饼高。无疑地，单细胞蛋白和赖氨酸生产的技术突破不仅可能而且可行。重组DNA技术现正应用于这些生产体系，这样，单细胞蛋白和赖氨酸将会更高效率的生产，因而，在将来就更价廉。

2、研究工作的改变。

1933—1958年期间发现许多维生素、矿物质和氨基酸的时期（Hanson 1958）。在这个阶段，猪禽营养学家较多涉及“什么”的问题，而不是“为什么”或“多少”养分的问题，这是属于质量范畴，而近25年（1958—1983）或许更多考虑数量范畴的问题，在这期间，测定了猪禽对氨基酸、维生素和矿物质的需要量，也更多探讨机制问题。现在，猪禽营养学家具有更广泛的奥趣，如模拟动物研究。因此，猪营养学家进行鸡或大鼠的试验，而禽营养学家进行哺乳动物营养的研究变得更普遍。这种多样化的奥趣在今后若干年内仍将继续下去。

二、断奶猪

蛋白质——60和70年代广泛进行了简单强化玉米—大豆饼饲料与被称为混合饲料（Complex diets）的对比研究。混合饲料含有10—20%奶产品，5—10%糖和/或2—5%高质量鱼粉。这些研究结果提出的结论是：5—10公斤断奶的猪饲喂含有约20%粗蛋白的混合饲料时，其生产性能最好。混合饲料比简单饲料好的优点在饲喂3周令断奶的猪时，比5周令断奶的猪较明显（Okai 1976）。如果在小猪断奶后饲喂混合饲料达7—10天，和小猪超过3周令断奶，那么由肠淀粉酶和蛋白酶的发育不全所引起的所谓“断奶后挫折”会变得较缓和，且持续时间较短。

氨基酸——关于猪对氨基酸质量和需要量的研究，首先是在康乃尔大学J.K. Losoli实验室进行的（Bell 1948; Brinegar 1951; Beeson 1948; Morty 1949; Sehlton 1950）。其后，Illinois大学Becker实验室开始进行一系列的有关断奶仔猪氨基酸营养的试验（Becker 1955, 1957, Mcward 1959），1963年Becker总结了他的工作，并且对各种年令猪的必需氨基酸需要量进行了估算（Becker 1963）。为了这一点，多数定量的研究都与氨基酸有关，试验可以做到在各种其它养分都满足的一种完整蛋白质类型饲料中某一氨基酸的单一缺乏条件下进行。由此用芝麻蛋白研究赖氨酸（Hutchinson 1957; Mcward 1959; Baker 1975）；用玉米、玉米胚或玉米、鱼粉蛋白研究色氨酸（Becker 1955; Boomgaardt和Baker 1973; Zimmorman 1975）；用大豆蛋白研究蛋氨酸（Becker 1955; Kroening 1965; Baker 1969）和血粉蛋白研究异亮氨酸（Becker 1957; Oestemer 1973）为突出。

1968年Mitchell发表了伊利诺斯论文研究（Mitchell 1968a, b），Mitchell等用N沉留作指标并且喂以酪蛋白和结晶氨基酸配制成的提纯饲料，测定了10公斤猪对必需