

饲料能量评定方法在不断进展

Feed energy evaluation continues to evolve

作者: Carl Old

译自: Feedstuffs, January 4, 2010

译者: 张文晔

不管饲料评价体系的如何复杂, 每一套评定体系都在不断地完善它们的数据。

Flatt 等(1967)说, 动物营养师都希望有一个简单而准确的饲料能量评定体系, 就象酗酒者都喜欢鸡尾酒一样。

饲喂标准通常包括两部分, 一是饲料营养成分的评估, 二是特定生产水平条件下动物的营养需要量。这样配方师可根据采食量预测动物的生产性能, 反之亦然。

从饲喂标准体系的发展历史来看, 简单但不准确的体系, 比复杂但准确的体系更常用。

感谢 Von Thaeer (1809)首先建立了根据牛的不同体重设计不同的饲喂程序, 不同于以往只使用好的牧草作为一个标准饲料。

如果有时间和费用去进行动物试验, 那么很快营养学家就可以开始走捷径。假设动物的生产性能与饲料在酒精、水、酸和碱中的溶解度成比例, 那么化学分析将会取代生物分析。这种分析方法产生了 Weende 近似分析方法, 并一致沿用到了今天。

那时人们认为粗纤维代表了未消化的部分, 粗纤维含量被作为评定饲料营养价值的基础。随后的调查表明, 草食性动物能够消化纤维和纤维素。这些研究还表明, 粗纤维比无氮浸出物的消化率更高些, 而且消化率的高低取决于木质素含量。

到 19 世纪中期, 人们发现干草的营养价值评定不完善, 并开始采用总消化养分(TDN)的概念。没过多久, 人们又意识到了这种体系的缺点。研究表明, 谷物的总消化养分高于干草。

有趣的是德国和其他的欧洲国家在 100 多年以前就不使用总可消化养分体系了, 而美国一直沿用到 20 世纪后期。

18 世纪后期, 拉瓦锡首次证明了体内燃烧和体外燃烧是相等的, 因而为以能量为基础的体系创造了条件。100 多年之后, 德国的 Kellner 和 Armsby 以及随后美国 Forbes 的研究, 导致了净能体系的产生 (表格)

由饲料摄入的能量	-->消化能	--> 粪能
	↓	
	代谢能	--> 气能
		--> 尿能
	↓	
	净能	--> 热能
		--> Recovered energy回收的能量

Abbreviated energy fraction scheme 能量分解简图

净能体系

净能是饲料中用于——机体维持和肉、奶、蛋的生产以及繁殖所需的能量。净能体系使饲料的能值和动物需要的能值的单位一致。例如，动物在代谢能摄入为零时，损耗5兆卡的机体能量；通过饲料消耗量x饲料能值计算使动物处于能量平衡状态，因而消耗的饲料提供5兆卡的净能。

对于任何一种饲料，当干物质采食增加时，能量的消化率减少，意味着粪能增加。然而当采食增加时，以气体和尿能形式损失的能量比例减少。当饲料的可代谢率大于0.6（代谢能为1.25 Mcal/lb）时，随采食量的增加，每单位质量的代谢能保持不变或增加。

随着采食量增加，趋于过高估测干物质的采食量时，采食系统的内在代谢能值就会减少。以能量为基础的饲喂体系被公认为是黄金标准。因为能量是守恒的，计算生物系统中能量的流通分布是比较容易的。

1984年Rubner首次提出了将热力学的规律应用于动物体系（Blaxter引证，1962）。Kellner和他的同事建立了以能量为基础的体系，该体系的饲料能值以淀粉为标准。上个世纪整个欧洲和英联邦仍在使用淀粉等价系统。Armsby的研究结果以热量单位表达（千卡或卡），并促进了今天在奶牛和肉牛上净能体系的应用。

Armsby的继任者——宾夕法尼亚州立大学的E.B. Forbes坚持这种观点——净能体系在理论上是有用的，净能值测定的条件限制了净能体系的实际应用。Forbes认为净能不仅与饲料本身有关，而且与采食该饲料的动物有关，因此营养需要是动态的，而不是一成不变的。

在农场机械化牵引力到来之前，人们进行了大量的调查研究，以估测饲料能量转化为生产的效率。在1937年，美国畜牧业协会（美国动物科学协会的前身）学报上的很多文章都说明了畜力牵引的重要性。

一些人接受起来新思想似乎很慢。到了20年代末，我的祖父已经停用了马具，并使用Cletrac Model K牌的拖拉机，而当时的动物学家仍然在研究动物牵引的效率。

美国在采用以能量为基础的饲养标准方面也是比较慢的。到了30年代后期，

才测定了不到20种饲料的净能值（在育肥牛上），而为了测定很多常用饲料的相关营养价值，已经进行了数百个饲养试验(Morrison, 1937)。

在二战前，一些以净能体系为标准的饲喂标准被提出；显而易见，这些体系更能反应实际的生产成绩(Fraps, 1937)。但又一次，简单胜过了准确。

联合效应

动物及其肠道菌群可利用化学物质，而不是近似物质。到了30年代后期，研究人员认为近似物质和动物生产性能之间有可能不是一致的关系。

1937年Crampton指出，应该以生物意义的实体评价植物原料：淀粉、糖、半纤维素、纤维素和木质素。他认为粗饲料应划分为木质素、纤维素和其他碳水化合物，从而取代按粗纤维和无氮浸出物分类的方法，为了支持他的这一论点，他把相关资料发表在美国动物生产学会年会上。

在此期间，很多其他研究者也有过类似的言论。Heller和Wall在1940年支持用木质素分析来预测粗饲料的饲喂价值。Guilbert和Goss在1941年的研究表明，随着木质素的增加，整体消化率减少。Patton和Giesecker在1942年也报道了相似的结果。

70年前测定纤维素和木质素很难，那个时代的研究人员认识到把植物成分进行化学分析的重要性。为了测定动物能量的需要，通过对日粮进行化学分析反映动物如何消化和代谢日粮是第一步，这使得在确定日粮能量需要时不必再依赖饲喂试验。

这样做使未来的研究人员超越静态的营养需求，更接近动态描述能量代谢。

二战期间，美国国家动物营养委员会（CNA）认为有必要更准确地确定家养动物的营养需要，并指出在国家困难时期，把有效地利用资源作为准确而高效地饲喂动物的重要动力。据了解，很多研究未意识到营养素间的互作关系。

今天，人们想当然的认为，在代谢研究中所用日粮是平衡的。在上个世纪的前半期，大量的研究是在研究饲料之间的互作效应和这些互作效应对饲料能量利用率的影响。

Mitchell (1937年) 在讨论有关联合效应时，指出了营养素和饲料之间的相互作用并不总是线性的。在分别单独测定玉米或下脚料的能值时发现这两者的能值都不是很高。然而，当这两种原料组合时能更好的满足动物的营养需要。

因此，饲料的代谢能值是配方中一种饲料的营养含量和其他饲料营养含量的组合。这点强调的还不够；配方的单一运算法则就是相加。

到1957年，CAN认为更加准确详尽的饲料营养成分信息是必要的。除此之外，也需要营养成分含量变化影响对营养利用过程方面的信息。

随后的研究声明：“蛋白质、脂肪、无氮浸出物、粗纤维、粗灰分等常规营养成分分析已不再能满足日粮配方的需求。”也必须有氨基酸、维生素、必需矿物质含量信息。最后，更要重视把饲料的碳水化合物成分尤其是木质素、纤维素、半纤维素和淀粉的研究放在重要位置。

应该指出的是，当前计算非纤维碳水化合物的技术（以淀粉表示）是通过与其他测量法相关的所有误差相比较得出的差异。

150多年了，化学家试图准确划分植物纤维的成分，并确定这些成分如何影响消化。如上所述，在大部分时间里，已经知道了木质素代表了饲料的不可消化部分。然而，化学测定限制了木质素作为营养价值指标；人们发现残渣中的人造木质素比实际的木质素要多。

在50年代后期，马里兰州贝尔茨维尔研究站的工人在分析纤维饲料时开始利用洗涤溶液，研究出了一种分析程序，至今仍在使用。

如果洗涤纤维的检测方法适用于粗纤维，那么产物的组成成份是可变的，Van Soest (1964) 对这一观点持反对意见。洗涤纤维残渣是用于萃取和植物成熟的化学物质的功能，而不是具体的一种化学物质。

很多研究人员试图将一些近似物质（通常是中性洗涤纤维或酸性洗涤纤维）与饲料的能量含量联系起来。由于没有唯一的解决法，所以结论是任何或所有的估测都是错误的。

20世纪60年代出现了两种以净能为基础的饲养标准：加利福尼亚净能体系（肉牛）和贝尔茨维尔净能体系（奶牛）。这些根据经验得出的体系是目前美国肉牛和奶牛饲养标准的基础。

20世纪50年代，随着大型商业饲养场的出现，很显然，总可消化养分系统在美国仍然在使用，这未能充分根据采食量预测动物的生产性能。

此外，用于维持的代谢能效率与用于增重的代谢能效率是不同的。这就需要两种能值：用于维持的净能和用于增重的净能。

如前所述，净能体系遵循能量分为维持能量和用于生产的能量，如用于生长牛的蛋白质、脂肪生成。

1968年 Lofgreen 和 Garret 在美国加州大学戴维斯分校，为了确定生长牛和小母牛的能量存留，进行了比较屠宰试验研究。这些试验通常分为两部分：一是估测代谢能的代谢研究，二是生长研究。数据的简单数学分析涉及到饲料营养价值和动物营养需要量的计算。

虽然该体系可以更好的估测动物的生产性能，但有趣的是，表格中大多数饲料能值是基于总可消化养分为基础估测的，而不是实际测定的。按 $0.077 \times \text{体重 kg}^{0.75}$ 对维持能进行估测时，可能随着采食的增加，估测可能存在偏差。

Lofgreen 和 Garret 的结果表明，摄入的代谢能和留存能量有曲线关系。其他研究人员已经注意到这种曲线关系。鉴于用于维持和增重的代谢能效率是

不变的，这个曲线符合可变维持需要的数据点。

美国加州净能体系很显然是根据经验特性得出来的；理论上，用于三磷酸腺苷合成计算值要小于蛋白质、脂肪合成的计算值。

有几种方法可用于估算动物体内的能量平衡：屠宰平衡试验、直接热量测定和呼吸测热。不用饲喂、泌乳和屠宰泌乳母牛的方法，P. Moe, H. Tyrrell, B. Flatt和美国农业部贝尔茨维尔站的其他研究人员用6个呼吸熵来测量摄氧量，二氧化碳和甲烷产生量。

Moe和Flatt（1967年）说，“有关能量平衡试验常规的、冗长的计算可通达计算机工具使之简单化：一种60kb存储能力的IBM 1620模块。”

一套试验可能需要多达3000多穿孔卡片，呼吸交换数据与用于测定消脂率的饲料、粪、尿、奶、消化残渣相关数据、能量分配等数据联系起来。

明显地，用于维持和产奶的代谢能是相似的，仅使用一种净能值——泌乳净能。泌乳牛上的能量划分比生长牛更复杂些。泌乳牛可能是任何一种正向或负向的能量平衡，有或无怀孕的子宫。当由于是在肉牛的情况下，所以对于泌乳奶牛的维持需要估测还使用 $0.077 \times \text{体重 kg}^{0.75}$ ，这可能是低了。

摘要

饲料评价体系和动物生产性能的预测已有200多年的历史了，并还在不断发展。大家都非常清楚，不管系统有多复杂，所有体系都在尽力完善其数据库。

Forbes反对净能体系的实际应用，已是75年多前的事了。自从von Thier提出干草价值，饲养标准的基本要求没有改变。应该根据饲料采食准确预测动物的生产性能，反之亦然。系统必须普遍适用，这个需求从未被满足，因为没有一个体系能够满足所有动物，从鸡到牛。