

S 831
(1)

蛋鸡与肉鸡实用营养技术

沈 慧 乐

北京市畜牧局《当代畜牧》编辑部

1 9 8 5 . 1 . 3

1.5

序 言

本册根据加拿大 Guelph 大学世界著名家禽营养学家 J. D. Summers 教授来华讲学内容以及笔者在加拿大跟随 Summers 教授所学的有关知识整理而成。本册引证了 Summers 教授多年积累的大量科研数据，并介绍了北美洲、欧洲等国的科研成果。内容主要反映了当前现代化蛋鸡和肉鸡工业中的一些实际问题和比较关键的问题。供我国养禽界人士参考。

本册承蒙北京农业大学饲养教研组朱玉琴同志协助，特此表示感谢。

北京农业大学 沈慧乐

一九八四年八月

目 录

第一讲 家禽工业

1. 发展家禽工业的重要性
2. 浪费与效率

第二讲 母鸡的产蛋生理

第三讲 营养与饲料

1. 营养素
2. 代谢能
3. 怎样利用新的蛋白质饲料（以菜籽饼为例）
4. 浪费饲料的原因以及节约饲料的途径

第四讲 如何喂肉用种鸡？

1. 肉用种鸡的营养需要是否得到满足？
2. 高蛋白进食量的有害作用
3. 日粮能量是影响肉用种鸡生产性能的限制因素
4. 肉用种鸡育成阶段的饲养制度
5. 肉用种鸡的维生素需要量

第五讲 蛋鸡育成阶段的饲养制度

第六讲 蛋鸡饲养中的一些问题

1. 蛋白质进食量与重量
2. 阶段饲喂
3. 饲喂制度
4. 蛋鸡的早熟问题
5. 蛋壳质量问题
6. 母鸡的早熟与鸡蛋大小
7. 应激（逆境）

第七讲 肉鸡工业

第一讲 家禽工业

1. 发展家禽业的重要性

家禽工业是一个年轻的工业，即使在加拿大也只有40年的历史。当时鸡肉昂贵，每月能食一次者便颇为幸运。如今，由于现代化养禽业的发展，禽肉已是价格最低廉的畜产品。在农业生产中恐怕还没有一个比家禽业应用科学成果更快和更见效的领域。

最早是遗传学家从产蛋量和产肉量方面进行了选育工作，几十年来，由于遗传育种学家和营养学家的共同研究，形成了蛋鸡和肉鸡这两个不同的分支。加拿大人每人每年平均食用240枚鸡蛋。30多年前每鸡每年产蛋量低于200枚，因此至少需要1.2只母鸡才能满足每人每年的鸡蛋消耗量。如今每鸡每年产蛋270枚，0.89只现代母鸡便可满足每人一年的鸡蛋消耗量。30年间，母鸡的产蛋量提高25%~30%；即：为维持相同的产蛋量可少养 $1.2 - 0.89 = 0.31$ 只鸡。若每鸡每年采食饲料40公斤，每鸡每年可节约饲料 $0.3 \times 40 = 12$ 公斤。在形成蛋鸡工业的同时肉鸡工业也得到飞速发展；1956年的肉鸡生产水平是14周龄时体重1.4公斤，饲料报酬3:1；而如今只需7周便能达到2公斤，饲料报酬1.9:1。

增加畜产品产量的捷径之一在于饲养繁殖率高的家畜。家禽的繁殖率很高，6个月便可繁殖一代；而牛则需3年才能获得第二代。作为遗传学家，在20年内可使鸡繁殖40代，但只能使牛繁殖7代。此外，从一只母鸡一年有270个后代的选育机会，而牛却一年只有一头的选育机会。在家禽工业的发展过程中确实运用了遗传学的知识，通过选育提高了家禽的生产性能和繁殖能力。从一只肉用种母鸡，一年约可获得140只肉鸡雏，按每只母鸡产肉2公斤计，则可得 $140 \times 2 = 280$ 公斤鸡肉。若饲养1.5只种母鸡，每年可生产鸡肉720公斤，此量高于一头肉牛的产肉量。若养1,000只肉用种母鸡，则每年可生产48万公斤鸡肉。约需600头牛繁殖的后代才能生产相等的肉量。可是从劳动力与饲料消耗等方面考虑，养鸡比养牛的经济效益高，也方便得多。

一只蛋鸡，年产16公斤鸡蛋，按干物质含量25%计，相当于4公斤干营养物质。高产奶牛年产奶7,000公斤，按12%干物质计，得840公斤干营养物质。此量约与240只母鸡所产的鸡蛋干营养物质相等。可是差别在于：鸡的饲料转换效率较奶牛的高得多。反刍家畜具有瘤胃，这固然是利用草地与其它粗饲料的有利条件；但不断发展的农业科学也为单胃家畜利用各种农副产品与废弃物开辟了越来越广阔的前途。

从满足人类的营养需要来看，禽类产品为优良的食品。一个成长的青年人若每天食鸡蛋两枚，则可满足其5%的能量需要量，12%的蛋白质需要量，20%~30%的必需氨基酸需要量以及25%的维生素(A、D、E)需要量。

2. 浪费与效率

现代的农业生产必须研究效率，才能生产更多的食品以满足全人类的需要。鸡和人类争夺粮食和蛋白质资源，因此一方面要不断提高养鸡业本身的效率，同时也必须充分

利用各种农副产品才能减少这种竞争并真正杜绝浪费。从文献上看，世界上大多数国家每年每人的粮食消耗量为100~150公斤，而发达国家则高达每人1,000公斤左右。这是因为大量谷物先经动物体转化为畜产品以后，再供人类使用。而家畜转化饲料的效率很低，仅为25%。但实际上各国粮食消耗量的比例关系并不是1000与100~150之比，因为近十年来在北美洲已经形成了一个新兴的工业体系，许多农副产品和废弃物回收后再加工成为饲料又能被家畜所利用，如血液、内脏和骨骼等。羽毛、头发、蹄和角都富含不易消化的角蛋白，而且氨基酸组成很不平衡。若将羽毛经高温高压处理，使之水解成简单的氨基酸，则人，畜皆可利用。英国的一所大学在非洲进行试验，采集昆虫作为蛋白质饲料。在加拿大也有人利用蚯蚓作为鸡饲料。当石油危机，豆饼价格上涨时，有人曾考虑从理发馆收集人的头发水解后作为蛋白质饲料。总之，诸如此类的废弃物都可以考虑作为饲料资源加以利用。

高效率的鸡场必须做好以下几方面的工作，即：遗传育种、疾病控制、营养以及管理工作。约有半数以上的生产单位存在管理不当的问题。通常蛋鸡场和肉鸡场的饲料费用占整个生产成本的60%~70%。从加拿大目前的生产情况来看，节约饲料的潜力约在10%~20%。现用以下生产水平不同的两国为例说明提高养鸡生产效率的重要性。

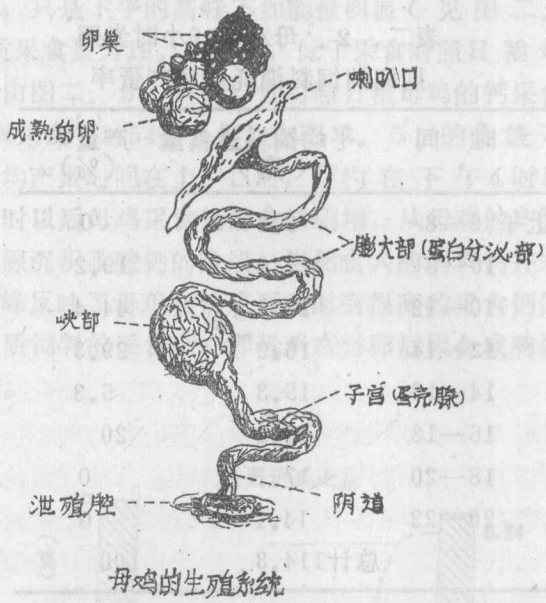
国 别	加 拿 大	某国家（其经济水平介于发达国家与发展中国家之间）
指 标		
肉 鸡 性 能	7 周达 2 公斤体重	15 周仅 1.4 公斤
死 亡 率	3 %	10%
以养100只肉鸡雏 开始可得肉鸡重	$97 \times 2 = 194$ 公斤	$90 \times 1.4 = 126$ 公斤
饲料报酬:	2.0	3.0
饲料消耗:	$194 \times 2 = 388$ 公斤	$126 \times 3 = 378$ 公斤

从上述比较可以看出：两国在品种相同，饲料消耗量基本相似的情况下，由于生产效率的不同致使肉鸡最后的产品率相差35%。

第二讲 母鸡的产蛋生理

为掌握母鸡的营养，首先必须了解其产蛋生理。图二，1所示为母鸡的生殖系统（见图二、1）。母鸡在一昼夜内鸡蛋形成的时间与输卵管各部位的功能见表二、1所示。

由表二、1可见，在上述光照制度下，母鸡一般在上午11时左右产蛋。产蛋30分钟后从卵巢排出第二天的卵。然后卵黄沿输卵管螺旋式地向下移动。输卵管的粘膜细胞分泌鸡蛋蛋白，将卵黄包入其中，此过程约需3小时。若此时将母鸡屠宰，则可见鸡蛋已呈椭圆形。在输卵管的峡部形成内、外蛋壳膜并充入水分，此过程约需1.25小时。最后，在卵壳腺内停留约20小时，沉积碳酸钙，形成鸡蛋壳。若将母鸡在不同时间屠宰，则可见到处于不同形成阶段的鸡蛋。从鸡蛋形成的生理过程可以看出：鸡蛋在输卵管的蛋白分泌部与峡部形成鸡蛋的蛋白质部分，但仅停留4小时；而在卵壳腺内分泌碳酸钙形成蛋壳的时间却长达20小时。这正是产蛋母鸡不同于其他畜禽之处，即一天特定的时间内生产不同的产品——蛋白质与碳酸钙。



图二、1。母鸡的生殖系统图

表二、1。鸡蛋形成的时间与输卵管各部位的功能

输卵 管				
时 间	功 能	部 位	所需时间	
上午 6	产蛋	阴道	} 30分钟	
8				
10		接受卵黄		输卵管漏斗部分
12		分泌蛋白		输卵管的蛋白分泌部
下午 2	形成蛋膜	峡部	1.25小时	
4	形成蛋壳	子宫	20小时	
6	黑暗 6 小时			
8				
10				
12				
第二天 2				
上午 4				

表二、2. 所示为一天内母鸡产蛋率分布的情况。由表可见，母鸡产蛋多半集中于上午10—12时；因此，这时应勤集蛋。

表二、2. 母鸡在16小时光照期间的饲料消耗量和产蛋率

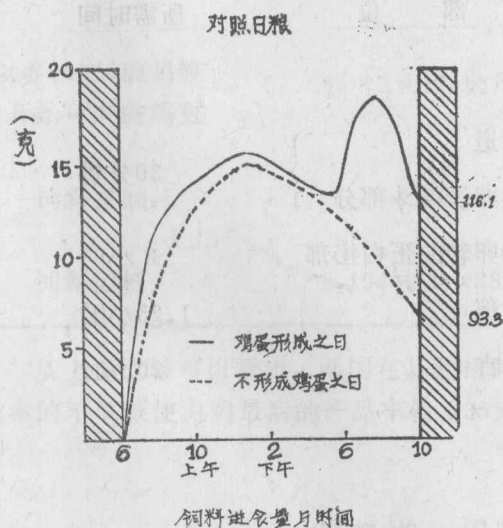
时 间	平均饲料进食量 (克)	产蛋率 (%)
上午 6—8	9.3	0
10—8	12.6	19.2
10—12	14.9	44.4
12—14	16.9	29.3
14—16	15.3	5.3
16—18	14.0	20
18—20	17.1	0
20—22	14.1	0
总计	114.3	100

几年前，Summers 博士在Guelph 大学的养禽实验室进行了一个试验，设计中允许母鸡自由采食各种营养素。对照日粮为玉米豆饼日粮，含蛋白质17%。另配三个试验日粮：碾碎的玉米为能量饲料(E)；颗粒化的豆饼为蛋白质饲料(P)以及由牡蛎粒组成的钙饲料(Ca)。试验日粮以下简称EPCa日粮。在能量和蛋白质日粮中加入维生素和矿物质。将三个试验日粮置于不同的食槽，因此母鸡对EPCa日粮有自由选择的机会。每2小时记录一次采食量。

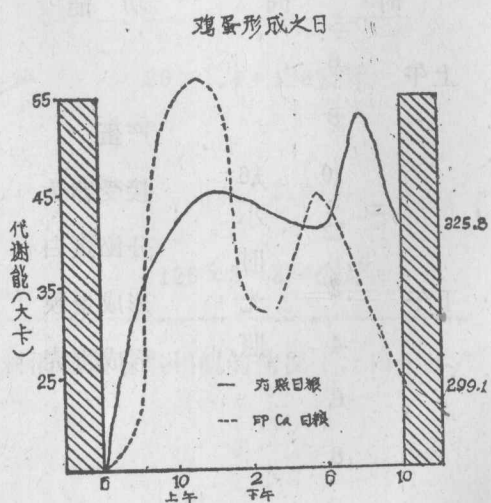
图二、2. 为采食对照日粮时，母鸡在鸡蛋形成之日与不形成之日的采食曲线。

由图二、2. 可见，在鸡蛋形成日的上午和下午都出现采食高峰。鸡蛋形成日的采食量为116.1克，不形成鸡蛋之日的采食量为93.3克。

图二、3.、图二、4. 和图二、5. 分别表示饲喂对照日粮和EPCa日粮的母鸡一天内对能量、蛋白质和钙的采食情况。从能量的采食情况看（见图二、3.），上午

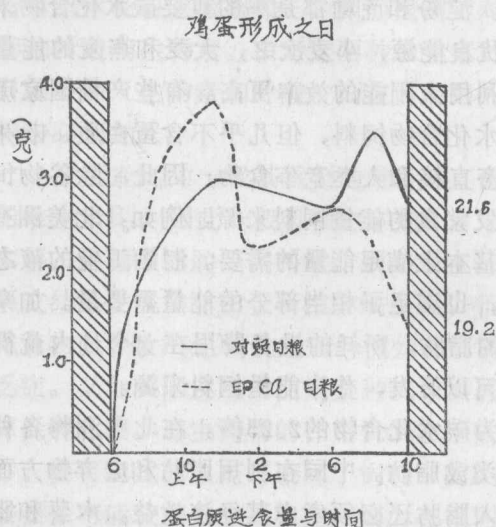


图二、2. 鸡蛋形成之日与不形成之日母鸡的采食曲线

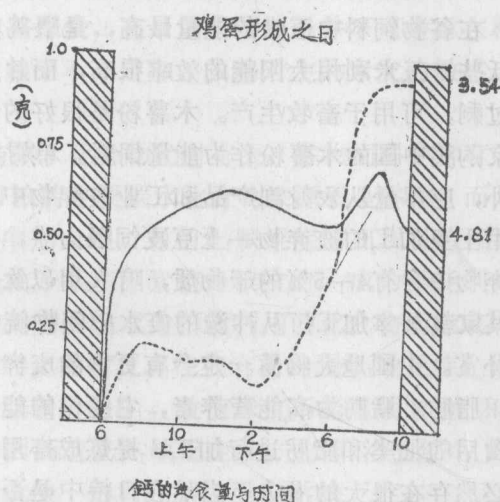


图二、3. 对照组与EPCa组一天内的能量采食曲线图

在产蛋前后（平均在11时左右）出现一能量采食高峰，下午又出现一次采食高峰。对照组鸡的能量采食量为325.8大卡/日，而自由选择营养素的EPCa组的采食量为299.1大卡/日。蛋白质的采食情况与能量的相似，只是下午的高峰不如能量明显（见图二. 4. 所示）。采食EPCa日粮母鸡的蛋白质采食量为19.1克/日，低于采食对照日粮母鸡的21.6克。最有趣的是钙的采食情况。由图二. 5. 可见，食对照日粮母鸡的钙采食量为4.81克/日，而食EPCa日粮的母鸡仅采食钙3.54克/日。由图二. 5. 的曲线可见：从早上直至产蛋后5小时之内（若平均产蛋时间在上午11时，则约在下午4时以前）母鸡只采食很少量的钙；而在下午4时以后母鸡采食钙的食欲剧增，从母鸡的产蛋生理看，这时正值鸡蛋从输卵管进入卵壳腺沉积碳酸钙的阶段。当然食入的饲料钙并非立刻能转化为蛋壳钙，但下午的钙采食高峰反映了母鸡在形成蛋壳时有很高的采食钙的食欲。同理也可以解释上午出现的对蛋白质饲料的采食高峰即母鸡在排卵后因合成鸡蛋蛋白和蛋膜而提高了对蛋白质饲料的食欲。



图二. 4. 对照组与EPCa组一天内的蛋白质采食曲线图。



图二. 5. 对照组与EPCa组一天内钙的采食曲线图

以上试验结果说明：两组鸡的产蛋率和蛋重都相似，但将营养素任鸡自由选择或混合饲喂时的采食量却不相同。EPCa组的日粮能量、蛋白质和钙的进食量都低于对照组的。而目前的饲喂方式多数是将各种营养素混合成日粮进行饲喂，因此，母鸡就不可能按其一天内对各种营养素的不同食欲进行采食，结果必然导致采食过量它所不需要的营养素。例如：下午当母鸡出现钙的采食高峰却不得不同时采食大量的能量和蛋白质饲料。因此，目前的饲喂方式很可能是导致母鸡在产蛋期过肥的原因。若能根据母鸡一天不同的时间内对各种营养素的不同食欲进行饲喂，则可节约7—8%的饲料。

第三讲 营养与饲料

1. 营养素

营养学为一门年轻的科学。营养学家的任务是了解饲料中各种养分的含量并满足家禽对各种营养素的需要量。家禽需要能量，蛋白质，各种矿物质和维生素，而对蛋白质的需要量实质上是对各种氨基酸的需要量。

能量 鸡为单胃动物，它从代谢葡萄糖取得能量。不论用何种碳水化合物喂鸡，最后必须分解成葡萄糖，才能为鸡所吸收和利用。淀粉和蔗糖都是鸡的重要碳水化合物来源。在谷物饲料中玉米的能量最高，是喂鸡的优良能源，小麦次之，大麦和燕麦的能量更低些。玉米利用太阳能的效率很高，而甘蔗利用太阳能的效率更高。有些产糖国家蔗糖过剩，可用于畜牧生产。木薯粉是很好的碳水化合物饲料，但几乎不含蛋白质，欧洲国家购买中国的木薯粉作为能量饲料。单胃家畜直接和人类竞争食物，因此，除谷物饲料外，应尽量从农村副产品和工业废弃物中开发家禽的能量饲料来源。例如：北美洲有人用土豆加工的废弃物—土豆皮喂肉牛，可基本上满足能量的需要。制酒工业的液态废弃物中含有4—5%的干物质，有人用以饮牛，也满足了相当部分的能量需要量。加拿大某家禽屠宰加工厂从冲洗的废水中回收流损的脂肪，所耗的设备费用在一个月內就得到补偿。中国地大物博一定会有更多的废弃物可以开发，作为能量饲料来源。

脂肪 脂肪为高能营养素，它提供的能量为碳水化合物的2.25倍。在北美洲将各种非食用的油类和脂肪进行加工，提炼成畜用油类或脂肪。中国在利用脂肪和废弃物方面也必然存在很大的潜力。当然在日粮中是否加入脂肪还必须考虑其经济效益。木薯和脂肪都是纯能量饲料，不含蛋白质。因此使用时必须补加较高的蛋白质饲料。

蛋白质 蛋白质营养实质上为氨基酸营养。不管是哪种蛋白质，对鸡来说重要的是满足它对各种氨基酸的需要量。蛋白质是很重要的营养素，不能缺乏，但也不必多喂。可是不少情况下，蛋白质的喂量往往过多。蛋白质的组成元素为C、H、O、N和S。当饲喂量超过其合成体组织或产蛋和产肉的需要时，便脱氨燃烧作为热能用。这不仅是一种极大的浪费，而且蛋白质过多对鸡也是一种应激（见下文）。

矿物质 是一类极其重要的营养元素。也是一类比较便宜的营养元素（除磷以外）。许多常量元素，如钙、磷、镁和微量元素，如铜、锰、锌等，已作为常规营养素加入家禽日粮。近十年来也将硒加入日粮，因为世界上许多地区都缺硒。

磷 饲料是除能量和蛋白质外第三种稀缺而昂贵的营养素。从全球范围看，磷的贮存量较少。美国多一些；加拿大没有什么磷矿。植物中的磷多数以植酸磷的形式存在，因而不能为单胃家畜所利用。雏鸡和生长鸡对植物磷的利用率为30%，成年鸡为50%。动物磷的来源，如骨粉和无机磷，磷酸氢钙等的利用率较高，接近100%。磷饲料价格昂贵，不必饲喂过量。试验证明降低日粮磷水平有利于蛋壳质量的提高。蛋鸡的日粮磷已从过

去0.5%降至目前的0.4%，肉鸡日粮磷也有下降的趋势。

维生素 维生素也是一类极其重要的营养素。它是一类有机化合物。

维生素的用量极微，而且价格便宜，因此在北美洲家禽日粮中添加各种合成的维生素，包括脂溶性的A、D、E、K和各类水溶性的维生素。在饲用维生素大量生产以前，日粮中添加青绿饲料，牛奶和鱼粉等以满足家禽的维生素需要量。

在B族维生素中，B₂尤为重要。缺乏时影响孵化率，胚胎在9到14日龄或17到21日龄大量死亡。关于胆碱，曾多次进行试验，企图测定其需要量，但在实验室条件下往往得不到反应。可是在生产条件中，由于存在许多应激因素，不加胆碱便出现缺乏症，因此胆碱也是日粮所必须的维生素。

叶酸和生物素存在于许多饲料中，所以几十年以前在日粮中都不加这两种维生素。随着养鸡事业的工业化和现代化，北美洲家禽日粮的组成成分日趋简单，而且豆饼中的维生素含量也因加工方法不同而异。此外，近二十年来鸡的生产性能不断提高，这意味着母鸡承受的应激增加了，因而提高了对维生素的需要量。目前在北美洲的家禽日粮中都加叶酸和生物素。由于这两种维生素的价格昂贵，在目前中国的条件下可考虑在种鸡日粮中加入生物素和叶酸，而在商品鸡的日粮中不一定加。火鸡对生物素尤为敏感，日粮中必须加入。

维生素B₁为一极其重要的维生素，它与碳水化合物代谢有关。谷物饲料中含有丰富的维生素B₁，因此一般日粮中不加B₁。若日粮的主要碳水化合物来源不是谷物，而是像木薯，蔗糖或脂肪等饲料时，则必须在日粮中加入B₁。目前B₁缺乏症的出现日趋频繁。研究结果发现并非由于日粮中缺乏B₁，而是由于某些因素使日粮中的B₁成为不能利用的化合物而导致产生B₁缺乏症。例如有些清洁剂能使B₁成为不能利用的化合物而造成B₁缺乏症。又如英国发现当使用某种抗球虫药物时，洛岛红鸡往往容易出现B₁缺乏症，因而降低孵化率。球虫药物的作用机制在于破坏卵囊中的B₁，致使球虫不能继续繁殖和生存。很可能抗球虫药也破坏了饲料中的B₁，因而造成B₁缺乏症状。此外，洛岛红鸡的B₁需要量可能较白来亨鸡为高，因为在相同的条件下白鸡并不表现出B₁缺乏症。

亚油酸 为一种不饱和脂肪酸（18碳2烯酸），它是一种必需脂肪酸。鸡对亚油酸的需要量甚微，一般的日粮中都含有足够的亚油酸。玉米和豆饼的亚油酸含量尤为丰富。亚油酸对增加蛋的重量有一定的作用。日粮中亚油酸含量低或缺乏时，鸡蛋较小。日粮中增加亚油酸的含量可提高蛋重。若日粮中的主要能量来源是木薯或蔗糖时应考虑补加亚油酸。

饲料加工 加工能提高饲料的营养价值。多年来一直采用的饲料粉碎便是提高饲料营养价值的最简单途径。豆饼、菜籽饼等饼类饲料在热处理后能起到一定的去毒作用，因而提高了营养价值。美国华盛顿大学进行了试验。发现浸泡也能提高大麦的营养价值。可能是由于浸泡使细胞膨胀，致使胞壁破裂而释放出内容物之故。

在北美洲每年有相当数量的饲料进行颗粒化。大部分家禽饲料，少量的猪饲料和牛饲料都以颗粒料进行饲喂。饲料在颗粒化过程中受到蒸汽，高温以及压力的作用，实际上温度，压力和水分是任何化学反应的重要催化条件。蒸汽颗粒化可显著地提高饲料的营养价值。

一般来说，颗粒化对于低能，高纤维饲料的效应比高能饲料为好。饲料在颗粒化之

后还可提高采食量，减少尘埃，减少浪费，提高饲料报酬，因而起到节约饲料的作用。因此，在北美洲的生产条件下饲喂颗粒料是经济的。虽然，购置颗粒化的设备以及生产颗粒料的耗能费用比较昂贵，但是与饲料颗粒化后的得益相比，投资在短期内就能得到补偿，因此在北美洲的条件下不进行颗粒化是不经济的。

2. 代谢能

禽类的粪尿一起从泄殖腔排出，所以用代谢能作为评定家禽日粮的能量指标；而猪却用消化能，牛一般用净能。

现将家禽营养史上能量指标的发展过程介绍如下：

生产能 很早以前，在老的家禽文献中曾用生产能作为评定家禽饲料营养价值的能量指标。将不同的饲料，如：玉米、小麦和豆饼等分别喂鸡，然后将鸡屠宰，测定其胴体内的含能量；即以各种饲料在鸡体内沉积能量的多少来评定其营养价值。用生产能评定饲料能值的最大缺点是受环境因素的影响极大。例如：在寒冷的条件下，鸡所采食的饲料便不能用于沉积体脂，而是首先用于维持体温，因而影响了所测饲料生产能值的可靠性。此外，生产能值也受日粮营养水平的影响。

代谢能（表观） 60年代初，希尔（Hill）用代谢能作为评定家禽饲料能量价值的指标。代谢能（ME）= 总能（ E_1E ）- 排泄物能（EE）。代谢能可用于维持体温、活动、生长、沉积体脂和产蛋。如此测得的代谢能实为表现代谢能，因为排出的能量并非完全来自饲料，其中包括肠道脱落的上皮细胞、胆汁等消化液以及微生物及其发酵的废弃物。因此表观代谢能（AME）的概念是与表现氮消化率相似的概念。表观代谢能的另一个问题是：给鸡，尤其是生长的幼鸡饲喂含有蛋白质的日粮时，会在体内沉积一定量的蛋白质；而代谢能的测定要求家禽处于零氮存留的状态，即鸡在采食欲测饲料后既不增重也不减重。可是在测定过程中难免有“+”或“-”氮平衡的现象出现，因此必须对此氮量进行校正。体内沉积的氮最终都以尿酸的形式排出，而每克尿酸的能值为8.22大卡。这样，氮校正的代谢能（MEN）= 总能（GE）- 排泄物能量（EE）- $N \times 8.22$ 。校正是为了在同一基础上（即零氮平衡）对各种饲料的能值进行比较。这是Hill博士的一大贡献。

在用希尔方法测定饲料能值时，往往用生长的幼龄鸡（2—4周龄的幼鸡），经预试1周后，再饲喂测试日粮1—2周。众所周知，用雏鸡法测定饲料能值的工作量很大而且很费时，仅饲养试验就需进行3—4周。

60年代后期，Summers等改用6月龄以上的成年公鸡测定饲料的代谢能值。成年公鸡不但便于操作而且在不增重和不减重的情况下可以认为它处于等氮平衡状态而减少校正工作的麻烦。他们还认为多数饲料是喂给成年鸡的，因此用成年鸡测定更有代表性。具体做法如下：用50%基础日粮加50%欲测饲料喂鸡，最后进行换算。若星期五、六、日为预试期，则星期一清晨开始试验，集粪4天，计耗料量和排泄量，星期五清晨收集排泄物并结束试验。一只公鸡为一重复，每5只鸡饲喂一测试日粮。最初，他们采用每天集粪的方法，即每天收集5（只公鸡） $\times$ 4（天）=20个排泄物样本。经过试验证明：若将4天的样本混合在一起，组成一混合样本，也就是说，从5只试验公鸡最后一次收集样本进行分析，其结果与每天集粪的分析结果差异不显著；这样，又使工作简化了

一步。试验期内若一只鸡的数据有问题,则将其舍去,取其它4只的平均数;若2只鸡的数据有问题,则舍去全部数据,重新进行测定。凡采集食量低于70克的鸡的数据不能使用。此法简便易行,每周可测定一个饲料样本,相当快也比较准确,而且公鸡还能不断地使用。因此,从60年代迄今,Guelph大学的养禽实验室仍然采用此法测定饲料的代谢能值。

真代谢能(TME) 这个术语最早在1967年为法籍加拿大人Guillaume所提出。图3.1.为萨默斯等提出的表观代谢能值与饲料进食量的相互关系(见图3.1.)。图中横坐标为以克表示的饲料进食量,纵坐标表示每克饲料的表观代谢能值,虚线代表真代谢能值。由图中曲线可见,任何进食量下,只要校正内源排泄物的能量便可获得一真代谢能值。可是,表观代谢能值随日粮的进食量而异,进食量越少,表观代谢能值越低。当进食量在50克以下时,代谢能急剧下降,表观代谢能与真代谢能值之间的差别也越大,这时的表观代谢能便失去了真实性。由于内源能值是比较稳定的,当能量进食逐渐减少时,内源能损失部分与代谢能的比值就增大。反之,当采食量高时,内源损失的能量与摄入代谢能之比就比较小,而且在采食量大于50克时,表观代谢能就比较稳定。

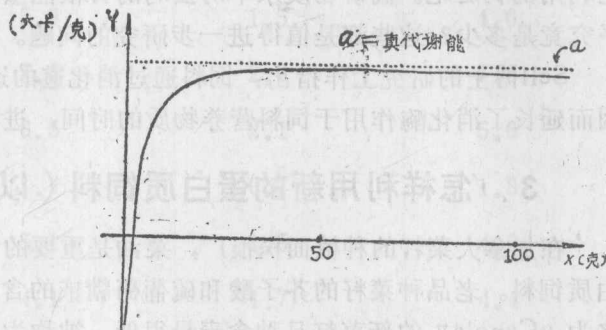


图3.1.表观代谢能值与饲料进食量的相互关系图

真代谢能较表观代谢能约高2—3%。因此在测定表观代谢能时必须注意采食量,在采食量低的情况下,所得的饲料代谢能值是不可靠的。这就是为什么萨默斯在他所用的测定饲料能量的方法中强调鸡的采食量必须高于70克。

70年代加拿大学者 Sibbald 提出了快速测定真代谢能的方法。其特点是将成年公鸡饥饿后进行强制饲喂,因而摆脱了饲喂混合日粮时的繁琐工作。最初他定的饲喂量为20克,以后逐渐增加至30克。由于进食量低,所以内源损失的能量占表观代谢能的比例较大。同时用另一批成年公鸡在饥饿状态下测定的内源能值,用以校正从强制饲喂的公鸡所得的表观代谢能值。因此,真代谢能实际上不是一个实测值,而是对表观代谢能的一个很好的估计值。Sibbald方法的优点是快速,耗料量少。第一天将试验公鸡饥饿,第二天饲喂测试饲料,第三天集粪,第四天进行实验室工作,便可获得结果。但是,此方法也遭到了不少的批评。他已将饥饿时间从24小时延长到48小时,饲喂量也提高了。澳大利亚人Farrell是Sibbald法的反对者,同时提出他自己的快速测定代谢能的方法。但是,到目前为止两种方法都各有其利弊。

萨默斯认为:真代谢能法不一定快,所用的公鸡数量较多,由于试验公鸡都要经历饥饿阶段,尤其是测内源能值的公鸡,因此,在每次测定后公鸡需要一定的时间恢复体况。况且,真代谢能值只是一个经过校正的表观代谢能值。Sibbald企图获得一个精确的能值,实际上许多因素影响数据的精确度。萨默斯认为他们所创的测定代谢能的方法,虽然不是100%的精确,但基本上是准确的,而且简单易行,况且,表观代谢能与真代谢能之争也就是2—3%的差别。他认为在能量研究方面测定能量的方法学已由前人创立,目前主要的任务是用比较简单的方法获得饲料的能值后,研究提高能量的利用率。

有许多因素影响饲料能量的利用率，例如：日粮中的纤维素水平能改变食物在消化道中的流速，因而影响饲料能量的利用率。若饲料通过消化道的速度太快，则其能量不能被家畜充分地利用。例如古巴产猪，猪、鸡日粮中的糖蜜用量有时高达20—30%，其结果是猪、鸡不能快速生长。原因就在于日粮中缺乏纤维素，而糖蜜通过消化道的速度太快，致使蔗糖中的能量不能被吸收。因此，怎样提高糖蜜中蔗糖能量的利用率是一个值得研究的问题。又如，在测定蛋鸡的能量需要量时，往往借用从生长鸡或成年公鸡所得的数据，可是生长鸡和公鸡日粮中的含钙量都比较低；而蛋鸡日粮中却要加入7%左右的石灰石才能满足3.5%的钙需要量。因此，在加入大量的矿物质后，日粮的能值是否还与低钙时相同？很可能蛋鸡得不到像计算值所预期的能量，因为脂肪与钙形成家禽所不能利用的钙肥皂。高矿物质水平对蛋鸡的日粮能量水平有无影响？蛋鸡日粮中的能量水平究竟是多少？这些都是值得进一步研究的问题。

Sell博士的研究工作指出：饲料通过消化道的速度随日粮脂肪含量的增加而降低，因而延长了消化酶作用于饲料营养物质的时间，进而提高了饲料能量的利用率。

3. 怎样利用新的蛋白质饲料（以菜籽饼为例）

在加拿大菜籽的种植面积很广，菜油是重要的食用油之一，菜籽饼是家畜良好的蛋白质饲料。老品种菜籽的芥子酸和硫葡萄糖甙的含量太高，饲喂家畜的效果较差。商品名为“Canola”的新菜籽品种含毒量很低，被称为“双低”或“双无”，因此其饲用价值较老品种高得多，是重要的蛋白质饲料之一。

在获得一种新的蛋白质资源时，往往将它与传统的蛋白质饲料进行比较。在家禽饲养中豆饼为传统的植物性蛋白质饲料。以下将Canola菜籽饼与豆饼进行比较。

首先比较两种饼类的氨基酸成分，Canola菜籽饼和豆饼的氨基酸成分见表3.1。

当以各种氨基酸占饼类的百分数进行比较时，豆饼的氨基酸成分比菜籽饼优越得多。例如：豆饼中的精、赖和色氨酸的含量都比菜籽饼高得多。可是当我们用菜籽饼取代豆饼时，是取代其等量的蛋白质。若按各种氨基酸占蛋白质的百分数进行比较，则两种饼类氨基酸含量的差异就比较接近了。例如：若按占饼类的百分数计，精氨酸在豆饼和菜籽饼中的含量分别是3.6与2.3；若按占蛋白质的百分数计，则为7.3与5.9。后者之间的差异比前者之间小得多。又如赖氨酸占豆饼和菜籽饼的百分数分别为3.2与2.1，占蛋白质的百分数6.5与5.6。同样后者之间的差异比前者之间小。再看蛋氨酸，占豆饼和菜籽饼的百分数相同，都是0.7%，然而以蛋白质为基础时菜籽饼为1.8，豆饼为1.4。因此菜籽饼是比较好的蛋氨酸来源。色氨酸的情况也相同，占饼类百分数的差异（0.7与0.5）比占蛋白质百分数的差异（1.4与1.3）大得多。因此，为获得比较正确的氨基酸含量的概貌，应以饲料蛋白质为基础比较不同饲料的氨基酸含量。所以，若用部分菜籽饼取代部分豆饼预期可以获得较好的效果。因为玉米豆饼日粮的主要限制氨基酸为蛋氨酸，而菜籽饼是较好的蛋氨酸来源，所以用其取代部分豆饼时可以少加一些合成蛋氨酸。可是若用菜籽饼取代部分棉籽饼或花生饼时，效果则不如取代豆饼时好，因为菜籽饼本身的赖氨酸含量不高，而且被取代的上述饼类饲料的赖氨酸含量也比较低。

因此，作为营养学家，在采用新资源取代常用蛋白质饲料时，必须首先了解其氨基酸成分，才能预期取代后的利弊。目前利用电子计算机可以获得最低成本的最佳配方，

表三. 1. Canola菜籽饼和豆饼的氨基酸成分

饲料 % 氨基酸	豆 饼		Canola菜籽饼	
	占豆饼%	占蛋白质%	占菜籽饼%	占蛋白质%
精氨酸	3.6	7.3	2.3	5.9
胱氨酸	0.8	1.5	0.5	1.2
组氨酸	1.2	3.2	1.0	2.7
异亮氨酸	2.6	5.3	1.5	4.0
亮氨酸	3.7	7.6	2.7	7.0
赖氨酸	3.2	6.5	2.1	5.6
蛋氨酸	0.7	1.4	0.7	1.8
苯丙氨酸	2.5	5.1	1.5	4.0
苏氨酸	2.0	4.1	1.7	4.4
色氨酸	0.7	1.4	0.5	1.3
缬氨酸	2.5	5.1	1.9	5.1

其次, 要比较两种蛋白质资源的能量含量。表三. 2. 中收集了 3 个不同地区 Canola 样本的代谢能含量。其平均值为 1966 大卡/公斤。豆饼的平均代谢能值为 2550 大卡/公斤, 菜籽饼的能量比豆饼低 20%~25%。老菜籽饼的能量更低, 约为 1800 大卡代谢能/公斤。因此在使用菜籽饼时应在日粮中加入些脂肪或多加玉米来提高日粮的能量水平。

表三. 2. Canola菜籽饼样本的代谢能含量

	代谢能 (大卡/公斤) (风干基础)
Altona	1850
Sexmeth	2126
Lloydminster	1922
	$\bar{x}$ 1966

第三, 若有菜籽饼氨基酸利用率的数据, 则将比氨基酸成分更精确、更有价值。现在世界各地都在从事氨基酸利用率的研究工作。但是由于方法学的研究尚未过关, 迄今尚无比较一致和可信的数据可以利用。表三. 3. 所示为豆饼和菜籽饼氨基酸的利用率。由表三. 3. 可见两种饼类的各种氨基酸利用率的差异不大, 都在 90% 左右。

表三. 3. 数据为加拿大学者用成年公鸡集粪法测得。因此究竟肠道微生物和消化

道的酶对氨基酸利用率数据有多大影响，并不清楚。Sauer博士以其测定氨基酸利用率的工作闻名于世，他用回肠末端法测定猪对氨基酸的利用率，因而避免了肠道微生物对消化率数据的影响。在取得鸡的饲料氨基酸利用率的可靠数据之前，借用猪对氨基酸利
表三. 3. 豆饼和菜籽饼的利用率(%)※

氨基酸	样 品 饲 料	1		2	
		豆饼	菜籽饼	豆饼	菜籽饼
赖 氨 酸		94	85	91	78
精 氨 酸		94	92	84	78
胱 氨 酸		98	84	94	87
蛋 氨 酸		93	89	74	75
苏 氨 酸		90	91	83	78
亮 氨 酸		94	91	88	84
异亮氨酸		94	90	89	79

* 此表是用成鸡进行测定的。
用率的数据会比用集粪法则定的氨基酸利用率准确得多。也有人模仿猪的回肠末端法测定鸡的氨基酸利用率，但鸡的手术死亡率较高。在反刍家畜的营养研究中，目前采用在瘤胃里放置尼龙口袋的方法测定某饲料的消化率。Sauer 目前进行的研究正是模仿此法，将饲料成分单独地置于小尼龙口袋中喂猪，使其随食糜向消化道后端移动，在进入大肠之前将尼龙口袋通过筌管取出，测定某饲料中消失的氨基酸，即可获得氨基酸利用率。可以深信在不久的将来便会有可靠的氨基酸利用率的数据。依靠这些数据能节约10%左右的饲料蛋白质。这将对世界的巨大贡献。

最后,鉴定一个饲料的最好方法是进行动物试验。表三. 4. 所示为Summers等进行的菜籽饼喂鸡的饲养效果。对照日粮为玉米豆饼日粮，不加菜籽饼，试验日粮中分别加入5%、10%和15%的Canola菜籽饼。各日粮为等能等蛋白。菜籽饼的能量比豆饼低，因此，用其取代豆饼时，需增加能量饲料。

表三、4. 蛋鸡饲喂菜籽饼的效果

菜 籽 饼 水平(%)	产 蛋 率 (%)	饲料消耗 (克/日)	蛋 重 (克)	蛋型变形值 (微米)
0	79.9	112	57.2	23.5
5	78.9	109	57.3	22.7
10	79.5	111	57.3	23.0
15	79.1	110	56.7	23.2

Summers和Leeson

由表可见，在玉米豆饼日粮中加入不同水平的菜籽饼后，各组在产蛋率和饲料消耗方面几乎相同。采食高水平菜籽饼日粮的鸡组时有降低蛋重的趋势。从蛋壳质量看日粮中不同水平的菜籽饼对蛋壳质量无不良影响。

表三.5.所示为不同水平的菜籽饼饲喂肉用仔公鸡的效果。对照组仍然饲喂玉米豆饼日粮，菜籽饼的用量是7.5%、15.0%和2.25%。各日粮等能等氮。

表三.5. 肉用仔公鸡饲喂CanoLa菜籽饼的效果

菜籽饼水平 (%)	体 重 (克)	饲 料 报 酬	甲状腺重 (毫克/公斤体重)	胴体等级 A级(%)	皮 下 脂 肪 (%)
0	2101	1.97	93	73	90.2
7.5	2121	1.98	113	78	90.2
15.0	2025	2.11	104	77	89.2
22.5	1989	2.10	114	68	90.4

Summers和Leeons

由表三.5.可见，随日粮中菜籽饼用量水平的提高，肉鸡的增重和饲料报酬都有下降的趋势，究竟是由于CanoLa菜籽饼中仍有少量毒素，还是由于对其代谢能估价过高所致，尚待进一步研究。在用老菜籽饼喂鸡时，往往出现甲状腺肿大的现象，用Canola菜籽饼时也有此现象。从胴体品质和皮下脂肪这两项指标看，各组之间差异不大，只是高水平菜籽饼组的胴体等级稍差。

表三.6.所示为重复菜籽饼饲喂肉鸡的试验效果。所用菜籽饼的水平较高：10、20和30%。除30%组的体重稍低外，各组的体重、饲料报酬和死亡率方面的差异都不大。但本试验中观察到的：饲喂菜籽饼日粮的肉用仔鸡腿病的发病率较高，鸡群中溜腱症的百分数随日粮菜籽饼水平的提高而增加。

表三.Canola菜籽饼对肉用仔鸡生产性能的影响

指 标	体 重	饲 料 报 酬	死 亡 率	溜 腱 症
日 粮	(克)		(%)	(%)
对 照 组	1930	2.22	3.0	0.4
10%菜籽饼	2008	2.18	3.4	0
20%菜籽饼	2004	2.17	4.6	2.8
30%菜籽饼	1957	2.15	2.9	3.0

Summers和Leeson

对某种饲料的最后鉴定是对所喂家畜的产品进行品尝。各国都有其自行的品尝标准。

表三. 7. 所示为对饲喂20%菜籽饼以及菜籽饼加蛋氨酸和胆碱的肉用仔鸡的品尝结果。

表三. 7. 对饲喂20%菜籽饼日粮的肉用仔鸡的品尝结果

测定指标	日 粮					
	玉米对照日粮		菜籽饼日粮		菜籽饼日粮 + 蛋氨酸 + 胆碱	
	1	2	1	2	1	2
香 味	4.8	4.9	4.8	4.6	4.9	4.8
滋 味	5.0	5.0	5.0	4.8	5.0	4.9
多汁性	5.2	—	4.9	—	4.9	—
嫩 度	5.6	—	5.4	—	5.5	—
总评价	5.1	5.0	5.1	4.7	5.0	4.9

Summers和Leeson

1、白肌肉 2、红肌肉

新老菜籽饼都含有菜籽碱，其分解物类似三甲基氨。人们发现在给带有洛岛红血液的品种饲喂菜籽饼时，鸡群中往往有5~20%的鸡所产的蛋具有鱼腥味。英国爱丁堡大学的一位遗传学家证明了来亨鸡和洛红岛鸡在代谢三甲基氨方面有遗传上的差异。白色的鸡能将所产生的三甲基氨彻底分解并排出体外。因此即使饲喂菜籽饼也不致于生产出带鱼腥味的鸡蛋。而带有洛岛红血液的鸡种却不同，它们不能将三甲基氨在肝脏中进行氧化。因此当饲喂高水平菜籽饼或纯胆碱后，在小肠或泄殖腔中会有大量三甲基氨。后者是一种使鸡蛋具有鱼腥味的化合物。表三. 7. 中的第三个处理是菜籽饼加蛋氨酸加胆碱，目的在于试验胆碱和蛋氨酸对鸡肉品质的影响。

在采用某种新的饲料资源时往往需要测定其磷的利用率，因为磷饲料比较昂贵。表三. 8. 所示为Canola菜籽饼中磷利用率的试验结果。

表三. 8. 与豆饼相比，评定 Canola 菜籽饼中磷的利用率

	2 周龄时骨灰数据		
	骨灰 (%)		
	豆饼 (30% 可利用P)	42.4	
菜籽饼 (75% 可利用P)	22.5		
菜籽饼 (30% 可利用P)	36.9		
	7 周龄时的数据		
	体重(克)	饲料报酬	骨灰(%)
豆饼 (30% 可利用P)	1971	2.20	47.5
菜籽饼 (75% 可利用P)	—	—	—
菜籽饼 (30% 可利用P)	2063	2.09	41.5

Summers和Leeson