

# 畜牧生产学

(三年制试用教材)

上册

华中农学院《畜牧生产学》编写小组编

一九七二年四月

# 前 言

遵照伟大领袖毛主席关于“认真搞好斗、批、改”和“教材要彻底改革”的教导，在院工人毛泽东思想宣传队和院革命委员会的领导下，由工宣队师傅、干部、教师组成教材编写小组，深入部队、农村社队、畜牧场，接受贫、下中农的再教育，参加生产劳动，进行调查研究和教学活动。在广大贫、下中农、革命干部和畜牧兽医工作人员的大力支持下，1970年初编写了二年制《畜牧生产学》试用教材。一年来，我们通过初步教学实践，并进一步征求了工农兵学员、革命干部、革命技术人员的意见，对两年制《畜牧生产学》试用教材进行了修改，编写出了这套三年制《畜牧生产学》试用教材。

全书分上、中、下三册。上册介绍了家畜饲养原理、饲料分析和遗传学基本知识；中册为养猪部份，并结合介绍了家畜育种基础知识；下册为养牛及其他畜禽的饲养管理、人工授精、畜禽阉割术。

由于我们认真学习马克思主义、列宁主义、毛泽东思想不够，专业水平较低，修订后的教材，一定还存在很多问题，希望同志们提出批评和改进意见，以便进一步修改。

# 目 录

## 上 册

### 第一部分 家畜饲养基础知识

第一节 饲料中的营养物质	1
一、饲料与家畜体的化学成分与营养物质	1
(一) 饲料中的水份与干物质	2
(二) 饲料中的矿物质与有机物质	3
(三) 粗蛋白质	4
(四) 粗脂肪	4
(五) 粗纤维	4
(六) 无氮浸出物	5
二、饲料中的可消化营养物质	8
第二节 各种营养物质的营养价值	9
一、饲料的热量价值	10
(一) 粗热量与可消化热量	10
(二) 生理有用热量	10
(三) 净热量(净能)	11
(四) 饲料单位制度	13
(五) 其他饲料单位制度及其比较	14
二、饲料中的蛋白质及其营养价值	16
(一) 蛋白质的营养作用	16
(二) 必需氨基酸与非必需氨基酸	17
(三) 蛋白质的生物学价值	18
(四) 提高饲料蛋白质生物学价值的方法	19
(五) 反刍动物蛋白质营养特点	19
(六) 日粮中的蛋白质比例	21
三、饲料中碳水化合物与脂肪的营养价值	21
(一) 饲料中碳水化合物的营养价值	22
(二) 饲料中脂肪的营养价值	23
四、饲料中矿物质的营养价值	24
(一) 钙与磷	24
(二) 食盐	25
(三) 铁、铜和钴	26
(四) 锌	27
(五) 碘	27
(六) 日粮的酸碱平衡	28
五、饲料中的维生素及其营养价值	29



(一) 脂溶性维生素	3 0
(二) 水溶性维生素——维生素B组	3 2
(三) 维生素营养的辩证关系	3 4
<b>第三节 营养物质在畜体内的分配与利用</b>	3 6
一、饥饿状态时体内营养物质的分配与利用	3 6
二、进食过程对畜体代谢的影响	3 8
三、家畜生产产品时体内营养物质的分配与利用	4 0
(一) 家畜生产产品的营养需要	4 0
(二) 维持需要与生产需要的关系	4 0
(三) 不同生产过程之间的营养物质的分配	4 2
(四) 限制饲养的作用	4 3
<b>第四节 饲养标准化概念与日粮配合</b>	4 3
一、饲养标准化概念	4 3
二、日粮及其配合的计算	4 4
(附录) 饲料分析指导	4 8—6 5

## 第二部分 遗传学基本知识

<b>第一节 性细胞形成与受精</b>	6 7
一、性细胞的形成	6 7
二、受精	6 9
三、结合子的分裂	6 9
<b>第二节 生物的遗传</b>	7 0
一、遗传的物质基础	7 0
(一) 基因位于核内的染色体上	7 0
(二) 基因是什么	7 1
(三) 基因的性质	7 4
二、质量性状遗传的基本规律	7 5
(一) 分离规律	7 6
(二) 自由组合规律	7 8
(三) 连锁规律	7 9
(四) 遗传基本规律的发展	8 2
三、数量性状遗传的基本规律	8 4
四、性状的遗传与环境	8 8
<b>第三节 生物的变异</b>	9 1
一、遗传的变异的种类	9 2
(一) 由于基因重组所发生的变异	9 2
(二) 由于基因突变所发生的变异	9 4
(三) 由于染色体的改变所发生的变异	9 7
二、控制和利用家畜的变异	9 9



# 第一部分

## 家畜饲养基础知识

### 第一节 饲料中的营养物质

辩证唯物主义者认为宇宙任何事物都是由物质组成的，家畜饲养与饲料植物自然也不例外。根据动植物的化学元素的分析证明，它们主要地是由碳、氢、氧、氮四种元素组成。在植物体，这四种元素占干物质重量的95%；在动物体占91%。除此以外，干物质的其余部分则是硫、磷、铁、钾、钙、镁、氟、碘、钠、氯、锰、锌、钴等元素。这些元素的总量只占干物质总量的5%或9%。而在这些不多的元素中，动物体中需要较多的为钙、磷、氯、钠、铁。其余需要量更微小（通常只以毫克计数），故被称为微量元素。

动物的营养过程是一个复杂的过程，基本上是以有机化合物的形式来进行的。特别是碳、氢、氧、氮四元素的代谢是如此，它们的代谢经常是以蛋白质、脂肪、碳水化合物的形式而进行。换句话说，就是动物基本上只能从饲料中的蛋白质，脂肪，碳水化合物（包括纤维素）及其他类似的有机化合物中获得营养。兹将几种动植物的化学成分列表比较如下：

#### 一、饲料与家畜体的化学成分与营养物质

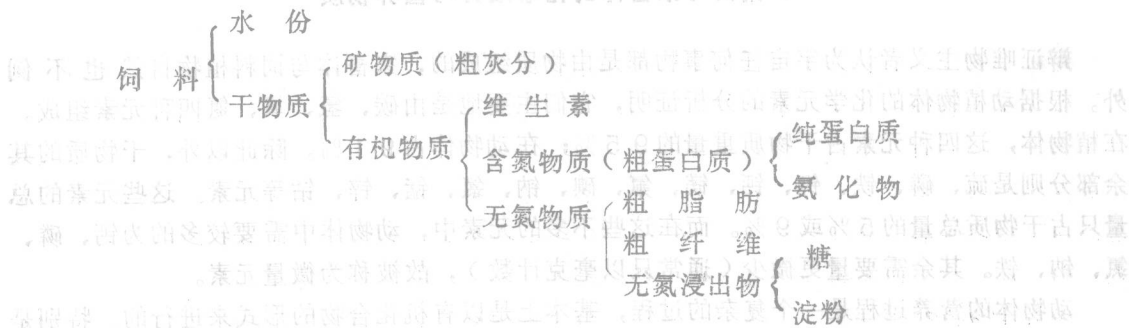
（表1—1）

表1—1 家畜体与饲料的化学成份(%)

营养物质名称	饲料								
	青干草	甜菜	大麦	豆饼	半肥育牛	中等营养水平绵羊	脂肪型猪	初生牝牛	
水分%	14	88	14	8.87	56	54	44	73	
粗蛋白质%	10	1	9	43.87	18	19	13	18	
粗脂肪%	3	0	2	4.89	20	22	39	4	
无氮浸出物%	41	9	68	26.96	1	1	1	1	
粗纤维%	26	1	4	8.14	0	0	0	0	
灰分%	6	1	3	7.27	5	4	3	4	

由此可见动植物体内都含有相同的营养物质类别，故动物采食饲料植物后，可以从中获得需要的营养物质，从而得以维持生命并进行生产。但是，动植物体内各类营养物质含量比例，却有显著的不同（动物体内一般脂肪含量很高，碳水化合物（无氮浸出物）含量最少，平时几乎不到百分之一，而纤维素（碳水化合物）则完全没有）。并且各种不同种类的植物中各种营养物质含量也各有差别，因此各种饲料植物的营养价值就各有不同。

应当说明，动物体内的营养过程，均是纯营养物质的代谢过程（如纯蛋白质、纯脂肪、醣类等），而在饲料中具有营养价值的相应物质与动物体内的纯营养物质比较一般是不同质的。因此，要把不同质的物质直接进行比较是没有意义的。有些甚至是不同类别的其他物质，那就更没有比较的前提了。但是由于它们经过动物消化以后，可以参与代谢过程，起营养作用。例如有些氮化物，本身并非蛋白质，但经过动物消化道加工处理以后（特别是牛），仍然可以起蛋白质的营养作用。因此，在饲养科学中把它们都列入蛋白质的营养范畴之内，并且把所有具有这样营养作用的物质给予一个概括的名称——粗蛋白质。因为同样的道理，故有粗脂肪、粗纤维、无氮浸出物（属于醣类范畴）、粗灰分等名称。这样，就可以表明与纯营养物质既相区别又相联系，不仅解决了动植物体内物质相互比较的前提，还可避免对饲料营养价值认识的片面性，同时也可以大大简化饲料化学分析的方法。为了适应营养物质这样分类的特点，饲料的营养成份分析，采用了如下的方案：



兹就饲料中的各种营养物质分述如后

（一）饲料中的水份与干物质

任何饲料都含有水份，但各种饲料中水份的含量，却有多有少。如有的饲料含水份95%以上，有的则仅有10%左右，个别饲料含水份只有5%。饲料除去水份，剩余的物质称为干物质。饲料中水份含量的确定，就是把饲料粉碎后，放在105°C的温度下，水份彻底蒸发后，称量余下的干物质重量而计算出来的。

水份对于动物体来说是必需的物质，但家畜的饮水才是畜体水份的主要来源，而饲料中的水份一般不考虑其价值。因此，饲料中水份含量愈多，则干物质含量相对愈低，营养物质含量相对愈少，那么，每一公斤饲料的营养价值，自然是也就愈少的了。

兹将各种饲料的水份含量举例如下（表1—2）：

饲料名称	水份 (%)	干物质 (%)
青贮料	70-80	20-30
干草	10-15	85-85
精料	5-10	90-95
饼粕	5-10	90-95
糠麸	10-15	85-85
油饼	5-10	90-95
豆饼	5-10	90-95
菜饼	5-10	90-95
棉饼	5-10	90-95
花生饼	5-10	90-95
芝麻饼	5-10	90-95
葵花饼	5-10	90-95
椰子饼	5-10	90-95
木薯干	10-15	85-85
甘薯干	10-15	85-85
玉米干	10-15	85-85
高粱干	10-15	85-85
小米干	10-15	85-85
大米干	10-15	85-85
小麦干	10-15	85-85
燕麦干	10-15	85-85
荞麦干	10-15	85-85
黑豆干	10-15	85-85
绿豆干	10-15	85-85
黄豆干	10-15	85-85
豌豆干	10-15	85-85
蚕豆干	10-15	85-85
花生干	10-15	85-85
芝麻干	10-15	85-85
葵花干	10-15	85-85
椰子干	10-15	85-85
木薯干	10-15	85-85
甘薯干	10-15	85-85
玉米干	10-15	85-85
高粱干	10-15	85-85
小米干	10-15	85-85
大米干	10-15	85-85
小麦干	10-15	85-85
燕麦干	10-15	85-85
荞麦干	10-15	85-85
黑豆干	10-15	85-85
绿豆干	10-15	85-85
黄豆干	10-15	85-85
豌豆干	10-15	85-85
蚕豆干	10-15	85-85
花生干	10-15	85-85
芝麻干	10-15	85-85
葵花干	10-15	85-85
椰子干	10-15	85-85

表1—2 各类主要饲料的水份含量表(%)

饲料名称	水份含量(%)	所属饲料类别	本类饲料水份含量范围(%)
苞菜外叶	85.5	青绿饲料	70—95
水葫芦	93.4		
大麦粉	10.7	精料	3—14
米糠	13.0		
蚕豆	14.5		
豆饼	8.8		
红苕	68.2	多汁饲料	70—90
南瓜	89.6		
稻草粉	7.5	粗料	7—14
青干草粉	14.0		

饲料中水分含量在不同情况下会有变化，例如青绿饲料生长发育各阶段的水分含量变化就很明显。初花期的紫芸英水分含量达89%以上，而到结荚时期就降到80%以下。虽然如此，它们毕竟只在一定范围内变化(70—90%)。如果收获荚果以后植株干枯，则此时植株已不属于青绿饲料范畴，而应属于藁秆之类的粗饲料范畴了。

(二) 饲料中的矿物质与有机物质

矿物质系指饲料物质经充分燃烧后，干物质中的全部有机物质氧化成气体(CO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O)，挥发以后剩余的灰分物质而言，故亦称作粗灰分。其中包含有除C、H、O、N以外的所有植物的其他元素，如钙、磷、钾、钠等都是家畜营养中必需的物质。因此，这类物质在饲料中含量百分数虽然较低，但却是不可忽视的营养物质。

矿物质在饲料中存在的形式决不可以误解就是上述灰分的形式，它们实际上是以各种无机或有机的复杂化合物的形式而存在，如各种无机盐类(碳酸盐、硫酸盐、氯化物或矽酸盐等)与有机化合物(硫、磷等常是某些蛋白质的成分)。各种饲料中矿物质含量举例如下表(表1—3)：

表1—3 几种饲料中矿物质含量表(%)

含 量%	饲料 萝卜叶	苞菜叶	马铃薯 茎叶	青玉米	大麦	豌豆	小麦麸	马铃薯	苜蓿 干草	稻草
水分含量(%)	86.4	85.8	80.2	82.5	10.7	13.8	11.75	78.0	14.0	7.5
灰分含量(%)	3.7	2.0	3.17	1.3	6.09	2.9	6.23	1.1	8.12	14.5
灰分占干物含量的%	27.21	13.79	16.01	7.43	—	—	—	5.0	—	—
钙的含量(%)	0.221	0.1	0.33	0.07	0.04	0.08	0.13	0.02	1.77	0.19
钙占干物质含量(%)	1.625	0.69	1.67	0.4	—	—	—	0.09	—	—
磷的含量(%)	0.051	0.045	0.074	0.05	0.35	0.4	1.29	0.02	0.219	0.07
磷占干物质含量(%)	0.375	0.31	0.37	0.29	—	—	—	0.09	—	—



从上表可见植物的茎叶部分的灰分含量较多，而籽实与块根中含量较少。籽实的外皮（如麦麸）又比籽实内层灰分含量多。从元素来看，植物的茎叶中钙的含量也较籽实显著的多，其中尤其是以豆科植物（苜蓿）的含量最多。相反，磷则以籽实饲料含量高，其中又以籽实外皮的含量最多。因此就钙磷比例而言，青粗饲料比较合乎动物营养的要求。

### （三）粗蛋白质

在饲料分析方案中测定粗蛋白质的方法主要是测定其中的含氮量，然后用畜体蛋白质含氮平均百分数（ $\frac{16}{100}$ ）计算出蛋白质数量。因此，粗蛋白质又称之为含氮物质。饲料中含氮物质种类很多，不止蛋白质一种。例如青绿饲料、青贮饲料、糖化饲料等就含有许多未结合成蛋白质的游离氨基酸，它们都是动物营养的重要蛋白质来源。如前所述，还有许多氮化物对牛羊而言也可以被转化为蛋白质，同样起有蛋白质营养作用。这就说明了测定饲料中粗蛋白质比测定纯蛋白质，在某些情况下有优越性。兹举各种饲料中粗蛋白质含量列表如下（表1—4）：

表1—4 各种饲料中粗蛋白质含量表（%）

含 量%	青玉米	紫云英	苞菜 外叶	玉米	大麦	豌豆	豆饼	棉籽饼	红苕	玉米 蕊	花生 藤	鱼粉 血粉
水分%	82.5	81.0	85.8	12.7	10.7	13.8	8.7	7.6	68.2	10.7	9.4	—
粗蛋白质%	1.9	2.23	2.2	9.5	13.6	22.9	43.8	28.0	1.6	3.1	10.068	—80
折算成干物质含量%	10.9	20.27	15.48	—	—	—	—	—	5.12	—	—	—

上表说明，动物性饲料中粗蛋白质含量最高。在植物饲料中，豆类含量最高（30—48%），籽实饲料中以豆类为高（2.3—3.5%）。在全植株体上，叶片的含量较茎、根、籽实高。从植物生长发育看，幼嫩植株的蛋白质含量较生长中、后期高。

### （四）粗脂肪

脂肪可溶于乙醚，因此常用乙醚浸泡饲料，从而浸出脂肪以确定饲料中的脂肪含量。但是能够溶于乙醚中的物质，除脂肪以外，还有许多其他物质，例如叶绿素、蜡质、固醇、树脂与一些有机酸等。因此用这种方法测定的脂肪称为粗脂肪。脂肪在人类需要方面是一种重要的物资，一般富含脂肪的物质均不用作饲料，而是先榨取脂肪以后，再利用它们的副产品（如饼类）。至于一般饲料中的粗脂肪含量都较低（个别例外，如米糠含脂量较高可达15%以上，但有时也是先榨油制成糠饼以后饲喂家畜）。因此，这种测定方法虽然差异过大，也无必要另搞更为繁琐的测定方法。

兹举饲料中脂肪含量数例如下（表1—5）：

表1—5 各种饲料中的粗脂肪含量表（%）

含 量%	青玉米	紫云英	苞菜 外叶	大麦	玉米	麸皮	米糠	黄豆	豆饼	红苕	稻草
含粗脂肪%	0.5	1.5	0.6	1.1	3.4	3.0	15.0	17.0	4.8	0.4	1.0

加工副产品中，脂肪含量多的饲料，一般不易贮藏，例如米糠与豆饼在贮藏过程中就极易变质、霉败，要给予应有的注意。

### （五）粗纤维

粗纤维是植物细胞壁的主要成分，它本身几乎不能被动物的消化液所消化，只能在被消化道内的微生物群的共同作用下，才可以被动物消化利用，因此，是比较难于消化的营养物质。同时，由于它是细胞外壁的成分，被它包裹在内的植物细胞内容物，也就不易及时接受动物消化液的消化作用，因而降低了饲料本来的营养价值。所以一般地说，饲料中的粗纤维含量愈高，饲料的营养价值也就愈低。

饲料分析方案中的粗纤维，系指饲料通过一定浓度的酸、碱、酒精及乙醚的相继作用以后，未被这些溶剂溶解的残渣物质。因此，它是不溶于一定浓度的酸、碱、酒精、乙醚的一些有机物质，包括纯纤维素、半纤维素、木质素、角质、木栓质及硅酸盐等（后四者合称为镶嵌物质）。前二者在动物消化道内可以经微生物的作用而被消化利用，其营养价值与纯淀粉相同。所以，粗纤维经消化以后，仍具有营养作用。上文所说“它的含量愈高，饲料的营养价值愈低”只是说明它本身的难于消化和它限制了其他营养物质的消化的方面。如果采用物理的、化学的与微生物的方法，来处理含粗纤维较多的饲料，增加了它们的可消化性以后，还是可以大大提高富含粗纤维饲料的营养价值的。

至于镶嵌物质本身更难消化，基本上没有营养价值，粗纤维难于消化的主要原因也是因为与它们相结合的缘故。它们结合的程度愈紧密（或者说木质化的程度愈高），粗纤维也就愈难消化。因此，粗饲料营养价值的降低，实际上决定于这类物质的含量与结合的程度。植物生长早期幼嫩阶段，细胞壁的粗纤维含量较少，木质化程度也较低，所以甚易消化，营养价值也较高。反之，愈往后期则粗纤维含量与木质化程度都日益增加，因而就愈难消化，藁秆之类饲料的营养价值低的原因也就在此。兹将各种饲料的粗纤维含量举例如下(表1—6)：

表1—6 各种饲料中粗纤维含量表(%)

含 量%	青玉米	紫云英	红三叶 (初花)	红三叶 (盛花)	大麦	麸皮	豆饼	红苕	玉米蕊	稻草
水分%	82.5	89.0	81.8	78.9	10.7	11.75	8.87	68.2	10.7	7.5
粗纤维%	4.7	1.12	3.52	5.84	6.54	11.34	8.14	1.9	34.5	33.5
折算成干物质的%	26.9	10.18	19.3	27.8	—	—	—	6.0	—	—

从上表可见稻草与玉米蕊等类粗饲料的粗纤维含量最高(26—48%)，而籽实饲料及红苕根茎类饲料的含量最低。青饲料折合成干物质的百分数时其含量居中(10—28%)。在籽实中，籽实的外皮含量较籽实内层高，如麸皮，米糠为9—12%。红三叶盛花期较初花期含量高。

#### (六) 无氮浸出物

所谓无氮浸出物系指饲料的有机物中除去粗蛋白质、粗脂肪与粗纤维以外的其他物质的综合概念，换句话说就是可溶于酸，可溶于碱或者水的无氮有机物质，故名为无氮浸出物。它包括有淀粉、菊糖(洋姜中的)等多糖，各种双糖、单糖、果胶、鞣酸与可溶性的半纤维素以及其他可溶性有机物。由于植物中的无氮浸出物绝大部分属于糖类(碳水化合物)，故又称为可溶性糖类。

在本节开头介绍动植物体化学成分的时候，就列表指出了动物体内有机物中以脂肪含量为突出，而植物体内则以无氮浸出物为突出(按干物质计约在30—72%之间)。因此它是家畜营养中的大量物质。这类物质也甚易消化，所以，必须给予应有的重视。兹将各种饲料中无氮浸出物的含量举例如下(表1—7)：

表1-7 各种饲料中无氮浸出物的含量表(%)

含	量%	青玉米	紫云英	苞菜 外叶	玉米	大麦	豆饼	麸皮	红苕	玉米蕊	稻草
水	份	82.5	89.0	85.8	12.73	10.7	8.87	11.75	68.2	10.7	7.5
无氮浸出物	%	9.1	6.15	7.3	71.65	61.9	26.9	54.47	26.7	48.7	39.2
按干物质计	%	52	55.9	51.4	—	—	—	—	83.0	—	—
无氮浸出物	%										

从上表可见，精料与块根饲料中含无氮浸出物最多。其中豆饼含量较低，这是由于蛋白质含量太高(48%)，从而相对地降低了无氮浸出物含量百分数的缘故。青绿饲料的鲜样中，看来含量很低，但是如果按干物质计算时，无氮浸出物含量，也具有相当于低级精料(如麸皮)的价值(51—55%)了。至于粗料如稻草等含量常在40%以下。

以上六类营养物质，是应用最普遍而数量又较多的几种。除此以外，在有机物质中尚有维生素和酶；在矿物质中还有一些数量较少的元素及微量元素。它们对于动物体均有重要的营养作用。这些物质，将在第二节中适当介绍。

兹将各种饲料的化学成分列表如下，供参考：

表1-8 饲料化学成分及消化率表

饲	料	水分 %	粗蛋白质		粗脂肪		粗纤维		无N浸出物		灰分 %	备	注
			%	消化率	%	消化率	%	消化率	%	消化率			
青 绿 饲 料	青玉米 (抽穗)	82.50	1.90	65	0.5	72	4.70	69	9.10	73	1.30		
	青玉米 (乳熟)	78.90	1.80	62	0.50	78	5.20	67	12.40	78	1.20		
	黑麦草	72.90	3.10	62	0.80	62	6.80	70	13.40	73	3.00		
	燕 麦 (始穗)	80.20	2.50	72	0.80	67	5.90	56	8.80	66	1.80		
	六 麦 (穗期)	77.80	3.20	71	0.70	56	5.60	59	10.70	72	2.00		
	红苕藤	89.20	1.80	70	0.52	57	2.14	69	5.59	75	0.75		
	紫芸英	89.00	2.23	83	1.51	72	1.00	64	5.52	77	0.74		
	苕 子 (花前)	85.95	3.07	83	1.70	72	1.75	64	6.15	77	1.38		
	红三叶 (初花)	81.81	3.02	75	1.56	56	3.52	61	8.33	78	1.76		
	红三叶 (盛花)	78.96	3.20	70	1.43	62	5.84	56	8.68	75	1.86		
类	苞菜外叶	85.80	2.20	82	0.60	52	2.10	76	7.30	81	2.00		
	竹叶菜	89.90	1.40	70	0.60	57	1.20	69	5.10	75	1.80		
	甜菜叶	89.00	1.70	81	0.30	59	1.50	80	5.60	83	1.90		
	胡萝卜 缨 子	84.00	2.10	81	0.60	65	2.90	90	8.00	80	2.40		
	洋苋菜	87.50	2.90	64	0.40	35	1.90	67	4.90	80	2.40		
	紫苜蓿 (初花)	78.44	3.94	74	1.47	40	5.54	45	8.74	69	1.87		



多汁饲料类	红苕	68.20	1.60	14	0.40	74	1.90	37	23.70	90	1.20	
	甜菜	82.40	1.20	62	0.10		1.00	58	14.10	93	1.20	
	胡萝卜	89.00	1.10	64	0.20	76	1.10	62	7.50	95	1.10	
	南瓜	89.6	1.40	74	0.60	91	1.80	64	5.50	89	1.10	
	洋姜	79.8	1.80	65	0.20	—	1.00	12	16.20	92	1.00	
精料(糠麸类)	马铃薯	78	2.00	50	0.10	26	0.60	—	18.20	84	1.10	
	粗麸	11.75	13.20	80	3.01	60	11.34	35	54.47	75	6.23	
	细麸	11.15	12.70	80	4.03	60	9.27	35	57.42	75	5.46	
	细糠	19.42	12.63	66	11.54	84	6.49	38	41.76	82	8.16	
精料(谷实类)	糙米糠	13.02	15.33	65	14.84	84	9.62	38	39.94	82	7.19	
	稻谷粉	12.6	6.70	76	2.10	76	7.30	23	67.11	91	4.19	
	玉米	12.73	9.51	77	3.41	90	1.30	57	71.65	93	1.70	
	高粱	12.53	8.19	74	3.94	80	2.36	39	71.39	92	1.59	
	大麦粉	10.7	13.67	77	1.095	78	6.54	49	61.91	91	6.08	
	粟谷	12.4	11.60	73	3.70	76	9.00	38	59.70	90	3.60	
豆类	燕麦	10.6	12.50	75	4.60	82	9.80	30	58.5	81	4.00	
	黄豆	7.73	37.46	89	16.92	84	5.55	70	26.59	86	5.75	
	豌豆	13.8	22.90	86	1.20	66	6.10	58	5.31	93	2.90	
饼类	蚕豆	14.5	25.40	88	1.50	85	7.10	65	48.20	92	3.30	
	糠饼	9.6	12.90	65	9.15	84	8.59	38	49.20	82	10.56	
精料油饼类	豆饼	8.87	43.17	88	4.89	86	8.14	70	26.96	86	7.27	
	棉籽饼	7.6	28.00	72	5.20	97	21.4	32	33.20	61	4.60	
	棉仁饼	9.9	35.00	84	10.70	95	6.00	36	31.40	72	7.00	
	花生饼(去壳)	8.3	48.30	91	6.30	92	5.80	27	25.20	85	6.10	
	花生饼(代壳)	9.1	40.00	75	9.00	86	18.50	13	17.60	65	5.80	
	芝麻饼	5.4	4.04	91	12.60	60	9.30	55	21.30	65	11.00	

精料	酒精糟		25.80		12.10		24.90		29.70		7.50	鲜样水分含量 94.6%
	米糠糖糟	投绝	13.60		21.08		17.40		36.60		11.32	鲜样水分含量 66.3%
	粹米糖糟	对干	30.59		7.49		6.20		52.84		2.88	鲜样水分含量 82.9%
	豆渣	物质	33.19		10.56		19.28		33.63		3.34	鲜样水分含量 88.6%
	酱渣	计算	37.94		6.34		14.24		36.80		4.68	鲜样水分含量 71.1%
粗料	玉米蕊	10.7	3.10	0.15	0.70	26	34.50	57	48.70	55	2.30	
	花生藤	9.4	10.00	54	3.20	57	23.60	46	44.20	61	9.60	
	稻草粉	8.0	6.50	16	1.23	46	27.40	24	41.50	30	15.37	消化率为 猪的数字。
	薯糠	9.0	3.74	4	1.73	41	38.26	6	33.09	23	14.18	

## 二、饲料中的可消化营养物质

采用粗营养物质作为评定饲料营养价值的指标有一定的优点，即可以把营养作用类似的各种物质并为一类，从而既简化了化学分析的工作量，也防止了对饲料营养价值认识的片面性。但是，它也有缺陷。首先是用前述的化学分析方案分析出来的各类营养物质，还包括有一些没有营养价值的物质如木质素、矽酸盐与某些有机碱等，因而用它们作为营养指标还不能完全反映实际。其次，饲料植物中的各种营养物质，对于动物来说都是不同质的，都必须经过家畜消化道加工处理并被肠壁选择吸收以后，才可以起到营养作用。而在健康动物的消化过程中，饲料中的营养物质能否完全被消化吸收，又须视饲料中的营养物质的种类与它们的结构状况而有不同。从理论上而言，蛋白质、脂肪与淀粉等纯营养物质几乎可以完全被吸收，其他则消化不完全或完全不被消化吸收。即使是较易被消化吸收的物质，由于它们与饲料中其他物质结合的状况（如木质化），或者因为它们被植物细胞壁所包围，因而也就影响到它们被消化的程度。所以单独采用粗营养物质作为评定饲料营养价值的指标就更不能反映这方面的实际。基于上述情况，在饲养科学中有人提出以“可消化营养物质”作为评定饲料营养价值的指标。

可消化营养物质的含义，系指饲料中可被动物消化与吸收的部分营养物质。饲料中可消化营养物质愈多，其营养价值愈高。各种饲料中可消化营养物质的含量的确定，通常是用家畜进行消化试验，以测定饲料中各种粗营养物质的消化率，然后用消化率计算出来的。

所谓消化试验就是用某种饲料饲喂家畜，在一定的时期内，比较食入物质的数量与粪中排出的物质数量的差数，即得出被家畜消化吸收了的可消化营养物质的数量，用这个数量与食入的营养物质数量相比较，其比例百分数即称为该营养物质的消化率。用计算公式表示如下：

$$\begin{aligned}
 \text{消化率}\% &= \frac{\text{被消化的营养物质数量}}{\text{动物食入的营养物质数量}} \times 100 \\
 &= \frac{\text{食入营养物质数量} - \text{粪中相应营养物质数量}}{\text{食入营养物质数量}} \times 100
 \end{aligned}$$

饲料中可消化营养物质含量% = 饲料中粗营养物质含量% × 消化率

由此可见进行这个试验必须准确计算采食量与排粪量，既不能有所损失、遗漏，又不可在规定采食的饲料以外，误食入任何其他食物与杂物。否则就会影响到试验的准确性。

任何饲料中，都有多种营养物质。在每一种具体饲料中的每一种营养物质，各有自己的消化率，彼此并不相同。例如麸皮含粗蛋白质13.2%，测定的消化率为80%，因此含有可消化蛋白质的数量为10.6%。麸皮中脂肪含量3.01%，消化率60%，因此它含有可消化脂肪数量为1.8%。麸皮中其他营养物质同样都各有自己的消化率。

此外，在不同饲料中，同类的营养物质，也各有不同的消化率，不可互相混淆。例如麸皮蛋白质消化率是80%，豆饼蛋白质的消化率就不是80%而是88%。因此各种饲料的营养物质消化率的测定必须用各种饲料分别进行。

各种动物由于消化器官的结构与机能不同，对于同一种类的饲料，各种动物的消化率也有不同。在精料方面一般差异较小，故有时还可以权宜通用。在幼嫩的青绿饲料差异则比较显著，在粗料中差异就更大了。因此各种动物对各种饲料的消化率，必须分别测定，才能比较符合实际。

动物的年龄对于饲料消化利用的能力也有不同。幼畜正在生长发育阶段，消化机能尚未完善；老年家畜牙齿磨损太多，咀嚼机能减弱，因此用成年动物测定的消化率不能完全适用于幼畜和老年家畜。这些都是要注意的问题。

采用可消化营养物质作为饲料营养价值的指标，比仅用粗营养物质作为指标虽然是比较合理一些了。但是可消化营养物的测定却是分析饲料与粪中的粗营养物质以后，才可计算出来，因此粗营养物质的分析，在家畜营养中仍占有重要地位。

## 第二节 各种营养物质的营养价值

采用可消化营养物质作为评定饲料营养价值的指标只是说明了动物可以实际利用的营养物质的数量，并未说明它们可以满足动物营养过程的那些方面的需要，更未能说明它们可以满足这些需要的程度。而它们能够满足动物营养需要的程度却正是评定饲料营养价值最实际的客观指标。因此，为了正确地反映饲料营养价值的实际，就必需了解动物营养过程中有那些基本的需要，然后根据饲料中相应的营养物质的数量与它们的营养作用大小，来确定它们能够满足动物需要的程度，即确定它们的营养价值。

家畜生命活动与生产过程的营养需要是多方面的，概括而言，不外能量（热能）与物质两个方面。热能是家畜生命活动的原动力，如动物的呼吸、血液循环、消化道的运动与分泌、动物体的自由运动以及体温的维持，均需要能量。而物质则用以组成畜体，或生产畜产品。

由于家畜体内热量来源也是由物质产生，如碳水化合物、脂肪与蛋白质等，为了与组成畜体的物质在概念上加以区别，因此把它们称为热量物质。我们说动物对热量的营养需要，实际上就是对这三类营养物质的需要。

组成畜体的物质中有些是动物有机体生命必需的基本物质，我们称为结构物质，如骨骼形成就需要矿物质与少量蛋白质；而肌肉形成则需要蛋白质与少量的矿物质。这些物质其所



以称为是生命的基本物质，是因为在成年动物正常生理情况下，这些基本物质的含量与比例不允许有较大的变化。否则，就是病态。

除此以外，动物为了适应各种自然条件的变化，还须在体内贮存部分物质以备不时的需用。例如畜体脂肪，我们称之为贮藏物质。贮藏物质与结构物质不同，它们在畜体内的含量与比例可以有相当幅度地较大地变化。如前节 1—1 表中所列家畜体内脂肪含量可以有 4%—39% 的差别。在同一个体内，由于营养条件改变就可以出现这样的差别。因此，它们中的绝大部分不是家畜有机体的基本物质。但是，无论从生理上的贮备作用看，或从动物的脂肪生产上看，贮藏物质所需的营养物质也需经常由饲料来满足。

至于某些具有特殊生理作用的微量物质如维生素、酶类等都是家畜生命活动（包括热能的转化，畜体的组成）所不可缺乏的物质。没有它们的存在，生命活动就不能顺利进行，因此也是必须经常由饲料供给的物质。

以上家畜营养需要概括的几个方面，也是家畜各种生理状态诸如生长、繁殖、泌乳等时所需要的几个方面（虽然在不同生理状态时，重点要求各有不同）。所以评定饲料的营养价值高低，就必须考虑饲料中营养物质在以上几个方面作用中的价值，同时还要定出表示这些方面价值的数量单位与指标，才可分出等级，便利应用。以下各段就进一步讨论这些问题。

## 一、饲料的热量价值

### （一）粗热量与可消化热量

饲料的“粗热量”（亦称总热量）是指一定数量的饲料在测热器中充分氧化燃烧后可能释放出来的总热量。如前节所述，饲料中的物质并非是全都可以被动物消化与吸收利用的，而是只有可消化的营养物质部分才具有真正的营养价值。而饲料的粗热量同样也要包含一部分不可被动消化的物质所含有的热量。因此，粗热量同样不能正确反映饲料热量营养的价值；而只有饲料中可消化营养物质部分所含有的热量才能起到供给畜体热量的营养作用。所以，我们把这部分可消化营养物质中所含有的潜在热量（即可能释放出来的热量）称为饲料的“可消化热量”。

在化学课中已经说明，在畜体内起热量营养作用的物质，只有三类即碳水化合物、脂肪与蛋白质。因此饲料的可消化热量，实际上就是这三类可消化营养物质的潜在热量的总和。根据测定结果，这三类营养物质每一克中所含有的潜热量各有一定的平均卡价：

每一克碳水化合物可产生热量 4.2大卡（或仟卡）

每一克蛋白质可产生热量 5.7大卡

每一克脂肪可产生热量 9.5大卡

有了这三种卡价，就使我们可以利用饲料中的可消化营养物质含量，而计算出各饲料的可消化热量价值。

这种计算方法，在一定范围内是有实用价值的。但是测定饲料可消化热量较准确的方法，仍需进行消化试验，即需直接测定动物食入饲料与排出粪便的粗热量，从而按消化试验的公式计算得出。这是因为可消化营养物质卡价是平均值的缘故。

### （二）生理有用热量

饲料中的可消化热量被家畜吸收以后，可以被动物用以产生能量以完成运动、呼吸、循

环等工作。但是在畜体内被氧化的过程中各种营养物质含有的卡价，多少还有一些损失，未被完全利用。例如蛋白质在畜体内氧化就不充分或彻底，它的分子中的含氮分子团（如氨基—NH<sub>2</sub>），往往形成尿素从尿中被排出，从而带走一部分潜热量。故一克可消化蛋白质在体内生理氧化过程中，放出可用于作工（肌肉收缩）或维持体温的热量没有5.7大卡，实际只有4.0大卡。不过这样类似的损失在碳水化合物与脂肪则比较少，它们在畜体内生理氧化过程中可能放出的热量分别为4.0大卡与9.0大卡。饲料中各种可消化营养物质在畜体内生理氧化过程中可能放出的热量，我们称为饲料的生理有用热量。上述的各种卡价（4.0、4.0与9.0大卡）称为各种营养物质的生理卡价。

由此可见，饲料中的生理有用能可以反映畜体内生理氧化过程中物质与能量代谢的实际情况，因此用它作为指标评定饲料在能量代谢方面的营养价值，要比可消化能作为指标有优越性。

### （三）净热量（净能）

饲料中的可消化热量，进入畜体后首先作为热能来源用以作工，如果有多余部分，则可以热量物质的潜热量形式贮存起来，以备随时利用。不过畜体内可以作为大量贮藏物质的热量物质，只有畜体脂肪（见1—1表）。因此这些多余的碳水化合物、蛋白质与饲料脂肪均需转化为畜体脂肪，从而增加体脂的贮存量。

各种营养物质在转化时，它们转化的能力各有不同。碳水化合物与脂肪转化能力比较完全。意即从能量转化而言，它们所含有的潜热量可以全部转入新形成的畜体脂肪之中。例如，一克碳水化合物含有潜热量4.2大卡可以转化为含有相同热量的0.44克体脂（ $0.44 \times 9.5$ 大卡 = 4.2大卡）。可见这种转化是很完全的，但是在它们转化的过程中畜体必需花费一定能量，因此从生产的观点出发，畜体花费于转化过程的这些能量，应由这些新贮存下来的能量予以补偿，即需从中扣除一部分，因而畜体实际增加的潜热量（存在于体脂之内的）只有原来可消化物质所含潜热量的一部分。例如一克碳水化合物转化时实际只有56%的潜热量作为畜体脂肪贮存中的增加部分，意即只有2.356大卡（ $= 4.2 \times 56\%$ ）或者说只有0.248克脂肪（ $2.356 \div 9.5$ 大卡）去增加畜体贮存量。这样实际增加贮存数在饲养科学中称为可消化营养物质的净热量或净能数。

可消化脂肪的转化本身也是很完全的。由于饲料脂肪与体脂的卡价相同（9.5大卡），故一克可消化脂肪可以转化为一克的体脂，由于需要补偿在转化过程中畜体花费的能量，故实际增加的体脂数量或热能贮存只有60%。这说明饲料脂肪转化为体脂比碳水化合物的转化要容易些。但是这只是指油料作物中的油脂而言。至于植物茎叶中的可消化脂肪常杂有较多的非油脂的其他物质，因此它们的净能百分数较低，只有可消化脂肪潜热能的48%作为畜体增加的体脂贮存。在谷实饲料中油脂的情况介于二者之间，其净能百分数为53%。

蛋白质在体内转化为脂肪的过程，则不如碳水化合物和油脂完全。这是因为其中的含氮分子团部分，不能转化为脂肪的原故，这些分子团只能从尿中被排出体外。至于其余不含氮的分子团部分则可以转化为热量相等的脂肪。即一克蛋白质含热量5.7大卡，除去尿中损失1.7大卡外，剩余4.0大卡可以全部转入新形成的畜体脂肪之中。同样道理，如果扣除在转化过程中畜体花费的能量，实际可以增加畜体的热量贮存（净能）只有2.22大卡，占一克蛋白质原来含热量（5.7大卡）的40%。

由此可见蛋白质无论在用以供给生理有用能或者用以供作净能贮藏时，与碳水化合物等

相比都是不经济的，况且蛋白质在家畜营养中另有重要作用（下一节内容），而蛋白质饲料在生产实践中一般不易多得，故在应用时应当尽量避免上述两方面用途。

从上所述情况看来，似乎可以设想利用各种可消化营养物质的净能百分数就可计算出各种饲料的净能价值亦即饲料生产畜脂的价值。例如一公斤麸皮的净能价值可以计算如下：

	一公斤麸皮中 含有可消化营 养物质克数	各种营 养物质 卡价	净能百 分数	可消化 能量 (大卡)	净能价值 (大卡)
蛋 白 质	105.6	× 5.7	× 40%	= 601.9 × 40%	= 240.8
脂 肪	18.0	× 9.5	× 53%	= 171.0 × 53%	= 90.6
粗 纤 维	39.7	× 4.2	× 56%	} = 1380.3 × 56%	= 1053.0
无氮浸出物	408.0	× 4.2	× 56%		
一公斤麸皮的计算净能价值.....					1384.4大卡

但是直接用动物实地测定各种饲料的净能价值时，往往发现与上述计算方法得出的净能价值有不同程度的偏差。例如上例计算麸皮一公斤的净能价值为1384.4大卡，但实测数为1079大卡只占计算数的78%。这样的百分数我们称为各种饲料的净能实价率，意即麸皮的净能实价率为78。各种精饲料、块根类饲料各有彼此不同的净能实价率如下表所示(表1—9)：

各种饲料净能价值的计算数与实测数有偏离现象的原因有二：其一，为家畜采食饲料后必须经过充分的咀嚼、消化，才能吸收饲料中的可消化营养物质部分，而在咀嚼消化过程中又需要消耗能量，而这些能量消耗也只有从食入的可消化物质来补偿，因此实际用于沉积净能的可消化物质部分必有减少，故一般实测数均低于计算数。其二，则是由于各种可消化营养物质名为一类实则包括有许多不同物质，其热量卡价与净能百分数因此也必有大同小异，故计算时所用各常数只有平均的意义，自然与实测数有偏离。

由于测定了各种饲料的净能实价率后，就可以很容易的通过计算的方法，计算出各种饲料的比较真实的净能价值。例如麸皮的计算数为1384.4大卡乘以净能实价率78%，就可得出1079大卡实际净能价值。

表1—9 精饲料及块根、块茎饲料的实价率(%)

饲 料 名 称	实价率	饲 料 名 称	实价率	饲 料 名 称	实价率
禾 谷 类：		干 橡 实	95	动物饲料类：	
玉米	100	磨 坊 副 产 品：		血 鱼	粉 粉 粉 100
小 麦	97	无 壳 小 米	97	肉 全 牛	粉 粉 100
大 麦	99	小 麦 麸	78	乳 根、块 茎 类：	
高 粱	99	造 业 副 产 品：		乳 水	100
小 麦	95	马 铃 薯 酒 糟(鲜)	93	块 根、块 茎 类：	
中 麦	99	马 铃 薯 酒 糟(干)	90	马 铃 薯	100
小 麦	95	黑 麦 酒 糟(鲜)	87	药 荜	92
大 麦	92	黑 麦 酒 糟(干)	84	荜 荜	90
扁 豆	97	啤 酒 糟(鲜)	36	饲 用 甜 菜(大)	74
豆 科 籽 实 及 油 籽 类：		啤 酒 糟(干)	84	饲 用 甜 菜(中)	72
豌 豆	98	油 饼 类：		饲 用 甜 菜(小)	70
棉 子	94	去 壳 棉 子	84	糖 用 甜 菜	75
菜 大	97	不 去 壳 棉 子	97	胡 萝 卜	87
其 他 谷 实 类：		花 生	98	白 红 萝 卜	86
荞 麦	93	菜 籽 油 饼	95	白 红 萝 卜	77
橡 子	95	芝 麻 饼	97		



至于粗饲料则咀嚼与消化的能量消耗就更多，而且饲料愈粗硬，消耗也愈大，亦即饲料中粗纤维含量愈多则消耗愈大。因此由可消化营养物质计算出的粗料净能数也应当降低更多。根据一些试验，在粗料中每食入粗纤维100克，则此饲料的净能计算数平均要降低13.6大卡。这个降低数值称为纤维校正系数。例如草地干草含粗纤维32.9%，计算一公斤的净能数为122.8大卡，由于食入一公斤干草中随同食入了粗纤维32.9克，故实际净能价值应降低44.7大卡（ $32.9 \times 13.6 \div 100$ ）仅有780.5大卡（ $122.8 - 44.7 \times 4.4$ ）。

在青饲料情况又有不同，由于咀嚼与消化的消耗一方面固然同样决定于青料中粗纤维的含量，而另一方面又决定于植物老嫩情况，亦即粗纤维的质地情况。青料愈嫩，消化愈易，消化的消耗就愈少。因此同样每食入100克粗纤维时，幼嫩青料净能价值降低的数值应比上述规定的校正数值低。兹将青料中不同粗纤维含量时的校正系数列入下表：

表1—10 青饲料的粗纤维校正系数

青饲料中含粗纤维%	16	14	12	10	8	6	4
每食入粗纤维100克时 净能计算数降低卡数	13.6	12.6	113.2	101.8	89.4	80.1	68.3
折合脂肪降低克数	14.3	13.1	11.9	10.7	9.4	8.4	7.2

例如牛食入一公斤青玉米，净能计算数为275.0大卡。青玉米含粗纤维4.7%，故动物食入一公斤青玉米时随同食入粗纤维4.7克，按4%的纤维校正数计算，应降低 $4.7 \times 66.6 \div 100 = 31.3$ 大卡，故实际净能价值应为 $275.0 - 31.3 = 243.7$ 大卡。

不过应当说明以上净能的概念都是应用牛的材料，在猪、马就不尽相同。例如在猪，可消化碳水化合物的净能价值就不是56%而是81%，蛋白质则是60%，纯脂肪则是88%，都比牛高，说明猪的利用能力较牛、马强。

#### （四）饲料单位制度

我们讨论饲料的热量价值目的是为了正确评定各种饲料在热量方面营养价值高低，以便在生产实践中正确使用饲料以充分发挥它们的生产潜力。然而，直接以热量单位（大卡）来表示它们价值的高低，在一般生产实践中还不易推广也不便于应用。可是，一般饲养人员对于具体的饲料的营养价值却是有比较的，例如都知道一斤玉米就比一斤麸皮营养价值高，有经验的饲养员甚至还可估计出大约高出几成。那么，在总结群众经验的基础上，我们可以用某一种常用饲料的热量价值作为一个比较单位（例如以一公斤大麦含可消化热量3,200大卡作为一个单位），用其他饲料的热量价值与之相比，就可以比出高低几成的具体数值。例如一公斤麸皮含可消化热量2,664.97大卡。相比之下，麦麸的热量价值只有大麦的81%（ $= \frac{2664.97}{3200} \times 100$ ）。如果以一公斤大麦的可消化热量价值称作一个单位，则一公斤麦麸就只有0.81个大麦单位（公斤）。相反，一公斤玉米含可消化热量3,538.76大卡，因此它比大麦的热量价值高，为1.11个大麦单位（公斤）（ $\frac{3538.76}{3200} \times 100 = 111\%$ ），也就是说饲喂一斤玉米其营养价值要等于喂大麦一斤一两一钱。由于我们是以大麦的可消化热量价值作为计算比较的基础，故把这样评定饲料热量方面营养价值的方案，称作大麦单位