

乳牛饲料与饲养

〔美〕威廉M·埃特杰 原著
保罗M·雷沃思

北京地区《畜牧与饲料》情报网

1982.10

乳牛饲料与饲养

1978年第6版(摘译)

主编：黄大器

译者：王贵臣 周 震 黄大器

李中根 谢文治 王 玉

北京地区《畜牧与饲料》情报网

1982,10

目 录

第一章 乳牛的饲养	(1)
一、饲养目标.....	(1)
二、各种养份及其在动物体内的利用.....	(2)
三、反刍动物消化系统的构造和功能.....	(4)
四、饲料的消化率.....	(8)
第二章 乳牛的营养需要	(13)
一、营养需要的确定.....	(14)
二、乳牛的营养需要.....	(14)
第三章 乳牛的饲草	(25)
一、牧草.....	(28)
二、干草.....	(35)
三、青贮和半干青贮.....	(42)
第四章 乳牛的精料	(55)
一、禾本科谷类.....	(56)
二、豆科种子.....	(57)
三、工业付产品.....	(58)
四、化学合成饲料.....	(62)
五、商品饲料工业.....	(63)
第五章 乳牛日粮的配制	(64)
一、给产奶牛群制定饲养计划.....	(64)
二、配制混合饲料.....	(71)
三、饲养干乳牛.....	(75)
四、产犊期间的饲养.....	(77)
五、饲养制度.....	(78)
第六章 泌乳与挤奶	(83)
一、奶牛乳房的解剖.....	(84)
二、乳的合成.....	(85)
三、放乳.....	(86)

四、乳腺的发育和功能·····	(87)
五、挤奶机·····	(87)
六、挤乳·····	(93)
第七章 畜群更新·····	(95)
一、购买或饲养后备牛·····	(96)
二、饲养后备青年母牛·····	(98)
三、犊牛从出生到断奶的管理·····	(106)
四、犊牛断奶到配种期间的管理·····	(111)
五、青年母牛从配种到产犊期间的管理·····	(113)
六、饲养牛犊和青年母牛应注意的其它问题·····	(114)
七、青年母牛的全价饲料·····	(115)
八、青年母牛饲养计划的经济性·····	(115)
九、总结·····	(116)
第八章 牛舍类型和布局·····	(117)
一、奶牛场建筑物和设备的用途·····	(117)
二、奶牛生产系统的组成·····	(119)
三、基本选择方案·····	(120)
四、奶牛生产设施的种类·····	(121)
五、把奶牛生产方式做为整体来考虑·····	(129)
六、挤奶系统·····	(130)
七、奶库·····	(138)
八、饲料贮存和喂料设备·····	(138)
九、粪便处理系统·····	(141)
十、奶牛专用区的布局·····	(148)
第九章 饲养技术和劳动管理·····	(152)
一、饲养技术不佳引起奶牛的异常表现·····	(153)
二、优秀饲养员的特点·····	(154)
三、劳动管理·····	(154)
第十章 生产高质量的牛奶·····	(159)
一、生产优质的牛奶·····	(160)
二、总结·····	(168)

第一章 乳牛的饲养

一、饲养目标

为了达到预定的饲养目标，要制定饲养计划。饲养计划的作用是使每头乳牛都有合适的日粮。这日粮应当保证乳牛不仅多产奶，而且能获得最高的经济利益。对日粮的要求是：

（一）符合动物的营养需要。日粮中应含有为乳牛维持、生长（青年期）、繁殖（怀孕期）和生产所需要适量的各种养份。

（二）适口性好。日粮作为整体，应当是适口的，使乳牛大量采食。

（三）价格便宜。饲料成本约占绝大多数奶牛场牛奶生产总成本的50%。按单位产奶成本计算，省钱的饲养计划对于降低成本是极为重要的。

（四）有益于乳牛的健康和生产合格的牛奶。合适的日粮在实际应用时，可避免可能出现的产褥热、酮病和瘤胃失调等代谢疾病和乳脂严重下降等情况。

假定遗传能力相同，饲养计划的好坏就是决定生产水平的唯一重要因素。总的养份采食不足，个别养份的缺乏、或缺少平衡日粮都会导致产量下降。一般产量越高，单位产量饲料成本越低。产量、采食量、每百磅牛奶的饲料成本和扣除饲料费的收入时间的相互关系见表1—1。

表1—1 乳牛产奶量和毛利润（扣除饲料费）间的相互关系
（1974~1975弗吉尼亚州DHI的总结材料）

组别（按乳脂磅数分）	601~710	551~598	501~550	451~500	401~450	246~400
每头乳牛产奶（磅）	16,800	15,495	14,178	12,771	11,553	9,812
每头乳牛产乳脂（磅）	630	570	524	478	427	365
每头乳牛耗精料（磅）	5,500	5,700	5,100	4,600	4,400	4,100
所喂饲草比例①（磅）	2.6	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3
每头乳牛总饲料成本（美元）	657	635	585	542	495	473
每百磅奶的饲料成本（美元）	3.91	4.10	4.13	4.24	4.30	4.82
扣除饲料费每头乳牛的收入（美元）	949	8.8	743	673	578	452

①每天每百磅体重的优质干草当量数。

奶牛场经理为了制定饲养计划，有许多有用的可供选择的办法，也必须作出许多决定。这些决定必然涉及饲料的采购、日粮的改进、饲养体系以及为了生产饲料对现有土地资源的利用等问题。在所有这些方面，不断有新发现和发明。怎样利用已知的新情况和新思想，怎样利用现有的资源，来制定一个合适的饲养计划，以适应不大可能改变的基本原则，这就是对管理的挑战，这就是保证乳牛有符合营养需要，便宜又有益于健康的日粮。

为此，奶牛场经理应当对反刍动物营养原理有所了解，并对下面几点有全面的认识：

1) 乳牛的营养需要。这些资料将有助于评定乳牛的营养需要和识别它所缺乏的养份；

2) 各种饲料的单位养份含量，适口性和价值。这些知识将有助于最充分地利用土地资源生产饲料，也有助于饲料的采购；

3) 饲料配方。学会日粮的配合方法，才能使乳牛采食的营养成份接近它的营养需要，才能让每头乳牛有机会吃到营养全面的平衡日粮；

4) 对于乳牛的各种饲养体系，须要细致地调查了解，尽可能研究出一个对自己的乳牛群有效的饲养方法。

二、各种养份及其在动物体内的利用

动物把养份用于它本身的维持、修补、生长、生产和繁殖。养份的定义为：由已消化食物转化成的特定元素或化合物并且用于维持生命的生理过程。

养份分为必需的和非必需的。必需的养份不能在动物体内合成，必须由日粮提供。非必需养份，能够在动物体内合成（反刍动物能够由瘤胃微生物合成一些非必需养份）。植物和动物都是由六大类物质组成的。这就是：1) 水；2) 灰分或称矿物质；3) 蛋白质；4) 碳水化合物；5) 脂肪；6) 维生素。

(一) 水

水是由氢和氧组成的，是动植物必需的一种化合物。生长中的植物含70~80%的水，动物躯体甚至含70~90%的水。水在动物体内起多种重要的作用。它使动物的支撑组织具有弹性和刚性，有助于溶解食物，作为食物和排泄物的载体，帮助维持动物体内的渗透压和防止体温剧烈变化。无论对于植物还是动物，正常的含水量遇到破坏，都会导致灾难性的后果。所以应当注意供应家畜足量的饮水。

(二) 干物质

若一种物质被加热到或超过水的沸点的温度，直到不在减重时，这残余物称为干物质。这减去的重量就是水份。干物质分为有机物和灰分（无机物）。

灰分或矿物质。干物质被灼烧，烧掉有机物时，剩下的就是灰分，或称矿物质。在

一般的饲料中，有相当多的灰分。动物骨骼的干物质中含大量的灰分，其他部份平均含7%的灰分。

矿物质在动物体内的功用是多方面的。它可提供形成新组织的物质，特别是骨骼和乳汁中的干物质成份。矿物质对于幼犊、育成牛和泌乳母牛特别重要。

矿物质有助于维持渗透压，各种体组织的细胞从淋巴液吸取养料，淋巴液和细胞间隔着细胞壁。这些细胞壁具有半渗透膜的性质。为了保持细胞中的正常状况，淋巴液的渗透压，以及由此形成的血液渗透压是必须保持恒定的。这恒定的渗透压主要是由溶液中所含的矿物质来维持。

矿物质帮助维持体内酸碱平衡。体内不断地产生酸，特别是碳酸和磷酸，这就增加了血液的酸度。这些酸，部份被血浆中的盐特别是磷酸钠和碳酸氢钠所中和，对保持其中性起重要作用。血液中存在相当数量的短链脂肪酸盐，能调节酸碱平衡。

矿物质有助于呼吸作用。铁是血红蛋白不可缺少的组成部份。由于血红蛋白的作用，氧被传送到身体的各个部份。碘是甲状腺素不可缺少的成份。甲状腺素是甲状腺分泌的一种重要的激素，它能影响全身细胞的代谢速度。

矿物质对某些物质的溶解也是必需的。例如某些蛋白质只溶解于稀盐酸液。有些矿物质还有利于消化，特别是对于脂肪和蛋白质的消化。而一些矿物质则有益于蛋白质和碳水化合物代谢。

有机物。化学家通过测定总的干物质和水份的差，求出有机物的含量。有机物分为三大类：蛋白质、脂肪和碳水化合物。

蛋白质。饲料中的蛋白质不是直接测定的。通常的方法是先确定氮的含量，然后再乘以因子6.25，因为绝大多数的蛋白质大约含16%的氮。

蛋白质的成份。所有的蛋白质都含碳、氢、氧和氮。不少蛋白质含硫。有几种蛋白质含磷或铁。

蛋白质的结构。蛋白质由相互连结的氨基酸组成。在不同的蛋白质中，其分子所含的氨基酸的数目是不同的。有的蛋白质不含有比较重要的氨基酸。这个事实对家畜营养的研究很重要。因为单胃动物不能制造这些氨基酸，而其中的许多氨基酸又是牲畜日常营养所必需的。但是反刍动物体内的微生物，可以在瘤胃内用氮化物合成蛋白质。乳牛能够消化这些微生物，从而获得氨基酸，甚至可获得在饲料所缺少的某些氨基酸。因此，对乳牛不必像对猪、鸡那样喂给优质蛋白饲料。

蛋白质的功能。蛋白质在动物体内的功能是修补和更新活组织，提供合成激素所需的蛋白质，对于乳牛则是供应产奶所需的蛋白质。还可以作为能源使用。

非蛋白质含氮物质。不同饲料所含的氮，在数量上差异很大。这些物质不是蛋白质，其分子结构要简单的多。最重要的氮化合物是酰胺、胺、氨基酸、核酸和尿素。因为植物利用这些氮化合物制造蛋白质，所以这类物质在幼嫩的或正在生长中的植物体中含量很丰富。乳牛是反刍动物，它能利用很多非蛋白氮合成蛋白质。

碳水化合物。碳水化合物在动物体内很少，但是对于植物却是非常典型的東西，其含量约占植物整体干物质70%。碳水化合物是乳牛的主要能量来源。饲料中的碳水化合物分为纤维素和无氮浸出物。

纤维素是碳水化合物中最难溶解的部份，它包括半纤维素、纤维素和戊聚糖。这些化合物通常含相当数量的木质素。木质素是植物的最纤维化部份，比纤维素更难消化。木质素沉积在纤维素周围。瘤胃内的微生物能够把大量的纤维素转化成可溶解的化合物，供牲畜自己利用吸收。但是当植物成熟，包在纤维素周围的木质素增加时，瘤胃微生物就难于分解纤维素了。所以任何老熟的植物和外皮木质化的秸秆，都是很难消化的。

无氮浸出物是碳水化合物中最易溶解的成份。它包括糖、淀粉和纤维素、戊聚糖等较易溶解的成份。还包含有乳酸、丁酸和醋酸等有机酸。无氮浸出物易于消化，有很高的营养价值。

碳水化合物的成份。碳水化合物由碳、氢、氧组成。它们是不稳定的，易于氧化和分解的物质。碳水化合物能分解为有机酸，或者变为糖。对反刍动物，日粮中的大量碳水化合物被瘤胃微生物发酵分解，其发酵的最终产品主要是短链脂肪酸。这些脂肪酸由瘤胃吸收，为畜体提供能量。经过交替代谢的途径，它们可以被分解，构成脂肪。短链挥发性脂肪酸，特别是醋酸它是乳脂的原始产品。被消化道吸收的或由代谢产生的任何葡萄糖还可以被氧化以提供能量，或者分解而形成脂肪。这样，碳水化合物既能作为直接的能源，又能作为储备的能源。

碳水化合物的功能。碳水化合物是乳畜的主要能量来源。在动物体内，它们并不是大量地按原来的形式储存起来，而是变成脂肪进行储存。

脂肪。脂肪能提供能量，并作为脂溶性维生素的来源。牲畜能制造大量脂肪，并能储存脂肪。因此，在乳牛的饲料中含有少量脂肪还是必须的。

脂肪的结构。脂肪（脂类）同碳水化合物一样含有碳、氢、氮那几种元素，但氧的比例要小得多，碳和氢的比例要大一些。

脂肪的功用。动物体内的脂肪是能量集中的场所。它们比其他养份含更多的单位能量。所以更适于储备能量。在一定限度上，它们还具有某种结构的功能。

三、反刍动物消化系统的构造和功能

动物和植物一样，为了本身的生长和繁殖须吸收各种养份。这种对食物进行加工并把它输送到血液中去的全过程就是消化。消化包括把较大的颗粒破碎（咀嚼）成较小的颗粒，用化学的方法把较大的分子分解成较小的分子（把纤维素分解成挥发性短链脂肪酸），利用微生物的方法把许多元素合成化合物，以及把许多小的分子转变成氨基酸和维生素。

消化是在消化道进行的（图1—1）。反刍动物的消化道比起其它动物要复杂得多。乳牛的消化道包括口腔、食道、瘤胃、小肠和大肠。对于中等的成熟乳牛，这许多部分组成一条长长的、曲折的管道，长约55米。消化系统总的功能是：（1）摄取饲料；（2）短时间贮存饲料；（3）消化和吸收可消化的成份；（4）排出没有消化的部分。

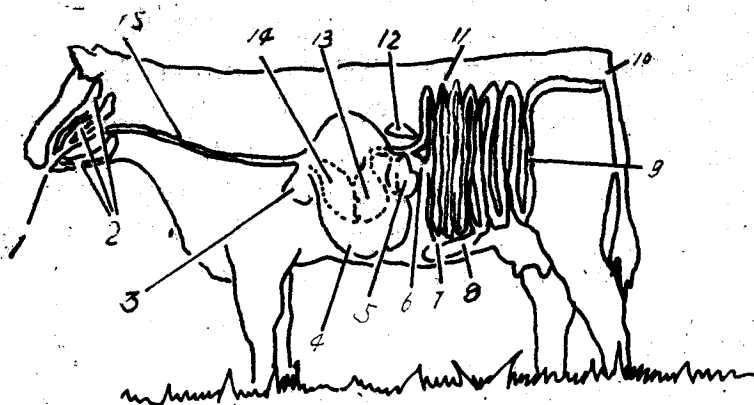


图 1—1 乳牛的消化道

1—口, 2—唾液腺, 3—网胃, 4—瘤胃, 5—肝, 6—胆囊, 7—绒毛, 8—盲肠, 9—大肠, 10—肛门, 11—小肠, 12—胰腺, 13—皱胃, 14—瓣胃, 15—食管。

口腔是咬取、咀嚼、混涎和进行反刍的器官。收集食物的第一道工序叫做咬取 (Prehension), 咬取就是咬住食物并把它送到嘴里。灵活、有力、表面粗糙的舌头是咬取的主要器官。牛舌很容易把饲草和其它饲料勾进卷起来, 送到上牙床和八个下门齿间的口腔, 然后把它咬断。

在放牧时, 宽约 6 厘米的颌骨, 限制了牛咬取的宽度, 由于上牙床和下牙齿的固定排列, 乳牛吃不到离地不足六厘米的牧草。牛往前走时, 它的头部左右移动, 脖子灵活地在 90 度的范围内摆动。它能够连续 40 分钟不抬头地吃草, 虽然这种情况并不常见。

在口腔里进行的第二道工序是咀嚼, 即嚼碎准备咽下的饲料, 咀嚼要靠口腔后部的上下白齿。这道工序同时起着下面几种作用: 把粗糙的饲料咬碎, 把整粒的谷物嚼碎, 分泌唾液混拌饲料, 既所谓混涎工序。咀嚼刺激唾液腺, 促使它分泌大量唾液, 以便与饲料混合。牛的唾液腺特别发达。据估计, 乳牛一天能分泌出 112 磅的唾液。如果饲料特别干燥, 牛分泌的唾液量还要多。乳牛每吃进 10 磅干草, 就要分泌出 50 磅唾液。但吃进 10 磅精料, 只分泌 13 磅唾液。牛的唾液呈碱性, PH 值约 8.2, 因为它含有大量的碳酸盐和磷酸盐。

唾液有助于咀嚼, 同时也起到润滑作用便于吞咽。由于它呈碱性, 在瘤胃内还起缓冲作用。唾液对味觉神经也有刺激作用。许多饲料, 如青贮玉米是酸性的, 瘤胃内的微生物也产生有机酸。过多的酸被碱性的大量唾液中和, 使瘤胃的 PH 值能保持在 6.5 ~ 7.5 之间。这给微生物提供了一个良好的生长环境。还能减少泡沫, 不致发生气胀病。

在咀嚼、混涎过程, 口腔的后部逐渐形成一个饲料团, 被称为食团 (bolus)。食团不断地被咽下, 通过食道进入瘤胃。据记录, 乳牛吃进全株玉米, 每分钟结成 $1\frac{1}{3}$ 个食团; 而吃粉碎过的饲料, 每分钟能结成 $3\frac{1}{4}$ 个食团。

在口腔内进行的第四道工序是反刍。饲料吃进瘤胃, 完成了采食过程。接着开始反

刍。通过反刍使粗糙的饲料从瘤胃返回口腔。一团反刍物重约90~120克，反刍上来约3秒钟，经过充分咀嚼再咽下去约需一秒半钟。以每嚼一下一秒钟的速度计算，一次反刍约需50秒钟，直到所有颗粒被充分咀嚼为止。从咽下到下次反刍间隔5~10秒钟。所以反刍是一个缓慢的过程。乳牛在一天中，反刍时间约占八小时。如果乳牛受惊或被环境干扰，反刍则立刻停止。停止反刍是乳牛患病的第一个征兆。

食物经过充分的咀嚼和混涎以后，就进行吞咽。吞咽是由咽喉和舌头完成的，它们使食物进到食管，这管状的通道直通牛胃，乳牛的食管很容易伸展。因此有时乳牛会被食物噎住，这是因为食物没有经过正常的咀嚼就被咽下的缘故。

（一） 瘤胃的消化作用

瘤胃 (Rumen) 食物经过口腔，再经过食管进到瘤胃。瘤胃是牛消化系统的极重要的一部份。成年乳牛瘤胃的容积约200升，可以容纳的重量约150公升。瘤胃是由很大的肌肉韧带组成的，胃壁内被间隔成四部份。瘤胃内部衬有极为发达的肌肉粘膜，其上复有许多乳头状突起。

瘤胃的第一个功能是贮存食物。乳牛采食饲料的食物先贮存在瘤胃内，采食完毕，乳牛休息时，食物中较大的颗粒呕返口腔，进行反刍。

瘤胃还能把比较粗糙的食物进行加工，以便使微生物和消化液更充分地接触食物团的表面。瘤胃的下半部充满液体，由于肌肉韧带的搅动，饲料沉到下面，完全浸泡在温暖的液体中。这些饲料还和瘤胃内的粗糙的突起的乳头接触。未被破碎的大块颗粒呕返口腔再咀嚼。这样经过搅拌、浸润、再咀嚼，使这些饲料颗粒的体积变成细小。

瘤胃的第三个功用是提供一个发酵的场所。如上所述，乳牛的唾液不含消化液，也没有什么东西在瘤胃内分泌。然而饲料进入瘤胃时却发生了重要变化。这变化是细菌和酵母发挥作用所致，这二者都是植物和单细胞动物（所谓原生动物），它们在瘤胃内的数量极大。瘤胃的温度、食物、水分为它们的生长和繁殖提供了理想的条件。瘤胃内微生物的类型随饲料的种类而有所不同。当动物采食大量粗料（高纤维素饲料）随之改喂大量精料，微生物的类型即发生变化。这些微生物有三种主要功用：

促进对纤维素的消化。这些微生物分泌的酶能软化和分解粗饲料的颗粒，使淀粉和纤维素分解。对纤维素、饲料中纤维物质的作用是极其重要的，只有瘤胃微生物或它们分泌的酶，才能把纤维素分解成可消化物质。但不能分解老熟的或与木质素混在一起的物质。瘤胃内所产生的有机酸主要是醋酸、丙酸、丁酸。这些酸经过瘤胃壁进入血液。

高粗料日粮有利于醋酸的生成，醋酸是构成乳脂的主要成份，低粗料、高精料日粮有利于丙酸的生成。在这种情况下，牛奶的乳脂含量可能降低。即使粗饲料是充分粉碎的干草，或是很嫩的多汁牧草，也会发生乳脂下降的情况。

蛋白质的合成。细菌和酵母能够利用含氮的非蛋白质合成菌体蛋白质。当这些微生物死亡，含有蛋白质的菌体被奶牛消化。尿素这类非蛋白氮化合物在一定程度上也可以被乳牛利用。

B族维生素的制造。瘤胃微生物的第三个功用就是生产相当数量的B族维生素和维生素K。因此，乳牛就不需要喂给这两类维生素。并不是所有的B族维生素及维生素K

都能被乳牛吸收、利用，尚有一部分随着粪便被排出体外。为此有人发现，在排出的牛粪中富含这两类维生素。

饲料在瘤胃发酵过程中，还产生大量的二氧化碳、甲烷和氨，产生少量氢、硫化氢、一氧化碳等有害气体。在正常情况下，这些气体由于反射作用，经过打嗝被排出体外。但有时乳牛排不出这些气体，而出现臌胀病。

蜂窝胃 (Reticulum)。蜂窝胃紧挨着瘤胃，它们并不完全隔开，食物颗粒可以从瘤胃进入蜂窝胃。其容量约9升。因其内部形状象蜂巢故名。从食管进来的食团，经过食管沟进入蜂窝胃瘤胃区域。

由于乳牛不能充分咀嚼它的食物，有时钉子、石块和各种异物也会随着食团被乳牛咽下。随着瘤胃的搅拌活动，尖硬的物体被输送到蜂窝胃的前部，导致刺伤蜂窝胃的胃壁，刺破心脏，也会造成乳牛死亡。

蜂窝胃的内容物是流体。它的胃粘膜没有分泌功能。它的作用是协助食团的向上通过食管，和调整食物向重瓣胃以及由重瓣胃向瘤胃的流动，无论向哪里流动都要经过食管沟。

重瓣胃 (Omasum)。食物经过充分咀嚼和破碎，进入重瓣胃，其容积约16升。有些食物直接进到皱胃。重瓣胃和蜂窝胃、瘤胃一样没有分泌胃液的能力。重瓣胃由强有力的叶瓣组成，它能挤出食物中所含的水份。大部分水份和一些有机酸被它吸收。固体部分继续留在胃内由叶瓣加工。这些叶瓣的动作不是同时进行的，但是连续的。用这样一种方式，食物不停地被挤磨。重瓣胃的运动还起着一种泵的作用，能把食物排入皱胃。当乳牛生病时，反刍停止，切断了流体物质进入皱胃，使其内容物变干，造成秘结。

犊牛的胃。幼犊的消化过程不象成年牛那样，倒象单胃动物。幼犊吃进的奶水通常越过瘤胃及蜂窝胃，直接进到皱胃被消化、吸收。由于幼犊尚无反刍的功能，因此得缓慢吮乳，这样感觉神经受到刺激，使食管沟闭合，阻止乳水进入瘤胃及蜂窝胃。如果幼犊吮乳急促，吞入瘤胃及蜂窝胃，就会造成消化机能障碍。当牛犊学会吃谷物和干草以后，它就逐渐具备反刍的功能。

皱胃或叫真胃 (Abomasum)。成年乳牛的皱胃容量约为19升。皱胃是乳牛真正起消化作用的胃。它能分泌胃液，胃液中含盐酸和胃蛋白酶以及凝乳脂。胃蛋白酶只能在酸性环境起作用。食物到达皱胃，使碱性环境变成酸性环境。胃蛋白酶能把蛋白质分解成小的化合物，主要是肽。肽是一种短链的氨基酸。但胃蛋白酶并不能把它们分解成氨基酸。

凝乳酶是一种能使牛奶凝结的酶，对吃奶的牛犊很重要。牛奶如果未经凝乳酶的作用，则可能直接通过消化道，使其它的酶都无法和牛奶发生作用，造成消化不良。

(二) 肠道的消化作用

乳牛的肠道明显地分为两部分，小肠和大肠。小肠是很长的迂回的管子，乳牛的小肠长度约为41米，其容量约为40升。小肠的内壁布满很小指状突起，称为绒毛(Villi)，

绒毛具有冲击运动，能帮助混合肠内容物。乳糜是部份消化的物质，沿小肠蠕动。乳糜移动很慢，能充分与消化液起作用。肠道的上半部管分泌，下半部负责吸收。乳糜在肠道内和胰汁、胆汁、肠液三种消化液混合。

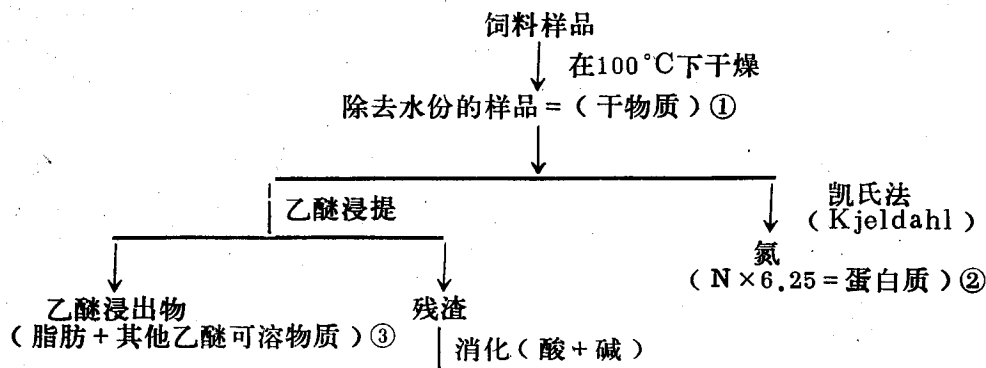
大肠。小肠的内容物抵达大肠时，还含有没消化的食物。食物在大肠停留的时间相当长，足以使从小肠开始的消化过程继续下去，也能吸收可消化的养料。在大肠内繁殖着大量的细菌。这些菌类给食物以巨大的影响。由于这些菌类的腐化作用引起讨厌的臭味，常常放出大量游离的有毒物质。大肠不分泌任何液体，食物常常在大肠中留存一定的时间，吸收其水份，使其变成固形物，最后经过肛门排出体外。粪便包含未消化的残留食物、消化道分泌物、食物经消化产生的废物和微生物群落等。

四、饲料的消化率

消化这个词包括饲料转化成可溶的能同化的物质的全过程。但是，不是全部饲料能转化成可溶的形态而被吸收。饲料，特别是饲草，其养份含量以及它们的消化率差异相当大。为于正确地评定平衡日粮，必须评定饲料的养份及其消化率。养份的含量可用化学方法评定；消化率则要作消化试验，就要确定耗用饲料的养份含量和粪便排出量。吃进的和排出的两者之差，就是被消化的饲料。消化率就是被消化饲料的百分数。

（一）营养成分的测定

关于饲料养份含量的现有资料，都是根据实验室的分析得来的。采用的方法是Weende分析方法。这种分析方法包括测定水份或干物质(DM)、粗蛋白或总蛋白(TP)、乙醚浸出物(EE)或脂肪、粗纤维(CF)、灰分或矿物质和无氮浸出物(NFE)。干物质的分析结果可以用两种方法来表示：一是用青鲜饲料(as-fed basis)饲料百分数(养分重除以饲料重 $\times 100$)；一是饲料干物质百分数(养分重除以饲料干物质重 $\times 100$)。近似分析方法的一般情况见图1—3。括弧内的数字表示分析和计算过程中的顺序和步骤。



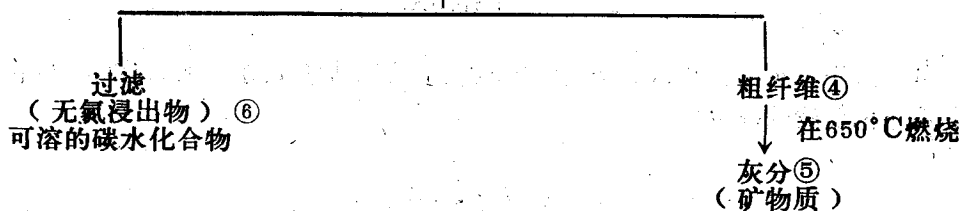


图 1—3 近似分析法示意图

1. 干物质。在规定的时间内，在100°C下干燥饲料样品的残留物质。

$$\text{干物质}\% = \frac{\text{干重}}{\text{湿重}} \times 100$$

$$\text{水分}\% = \frac{\text{湿重} - \text{干重}}{\text{湿重}} \times 100$$

2. 总蛋白质。饲料样品含氮百分数乘以6.25。系数6.25是因蛋白质平均含氮16%。

$$\text{总蛋白}\%(\text{鲜料}) = \frac{6.25 \times \text{单位氮}}{\text{青鲜饲料样品重}} \times 100$$

$$\text{总蛋白}\%(\text{干料}) = \frac{6.25 \times \text{单位氮}}{\text{干饲料样品重}} \times 100$$

3. 乙醚浸出物或脂肪。脂肪和其他乙醚浸出物的测定方法，是把已知数量的饲料干物质加到乙醚中浸提。待乙醚挥发后，再将浸出物称重。

$$\text{乙醚浸出物}(\text{鲜样}) = \frac{\text{乙醚浸出物重}}{\text{鲜样品重}} \times 100$$

$$\text{乙醚浸出物}(\text{干样}) = \frac{\text{乙醚浸出物重}}{\text{干样品重}} \times 100$$

某些饲料，特别是粗饲料，含有少量的树胶、树脂和蜡，这些东西溶于醚，也包括在乙醚浸出物内。

4. 粗纤维。在试验室中，粗纤维是把干样品在酸液和碱液中反复浸洗，滤出残渣，加以干燥，然后再进行称重。粗纤维表示饲料中绝大多数的纤维素和木质素。

$$\text{粗纤维}(\text{鲜样}) = \frac{\text{残存纤维重}}{\text{鲜样品重}} \times 100$$

$$\text{粗纤维(干样)} = \frac{\text{残存纤维重}}{\text{干样品重}} \times 100$$

5. 灰分。灰分是表示饲料的矿物质成份。把干样品放在坩锅内，在650°C下充分燃烧，剩下的残渣就是灰分。

$$\text{灰分(鲜样)} = \frac{\text{灰分重}}{\text{鲜样品重}} \times 100$$

$$\text{灰分(干样)} = \frac{\text{灰分重}}{\text{干样品重}} \times 100$$

6. 无氮浸出物。它表示的是最易溶解的碳水化合物，例如淀粉和糖。无氮浸出物用数学方法测定，并不实际进行分析。

$$\text{无氮浸出物}\% = 100\% - (\text{H}_2\text{O}\% + \text{灰分}\% + \text{乙醚浸出物}\% + \text{总蛋白}\% + \text{粗纤维}\%)$$

各种养分的消化率计算方法如下：

$$\frac{\text{饲料中养分重} - \text{粪便中养分重}}{\text{饲料中养分重}}$$

Weende氏近似分析方法不能精确地分析饲料的营养成份。但它仍然是一个有用的分析方法，因为它能提供一个饲料营养价值的指标。这个方法比较简单，它分离出来的各个成份在饲料营养上有重大意义。它能区分出最易于消化的碳水化合物（无氮浸出物）和最不易消化的物质（粗纤维）。

这种分析方法的最大局限性在于某些纤维素成份在分析过程中被破坏，部分木质素被碱所解除，而无氮浸出物中却含有不能完全消化的多糖。这导致对纤维素不能完全分离出来，也就是对某些高纤维素饲草类的纤维素含量估计过低。这类高纤维素饲草的营养价值是不很清楚的，因为粗纤维被视为饲料中不能消化的一部分，而实际上有一部分饲草的纤维素是能被反刍动物消化的。

在许多试验室里，除了用Weende氏近似法得出饲料分析数据，还另外用新的改进技术作更精确的分析。

在美国农业部研究室工作的Van Soest等发明了一种新的分析方法，他把干物质分为易于消化的和低消化率的两部分。此法所用洗涤剂把细胞内容物（中性洗涤可溶物NDS）和细胞壁类物质（中性洗涤纤维NDF）分离开来。NDS由糖类、淀粉、蛋白质、脂类、可溶碳水化合物和其他水溶物质组成。它们的消化率很高，平均约为98%。NDF中性洗涤纤维组分由细胞壁内容物组成，包括几乎所有的木质素和半纤维素。采用Weende氏分析法，相当数量的木质素和半纤维素来包括在粗纤维素组分内，而混进无氮浸出物的组分里。因此，NDF更接近于饲料的总纤维含量。NDF的营养价值在很大程度上受木质素含量的影响。按Van Soest等发明的方法，风干饲料放入酸性洗涤溶液中煮沸，而残渣和不溶部分被称为酸性洗涤纤维（ADF）它主要含纤维素、木质素和相当数量的硅。NDF和ADF的差就是饲料中木质素的测定值。木质素的含量还能进

一步精确测定，方法是把ADF加到酸性萃取液中，然后点燃其残渣，再测定灰分的含量，这就是酸性洗涤木质素（ADL）组分。

用Veende氏近似分析法测定的饲料和纤维相当于用Van Soest法测定的饲料酸性洗涤纤维（ADF）的75—95%。

（二）饲料消化率的测定

为了说明测定饲料消化的方法，我们假定在消化试验中，乳牛食用3000克猫尾草，其成分为蛋白质7%、纤维素34%、无氮浸出物50%和乙醚浸出物1.8%。在试验期中，乳牛挑出1300克粪便，其中粗蛋白10%、粗纤维35%、无氮浸出物46%和乙醚浸出物2%。从上例数字可以算出被消化饲料的数量和猫尾草干物质的消化率（见表1—2）

假定粪便仅含未消化的食物。严格说，这是不真实的，因为粪便中含有许多来自血液的代谢产物和进入消化道的分泌物。而这些东西是没法测定的。为此，这样测得的消化率实际上是表观消化率。因为有些矿物质，特别是钙、铁、磷和一部份镁主要是通过肠道分泌出来，此法不适用于测定它们的消化率或吸收率。

表1—2 饲喂、排泄和消化的养份相当的数量和猫尾草干草干物质的消化率

项 目 \ 组 分 \ 数 值	粗蛋白质 (克)	粗纤维 (克)	无氮浸出物 (克)	乙醚浸出物 (克)
猫 尾 草 干 草	210	1020	1500	54
粪 便	130	455	598	26
被 消 化 量	80	565	902	28
消 化 效 率 %	38.1	55.4	66.1	51.8

指示剂法。为了消除在消化试验法中繁重的收集粪便的劳动，发明了指示剂法。它是一种间接法，利用一种不能消化或不被吸收的惰性物质。这种惰性物质可以是一种饲料的天然成份，比如木质素或色原，或者是一种添加物，如氧化铬。对于饲料的每一种养份其数量比是固定的。粪便的样品不需全部收集，只须分析粪便中此一养份的指示剂的比例就可以了。根据这两个比例就可以算出被消化吸收的成份。

可消化总养分。为求出一种饲料的可消化养份的百分数，每一种养份乘其消化率即可。猫尾草干草的分析结果和消化效率见表1—2，可消化养份见表1—3。

表 1—3

猫尾草干草干物质的组成成份、消化效率和消化养份

项 目 \ 数 值 \ 组 分	粗蛋白质 (%)	粗纤维 (%)	无氮浸出物 (%)	乙醚浸出物 (%)
猫尾草的分析值	7.0	34	50	1.8
消 化 系 数	0.381	0.554	0.601	0.518
可 消 化 养 分	2.67	18.84	30.5	0.93

任何饲料的可消化总养份都是由可消化粗蛋白、可消化碳水化合物（粗纤维和无氮浸出物）和2.25倍的可消化脂肪（乙醚浸出物）的和确定。按表所例数值为：

$$2.67 + 18.84 + 30.5 + 2\frac{1}{4}(0.93) = 53.65$$

因此，100磅猫尾草干草的可消化总养份为53.65磅。

可消化总养份（TDN）是一种简单的表示饲料养份的方法。按此法，饲料的养份都折算成碳水化合物当量，并成为饲料能量值的尺度。脂肪平均约为碳水化合物所含能量的2.25倍，蛋白质约和碳水化合物所含能量相等。

因为蛋白质的某些功能是不能由其他养份取代，所以在附表E中列出可消化总养份的同时，还列出可消化蛋白质的百分数。但应当记住，可消化总养份中包括了可消化蛋白质。

（三）影响消化率的因素

影响消化率的几个因素。不同种类动物的消化率差别很大，但是同一种动物的消化率差不多相同。在不同品种的乳牛间，差别很小。个体差异主要由于牙齿不佳、消化器官疾病和肠道蠕虫等造成的。但是这些差异很少超过8%或4%。幼犊前三胃不发达，直到前三胃逐渐发育完善，才能吃粗饲料才能反刍。牛胃得到充分发育，这时候动物才很少影响饲料的消化率。饲喂过多，会降低饲料的消化率，可能因为饲料所占的容积过大，相对加快了通过消化道的速度，造成微生物发酵时间不足。粗料，特别是过于老熟的，通常消化率低于精料。因为这些饲料中纤维素和木质素含量大，有碍于消化液起消化作用。曾观察到，由于牛日粮质量很差，仅由秸秆、玉米秸或其他类似饲料组成，瘤胃内微生物数量因此显著下降。换句话说，这些细菌、酵母和原虫必须获得适当的营养，否则它们不能帮助消化饲料。适口性也对消化率有相当影响，事实表明适口性会影响消化液的分泌。坚硬的籽实经过粉碎，能提高消化率，否则整颗籽实会不经消化就通过消化道被排泄掉。谷物应当先粉碎，再饲喂乳牛。粗饲料粉碎过细，也会降低消化率。过细的粗饲料会较快地通过瘤胃，失掉在瘤胃充分发酵的机会。粗饲料铡短或经过浸湿，对消化率影响不大。

（周震 译）

第二章 乳牛的营养需要

乳牛的营养需要分为维持需要、生活需要（未成年牛）繁殖需要（怀孕母牛）和生产需要。科学家对不同情况下每种养份的最低需要量和对于预防营养缺乏症，曾进行过多年的研究。乳牛营养研究的成果，在十九世纪就见过报道，对不同饲料的营养价值也作过比较，从而发现为了保持相同的产量对于某些饲料需要较多，而对另一些饲料需要较少。十九世纪末叶，根据对可消化碳水化合物、可消化蛋白质和可消化脂肪的需要量，曾提出过几种饲养标准。在二十世纪上半叶，进一步有了改进，制订出维持和产奶的分别需要量，以及对各种矿物质和维生素的需要量。

（美）国家科学研究委员会（NRC）标准第一次公布于1945年。这些标准是由（美）国家科学研究委员会所属的动物营养委员会制订的。这些标准给乳牛规定了营养供应量。在动物营养的历史上这是第一次由营养学家制定标准。随后根据新的资料，对原先的标准定期进行修订。

最近NRC推荐的乳牛营养需要，见附表A和B。按这个水平，乳牛就不致于营养缺乏，并能保证适当的生长、繁殖和产奶效率。需要量包括非泌乳牛对于料、蛋白质（总蛋白质和可消化蛋白质）和能量（维持净能 NE_m ）以及增重净能（ NE_g ）的需要。泌乳牛的净能包括维持、繁殖和产奶对能量的需要。能量需要分别以消化能（DE）、代谢能（ME）表示。表内还列有可消化总养份（TDN）。钙、磷、胡萝卜素、维生素A和维生素D的需要量也一并列入。

所有乳牛皆有其维持营养需要。可以把它看作是维持乳牛体重平衡（不增不减）的营养需要，就是说乳牛既不增重也不减重，既没怀孕也不产奶（见附表A和B），其需要量和动物的体重成正比。

未成年动物另须添加生长需要的养份。乳牛的生长需要一直持续到5—6岁（见附表A和B）。

怀孕母畜另须添加繁殖和胎儿生长的养份。这种养份需要量是很少的，除非到妊娠最后两个月，这时胎儿迅速生长（见附表B）。

泌乳母牛另须添加产奶的养份。其需要量和牛奶产量和成份（乳脂率）成正比。