



普通高中课程标准实验教科书

通用技术 选修4 “现代农业技术”

专题4 营养与饲料

教师教学用书

广东基础教育课程资源研究开发中心
通用技术教材编写组 编著



广东科技出版社

普通高中课程标准实验教科书

通用技术 选修4 “现代农业技术”

专题4 营养与饲料

教师教学用书

广东基础教育课程资源研究开发中心 编著
通用技术教材编写组

主 编 付 杰

编写人员 杨 琳 仲 明 崔志英

广东科技出版社

·广 州·

图书在版编目 (CIP) 数据

通用技术 选修4“现代农业技术”教师教学用书, 专题4, 营养与饲料/广东基础教育课程资源研究开发中心通用技术教材编写组编著. —广州: 广东科技出版社, 2005.8

普通高中课程标准实验教科书

ISBN 7-5359-3996-1

I. 通… II. 广… III. ①动物-营养(生物)-高中-教学参考资料②动物-饲料-高中-教学参考资料
IV. G633.933

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 096190 号

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮编: 510075)

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

http: //www.gdstp.com.cn

经 销: 广东新华发行集团

印 刷: 广东鹤山教育印刷有限公司

(广东省鹤山市沙坪镇大林路 邮编: 529700)

规 格: 787mm×1092mm 1/16 印张 6.5 字数 130 千

版 次: 2005 年 8 月第 1 版

2005 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 7.20 元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印公司联系调换。

目 录

第一章 动物营养原理	(1)
一、说明	(1)
二、教学目标	(1)
三、课时分配建议	(2)
四、教材分析与教学建议	(2)
五、综合学习活动	(39)
六、教学效果评价指引	(40)
第二章 饲料的种类及特性	(43)
一、说明	(43)
二、教学目标	(43)
三、课时分配建议	(43)
四、教材分析与教学建议	(44)
五、综合学习活动	(52)
六、教学效果评价指引	(53)
第三章 饲料原料的加工、调制与贮藏	(56)
一、说明	(56)
二、教学目标	(56)
三、课时分配建议	(56)
四、教材分析与教学建议	(57)
五、综合学习活动	(69)
六、教学效果评价指引	(70)
第四章 饲料配制技术	(73)
一、说明	(73)
二、教学目标	(73)
三、课时分配建议	(73)
四、教材分析与教学建议	(74)
五、综合学习活动	(96)
六、教学效果评价指引	(98)

第一章 动物营养原理

一、说 明

本章教材是根据《普通高中技术课程标准（实验）》所规定的下述内容编写的（表 1-1）。

表 1-1 主题、内容及活动

主 题	内容标准	活动建议
动物营养原理	知道动物采食饲料，而利用的物质却是饲料中所含的养分 理解“养分”和“营养”二个基本概念 理解（按照常规饲料分析）饲料所含的养分为水分、粗灰分、粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维和无氮浸出物六大成分，这六大成分的概念是什么 知道马、牛、羊、猪和鸡对饲料中营养成分消化吸收特点 知道能量、蛋白质、矿物质、维生素、水等物质在动物生长中的作用	通过网络、各种专业杂志查询和了解当地动物养殖业情况，包括动物的饲养方式、饲喂饲料的种类和来源 要求学生结合老师播放幻灯片或图片形式回答：当地动物饲养过程中存在哪些动物营养代谢病，包括临床症状、病因、解决办法

二、教 学 目 标

- (1) 懂得动物为什么需要采食饲料；
- (2) 理解营养和养分的基本概念；
- (3) 掌握动物对各类营养物质的消化；
- (4) 了解各种养分在体内的主要营养作用。

三、课时分配建议

本章共 5 课时，分配建议如表 1-2 所示。

表 1-2 课时分配建议

教学内容	教学课时	主要活动
第一节 动物生命活动过程中需要的营养物质	2	通过讨论饲料外观的巨大差别与内在养分的类同性，理解养分的分类、养分的基本功能和动物采食饲料的目的 上网调查：动物饲喂方式和饲料的类型
第二节 动物对营养物质的消化	1	讨论各种动物的消化方式和饲料养分在消化道内的变化
第三节 各类营养物质与动物营养	2	讨论养分的各种基本功能，养分缺乏的后果，通过演示相关幻灯片让学生加深理解

四、教材分析与教学建议

（一）全章教材分析与教学建议

作为普通高中《通用技术》的入门篇，本章共分为 3 节：动物生命活动过程中需要的营养物质；动物对营养物质的消化和各类营养物质与动物营养。本章着重介绍了动物生命活动过程中需要的营养物质、动物对营养物质的消化和各类营养物质与动物营养的基本知识，让学生了解到动物为什么需要采食饲料、营养和养分的基本概念、动物对各类营养物质的消化和各种养分在体内的主要营养作用。从总体上，要让学生知道动物虽然吃的是饲料，饲料只是现象，是外形，是养分的载体，而动物体与饲料间的内在联系是通过它们内部所含的养分来实现的，饲料中的养分经过机体消化、吸收和代谢转化为动物体本身的组分，饲料中的养分是本质。我们只要抓住本质的东西，就能很好地揭示饲料与动物体间的养分供需关系，实现高效、优质、节能动物养殖（生产）目标。

在教学的过程中,注意要把动物看成是一个“系统”,这里主要包括两个方面:首先,生物机体系统内部具有多层次结构,层次范围即:群体、机体、器官、组织、细胞、细胞器和大分子。这里,应当指出的是高级层次是由低级层次组成的,但又不是简单的堆积,不同层次有着各自不同的形态和功能,不同层次之间又是有机联系在一起而形成统一整体。其次,动物机体还是一个开放系统,它在其生命活动中不断与环境进行物质交换、能量交换和信息交换,所以动物营养还应包括动物机体与环境生态系统。“环境”从广义上讲既包括自然环境,即环绕着动物周围的各种自然因素总和,包括大气圈、水圈、土壤圈、动植物生态系统、原生环境、次生环境、生物环境和非生物环境,还包括动物群体社会环境。群体社会环境和自然环境相互作用,对动物营养过程和饲料利用状况都直接或间接地产生极大影响。比如说,放牧家畜(牛羊)缺乏微量元素钴、锰、硒等是因为牧草中这些养分含量低,满足不了畜禽的需要量造成的,实际上是这一地区土壤中这些养分含量低,导致牧草中这些养分满足不了畜禽的营养需要量,产生的这一类病症通常称为地方性疾病。

运用系统科学的原则和方法来认识营养素。其主要内容可归纳为以下4点:

——饲料营养供应是一个动态过程。已知饲料营养素对动物的营养作用是一个由量变到质变的动态过程。营养素的营养作用只能在一定范围内才有效,如果营养素供给量达到或高于中毒量,动物就会因中毒而死亡。此时营养素就不再是营养素而是毒物了。相反,如果营养素供给量低于动物需要量时,动物就会出现亚临床或临床症状,严重者死亡。

——饲料营养素之间存在组合效应。组合效应广泛存在于各种营养素之间,组合效应分正组合效应(或称协同作用)和负组合效应(或称拮抗作用)。各营养素之间协同作用是指在消化、吸收过程中起着相互促进的作用;或在组织细胞层次,协同参与代谢,相互促进各自营养功能的实现。相反,各营养素之间的拮抗作用,则是指在消化、吸收过程中彼此抑制其吸收作用,对动物体内的各自生理生化功能产生负面影响。在实际情况下,饲料营养素的组合效应表现十分复杂。可能是一种对一种,也可能是一种对多种。

——饲料营养素具有两种作用,即营养性作用和功能性的作用。一般来说,营养性作用是指饲料中这类营养素在体内可以直接转化为体组织或畜产品等,而功能性作用是指饲料中这类营养素在体内调节和调控物质代谢及代谢途径。正确地运用饲料营养素的调控功能是系统整体营养调控理论和技术的重要方面。

——必需或非必需的营养素的区分是有条件的,不能绝对化,应注意因地制宜,因时制宜,因畜制宜。

(二) 各节教材分析与教学建议

第一节 动物生命活动过程中需要的营养物质

【教材分析】

本节内容包括三大部分,即为什么动物需要采食饲料、饲料中含有什么和饲料中各种营养物质的基本功能。该部分教学内容的安排是按循序渐进的方式进行的,先是介绍了饲料、营养、养分消化和吸收等基本概念,并从各类营养物质入手,让学生全面地了解饲料中营养物质种类和营养作用。

1. 为什么动物需要采食饲料

这部分主要可以通过多媒体教学,播放录像让学生领悟到:动物世界表现各种丰富多彩的生命现象,如天上飞、水中游、地上走;动物生长、产蛋、长毛、繁育后代;有些动物长得大,有些动物很微小。动物的生长速度以及各种生命活动千差万别,但是不管何种动物,要生存、表现生命活动都必须采食各种食物。

2. 饲料中含有什么

通过介绍一二种食物链示例,引出:食物链之间的联系纽带是养分,然后进一步讲解饲料的组成成分。

3. 饲料中各种营养物质的基本功能

以各种生命现象如生长、死亡等为例,总结饲料中各种营养物质对机体的基本功能,让学生感觉到饲料中各种营养物质的基本功能离我们很近,就在我们身边,激发学生学习这项技术的热情。

【教学建议】

本节内容是激发学生学习该门课程兴趣的关键章节,要注意:教学形式多样化,教学内容系统化。让学生理解到动物为什么需要采食饲料、饲料中究竟含有什么和饲料中各种营养物质的基本功能是什么?

【重点难点】

本节的教学重点在于:

- (1) 理解动物为什么需要采食饲料;
- (2) 理解饲料中含有什么,即饲料的化学组成;
- (3) 了解饲料中各种营养物质的基本功能。

本节的教学难点在于：

- (1) 饲料的化学成分；
- (2) 各种营养物质的功能。

【思考解答】

1. 如何理解“饲料是外形、是现象，而饲料中所含的养分却是本质”？

解答要点：

我们知道，生态系统中建立在营养关系基础上的生物成员之间的联系是食物链、食物网。食物链中每一个生物成员称为营养级。生态系统中的食物营养关系是很复杂的，由于一种生物常常以多种食物为食，而同一种食物又常常为多种消费者取食，于是食物链交错起来，多条食物链相连，形成了食物网。由此可见，就动物的饲料种类来说，成千上万、种类繁多，但所有饲料养分的种类都是相类似的，都是由六大化合物（水分、粗灰分、粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维和无氮浸出物）组成，也就是说，各种动物所采食的饲料种类不同、千差万别，但动物机体所利用的物质却都是饲料中所含的养分。比如说用鸡粪喂猪、猪粪喂鱼的“立体农业模式”中，从表面现象看，给动物饲喂的是粪便，实际上动物是利用了粪便中的养分来生产动物产品的。所以说，饲料是外形、是现象，而饲料中所含的养分却是本质。

2. 日常生活中百姓所讲的“营养”与本节中所涉及的“营养”是否是同一概念？

解答要点：

本节中所涉及的“营养”概念是指动物摄取、消化、吸收和利用食物中的营养物质以维持生命、生产产品的整个过程。而日常生活中百姓所讲的“这个东西有营养或者那个东西没有营养”，这里的“营养”指的是食物中的营养物质（养分）。“养分”不等于“营养”，饲料中能被动物体消化吸收并用于维持生命、生产产品和繁殖后代的化学物质叫做营养物质或营养素，简称养分。

3. 饲料中所含的六大成分的名称及其相互关系。

解答要点：

按照常规饲料分析，饲料所含的养分分为水分、粗灰分、粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维和无氮浸出物六大成分，这六大成分称为概略养分。六大概略养分之间的相互关系为：

饲料 = 干物质 + 水分

干物质 = 无机物质 + 有机物质

无机物质 = 粗灰分 = 矿物质

有机物质 = 含氮化合物 + 无氮化合物

含氮化合物 = 粗蛋白质

无氮化合物 = 碳水化合物 + 乙醚浸出物

碳水化合物 = 粗纤维 + 无氮浸出物

乙醚浸出物 = 粗脂肪

饲料 = 水分 + 灰分 + 粗蛋白质 + 粗脂肪 + 粗纤维 + 无氮浸出物

水分% + 灰分% + 粗蛋白质% + 粗脂肪% + 粗纤维% + 无氮浸出物% = 100%

4. 人们常说的三大养分指的是什么？为什么称之为三大养分？主要来源于哪些食物？

解答要点：

三大养分指的是碳水化合物、脂肪和蛋白质这三类有机养分。动物维持体温、随意活动和生产产品等所需能量都来源于这三大营养物质。碳水化合物主要来源于谷物类籽实等（即我们日常所说的“主食”），脂肪主要来源于油料作物等，蛋白质主要来源于肉、蛋、奶、鱼等动物性食品。

【教学参考资料】

本节有关的教学参考资料如下：

动植物体的化学组成

(1) 动物体的化学成分

动物体的化学成分依动物种类、年龄、体重、营养状况不同而不同，见表 1-3。

表 1-3 动物体的化学成分（除去消化道内容物）（%）

（摘自 Maynard, L. A. 等, 1979）

动物种类	水分	蛋白质	脂肪	灰分
犊牛（初生）	74	19	3	4.1
幼牛（肥）	68	18	10	4.0
阉牛（瘦）	64	19	12	5.1
阉牛（肥）	43	13	41	3.3
绵羊（瘦）	74	16	5	4.4
绵羊（肥）	40	11	46	2.8
猪（体重 8kg）	73	17	6	3.4
猪（体重 30kg）	60	13	24	2.5
猪（体重 100kg）	49	12	36	2.6
母鸡	57	21	19	3.2

续表

动物种类	水分	蛋白质	脂肪	灰分
兔子	69	18	8	4.8
马	61	17	13	4.5

A. 水分 动物体内水分含量随年龄的增加而大幅度降低。以牛为例, 胚胎期含水量高达 95%, 初生牛犊含水量 75%~80%, 5 月龄幼牛含水量 66%~72%, 成年牛体内含水量仅 40%~60%。动物体内水分随年龄增长而大幅度降低的主要原因, 是由于体脂肪的增加。从表 1-3 可以看出: 瘦阉牛体内含脂肪 12%, 含水量 64%; 肥阉牛体内含脂肪 41%, 含水量 43%。又如猪从体重 8kg 至 100kg, 水分从 73% 下降到 49%, 脂肪则从 6% 上升到 36%。由此可见, 动物体内水分和脂肪含量关系十分明显。

水分是动物体成分之一, 不同器官和组织因机能不同, 水分含量亦不同。血液含水量 90%~92%, 肌肉含水量 72%~78%, 骨骼组织含水量约 45%, 牙齿珐琅质含水量仅 5%。

B. 有机物质 脂肪和蛋白质是动物体内两种重要的有机物质。动物体内碳水化合物含量极少。

动物种类不同体内的脂肪含量不同。一般说来, 猪体脂肪贮量最高, 牛、羊次之, 鸡、兔、鱼等动物体内脂肪贮量较少。脂肪的含量与营养水平、采食量密切相关。同一种动物用高营养水平, 特别是高能量水平饲喂, 体脂肪的贮量则高。动物随年龄和体重的增加, 体脂肪含量不断增加而水分含量不断减少。

动物体内碳水化合物含量少于 1%, 主要以葡萄糖、肝糖原和肌糖原形式存在。肝糖原占肝鲜重的 2%~8%, 总糖原的 15%。肌糖原占肌肉鲜重的 0.5%~1%, 总糖原的 80%。

C. 灰分(矿物质) 动物体内灰分主要由各种矿物质组成, 其中钙、磷占体内灰分的 65%~75%。90% 以上的钙、约 80% 的磷和 70% 的镁分布在动物骨骼和牙齿中, 其余钙、磷、镁则分布于软组织和体液中。据 18 头不同年龄的阉牛胴体成分(除去消化道内容物)分析, 主要矿物元素平均百分含量为: 钙 1.33、磷 0.74、镁 0.04、钠 0.16、钾 0.19、氯 0.11、硫 0.15。

除以上矿物元素外, 含量仅为动物体十万分之几至千万分之几的铁、铜、锌、锰、钴、硒、钼、氟、铬、镍、钒、锡、硅、砷等元素, 是动物必需的微量元素。另外还有一些元素在动物体内存在, 但生理作用不了解, 它们是动物所必需的还是因环境污染而进入动物体内的, 尚待进一步研究。

(2) 植物体的化学成分

表 1-4 列出了植物及其各部位的化学成分。植物不同部位, 化学成分含量变化较大。植物整体水分含量随植物从幼龄至老熟逐渐减少。碳水化合物是植物的主要组成成分。碳水化合物分为粗纤维和无氮浸出物。粗纤维是植物细胞壁的构成物质, 在植物茎秆中含量较高。蛋白质、脂肪、矿物质的含量随植物种类不同差异很大。如豆科植物含蛋白质较多, 牧草特别是豆科牧草含矿物质相对较多。一般说来, 植物体内碳水化合物含量较高。

表 1-4 植物性饲料及其化学成分 (%)

种类	水分	蛋白质	脂肪	碳水化合物	灰分	钙	磷
鲜玉米植株	66.4	2.6	0.9	28.7	1.4	0.09	0.08
鲜苜蓿植株	74.1	5.7	1.1	16.8	2.4	0.44	0.07
鲜猫尾草	72.4	3.5	1.2	20.7	2.2	0.16	0.10
风干苜蓿叶	10.6	22.5	2.4	55.6	8.9	0.22	0.24
风干苜蓿茎	10.9	9.7	1.1	74.6	3.7	0.82	0.17
玉米籽实	14.6	8.9	3.9	71.3	1.3	0.02	0.27
玉米秸	15.6	5.7	1.1	71.4	6.2	0.50	0.08
大豆籽实	9.1	37.9	17.4	30.7	4.9	0.24	0.58
猫尾干草	11.4	6.3	2.3	75.6	4.5	0.36	0.15

植物不同部位的成分差异较大。植物成熟后, 将大量营养物质输送到籽实中贮存, 因而籽实中蛋白质、脂肪和无氮浸出物含量都高于茎叶, 粗纤维含量则低于茎叶。如玉米籽实和玉米秸秆的成分差异较大(表 1-4)。植物叶片是制造养分的主要器官, 叶片中蛋白质、脂肪、无氮浸出物含量比茎秆高, 粗纤维则比茎秆低。如表 1-4 中苜蓿叶与苜蓿茎相比, 成分差异较大。动物生产上, 叶片保存完整的饲料植物, 其营养价值相对较高。

(3) 动植物体组成成分的比较

植物性饲料与动物体间的化学成分有以下差异:

A. 碳水化合物 碳水化合物是植物体的结构物质和储备物质。植物体中可溶性碳水化合物分布比较集中, 如芸薹属植物根的液泡中葡萄糖含量较高, 甘蔗、甜菜等茎中蔗糖含量特别高。块根块茎和禾谷类籽实干物质中淀粉含量高达 80% 以上。一些木质化程度很高的茎叶、秕壳中, 可溶性碳水化合物含量很低。动物体内的碳水化合物含量却少于 1%, 主要为糖原和葡萄糖。

结构性多糖主要分布于根茎叶和种皮中, 主要包括纤维素、半纤维

素、木质素和果胶等，是植物细胞壁的主要组成物质。不同种类、不同生长阶段的植物，细胞壁组成物质的种类和含量不同。纤维素含量占20%~40%，也可高达60%；半纤维素含量10%~20%；果胶1%~10%；木质素是植物生长成熟后才出现在细胞壁中的物质，占5%~10%。动物体内完全不含这一类物质。

B. 蛋白质 蛋白质是动物体的结构物质。构成动植物体蛋白质的氨基酸种类相同，但植物体能自身合成全部的氨基酸，动物体则不能全部合成，一部分氨基酸必须从饲料中获得。用饲料常规分析法获得的饲料粗蛋白质还含有部分非蛋白质性的含氮物（简称NPN）。而动物体内的蛋白质主要是真蛋白质和少量游离氨基酸、激素和酶。

C. 脂类 脂类是动物体的贮备物质。动物体内的脂类主要是结构性的复合脂类，如磷脂、糖脂、脂蛋白质和贮存的简单脂类等。动物因种类、品种、肥育程度等不同，含脂肪量差异大。植物种子中的脂类主要是简单的甘油三酯，复合脂类是细胞中的结构物质，平均占细胞膜干物质一半或一半以上。此外，还含有蜡质、色素等。油料植物中脂类含量较多，一般植物脂类含量较少。

此外，植物体内水分含量变异范围很大，成年动物体内水分相对稳定。动物体内灰分含量比植物体内多（以干物质计）。特别是钙、磷、镁、钾、钠、氯、硫等常量矿物元素的含量远高于植物体。

第二节 动物对营养物质的消化

【教材分析】

因动物种类不同，其消化系统有其各自特点。本节着重介绍了具有代表性的动物如猪、鸡、牛和马的消化系统，根据其特点动物对饲料的消化方式存在着很大的差异，猪、鸡饲料以精饲料为主，而牛、羊、马则以粗饲料为主。

1. 消化系统

这部分主要介绍了消化系统由消化道和消化腺组成。消化道是一条很长的管道，起始于口腔，经咽、食道、胃、小肠、大肠，止于肛门。消化腺分成两类：一类是位于消化道外的肉眼可见的大消化腺，如唾液腺、肝脏和胰腺，它们通过导管开口于消化道；另一类是分布在消化道壁内的小腺体，只有在显微镜下才能看到，如胃腺、肠腺等。

2. 动物对饲料的消化方式

动物的种类不同，消化道结构和功能也不同，但是它们对饲料中各

种营养物质的消化却具有许多共同的规律，比如其消化方式可以归纳为物理性消化、化学性消化和微生物消化。

3. 动物对三大养分的消化吸收

这部分主要讲述了非反刍动物和反刍动物蛋白质、碳水化合物和脂类的消化吸收。

【教学建议】

1. 消化系统

首先教师要交代清楚代表性的动物猪、鸡、牛和马的消化系统构成，让学生懂得因为消化器官结构不同而导致其消化功能不同。进一步让学生了解到为什么有的动物饲料以精饲料为主，有的动物以粗饲料为主。从而引出不同种动物各自的饲养管理要点。

2. 动物对饲料的消化方式

在此部分主要介绍了物理性消化、化学性消化和微生物消化，组织学生讨论分析动物对饲料三种消化方式的特点。

3. 动物对三大养分的消化吸收

此部分内容在讲解的过程中，最好采用多媒体教学手段，对三大养分的消化吸收反复对比地进行讲述，以加深学生认识和理解。

【重点和难点】

重点：

- (1) 让学生理解具代表性的动物猪、鸡、牛和马的消化系统组成；
- (2) 让学生知道什么是物理性消化、化学性消化和微生物消化。

难点

猪、鸡、牛和马的消化吸收特点。

【思考解答】

1. 反刍动物的胃与单胃动物的胃有何不同？哪些动物是反刍动物？哪些动物是单胃动物？

解答要点：

牛是人类普遍驯养的一种家畜。它在休息时，嘴巴总是不停地咀嚼，好像在吃一种不容易嚼碎的食物，这是怎么回事呢？牛是食草动物中的反刍类，上述现象正是牛的反刍现象。牛的胃与人的胃不同，一般动物的胃由一室组成（称为单胃动物），而牛的胃由四室组成，即瘤胃、网胃、瓣胃和皱胃（又叫做真胃）。皱胃是胃的本体，具有皱上皮，能分泌胃液，其他三个胃是食道的变形。瘤胃的体积最大，其他三个胃加起来还不到它的一半。瘤胃与食道管相连，前下方又与四个胃中最小的一个相连，这个胃的四面全是六角形小格子。所以叫网胃，又叫蜂巢

胃。网胃靠一条食道沟可通食道。另外还与椭圆形的瓣胃相连。瓣胃的内面有很多大小不等的皱褶，它的一端又与梨形的皱胃相通。牛吃草的时候，没嚼碎就吞下去，混有大量唾液的食物就暂时储存在瘤胃中，食物在瘤胃中被唾液浸软，再与许多同草一起吃进去的细菌和原生生物（细菌、真菌、纤毛虫）作用、发酵、分解，再进入网胃，存在于瘤胃和网胃中的粗糙食物上浮，刺激瘤胃前庭和食道沟，引起逆呕反射，将粗糙食物逆行经食道进入口中再进行细嚼，咀嚼后比较细碎和密度较大的食物经过瘤胃和网胃的底部，进入瓣胃，最后进入皱胃，进行充分消化，这就是我们平时看到牛休息时还不停咀嚼的原因。储存在瘤胃中的草，不停地返回口中咀嚼，然后把磨碎的食物送到瓣胃和皱胃中去，这种现象叫反刍，这种反刍过程可反复进行，直到食物被充分分解为止，这就是反刍类哺乳动物的一大特点。

反刍动物有牛、羊和骆驼等；单胃动物有猪、鸡、马、驴等，其中马和驴等又叫做草食性单胃动物。

2. 怎么理解反刍动物能利用纤维素，单胃动物则不能利用纤维素。也就是说，牛、羊靠吃草为生，而人、猪、鸡却不能。

解答要点：

牧草中的主要成分是纤维素，纤维素是由 β -D-葡萄糖通过 β -1, 4-糖苷键连接而成的长链大分子。牧草能在瘤胃中细菌和原生生物（细菌、真菌、纤毛虫）的作用下发酵、分解，这是因为瘤胃中的细菌和原生生物能分泌纤维素酶，纤维素酶能特异性地水解 β -1, 4-糖苷键，最终将纤维素水解成葡萄糖，供机体利用；人和动物的消化系统中不能分泌出纤维素酶，所以不能直接利用纤维素作为食物。反刍动物（牛、羊等）的消化道中含有某些微生物，这些微生物能分泌出纤维素酶，因此反刍动物能利用纤维素作为食物。

【教学参考资料】

1. 物理性消化

动物口腔内饲料的消化主要是物理性消化。物理性消化主要靠动物的咀嚼器官——牙齿和消化道管壁的肌肉运动把食物压扁、撕碎、磨烂，增加食物的表面积，易于与消化液充分混合，并把食糜从消化道的一个部位运送到消化道的另一个部位。所有物理性消化过程都有利于饲料在消化道形成多水的悬浮液，为胃和肠的化学性消化（主要是酶的消化）、微生物消化做好准备。

猪口腔内牙齿对饲料的咀嚼比较细致，咀嚼时间长短与饲料的柔软程度和猪的年龄有关。一般粗硬的饲料咀嚼时间长，随着猪年龄的增加，咀嚼时间相应缩短。

家禽口腔内没有牙齿，靠喙采食饲料。喙也能撕碎大块食物。鸭和

鵝呈扁平狀的喙，邊緣粗糙面具有很多小型的角質齒，也有切斷飼料的功能。飼料與口腔內分泌的黏液混合再吞入胃進行酶的消化。

生產中豬和禽的飼料常採用中等程度粉碎飼喂，一方面減少加工成本，另一方面也有利於飼料被動物消化。

非反刍草食動物馬，主要靠上唇和門齒採食飼料，靠白齒磨碎飼料，而且咀嚼比豬更細緻。咀嚼時間愈久，唾液分泌愈多，飼料的潤濕、膨脹、鬆軟愈好，愈有利於胃內繼續消化。草食性的家兔，靠門齒切斷飼料，白齒磨碎飼料，並與唾液充分混合而吞嚥。該類動物的飼料飼喂時適當切短，有助於採食和牙齒磨碎飼料。

反刍動物採食飼料後，不經充分咀嚼就吞嚥到瘤胃。飼料在瘤胃受水分及唾液的浸潤被軟化，休息時再返回口腔仔細咀嚼，這是反刍動物特有的反刍現象，也是飼料在口腔內進行的物理性消化。經反刍後的食糜，顆粒很細，有利於微生物的進一步消化。

飼料在動物胃、腸內的物理性消化，主要靠管壁肌肉的收縮，對食糜進行研磨和攪拌。家禽靠肌胃壁強有力的收縮磨碎食物，飼料中有少許砂石，更有利於肌胃機械性的磨碎飼料。

2. 化學性消化

動物對飼料的化學性消化，主要是酶的消化。酶的消化是高等動物主要的消化方式，是飼料變成動物能吸收的營養物質的一個過程，對非反刍動物的營養有特別重要的作用。酶的消化可分為細胞內消化和細胞外消化。

原生動物酶的消化主要是細胞內消化。變形蟲和草履蟲，吞噬食物後形成食物泡，再分泌溶酶體進行食物的化學性消化。隨動物的進化，細胞內消化逐漸分化為細胞外消化。細胞外消化的動物消化管各部位已發生分化，有的部分負責物理性消化（如口腔、肌胃），有的部分用來貯存食物（如嗉囊和胃），有的部分如胃和腸主要分泌消化液，有的部分如小腸、大腸主要用來吸收和形成糞便。

高等動物消化系統的分化更完全，消化液種類和分泌量較多，主要是消化酶的消化。不同種類的高等動物消化液的來源、消化酶的種類、前體物、致活物和分解飼料中營養物質的種類、終產物，詳見表 1-5。

表 1-5 消化道中的主要酶類

來源	酶	前體物	致活物	底物	終產物
唾液	唾液淀粉酶			淀粉	糊精、麥芽糖
胃液	胃蛋白酶	胃蛋白酶原	盐酸	蛋白質	胨、肽
胃液	凝乳酶	凝乳酶原	盐酸	酪蛋白	酪蛋白鈣、肽
胰液	胰蛋白酶	胰蛋白酶原	腸激酶	蛋白質、肽	胨、肽

续表

来源	酶	前体物	致活物	底物	终产物
胰液	糜蛋白酶	糜蛋白酶原	胰蛋白酶	蛋白质、肽	肽、肽
胰液	羧肽酶	羧肽酶原	胰蛋白酶	肽	氨基酸
胰液	氨基肽酶	氨基肽酶原	胰蛋白酶	肽	氨基酸
胰液	胰脂酶			脂肪	甘油、脂肪酸
胰液	胰麦芽糖酶			麦芽糖	葡萄糖
胰液	蔗糖酶			蔗糖	葡萄糖、果糖
胰液	胰淀粉酶			淀粉	糊精、麦芽糖
胰液	胰核酸酶			核酸	核苷酸
肠液	氨基肽酶			肽	氨基酸
肠液	双肽酶			肽	氨基酸
肠液	麦芽糖酶			麦芽糖	葡萄糖
肠液	乳糖酶			乳糖	葡萄糖、半乳糖
肠液	蔗糖酶			蔗糖	葡萄糖、果糖
肠液	核酸酶			核酸	嘌呤和嘧啶碱
肠液	核苷酸酶			核酸	磷酸、戊糖

比较不同家养动物各部分消化酶分泌的特点可以看出，口腔分泌物中通常含有黏液，用来润湿食物，便于吞咽。猪和家禽唾液中含有少量淀粉酶，牛、羊、马唾液中不含淀粉酶或含量极少，但存在其他酶类，如麦芽糖酶、过氧化物酶等。唾液淀粉酶在动物口腔内消化很弱，随食糜进入胃内，在胃内还可以进一步消化。反刍动物唾液中所含碳酸氢钠 (NaHCO_3) 和磷酸盐，对维持瘤胃适宜酸度具有较强的缓冲作用。

动物的食物主要来源于植物。食物中的蛋白质、脂肪和糖主要靠消化器官分泌相应的蛋白酶、脂肪酶、糖酶、淀粉酶等进行消化。植物细胞壁中所含的纤维素、半纤维素、木质素等，在脊椎动物的消化液中不含相应的酶，动物对饲料中纤维性物质的消化，主要靠消化管内微生物发酵。

不同生长阶段的动物，分泌消化酶的种类、数量、酶的活性不同，这是动物生产上合理组织饲料供应的科学依据。

3. 微生物消化

消化道微生物在动物消化过程中起着积极的不可忽视的作用。这种作用对反刍动物的消化十分重要，是反刍动物能大量利用粗饲料的根本原因。反刍动物的微生物消化场所主要在瘤胃。