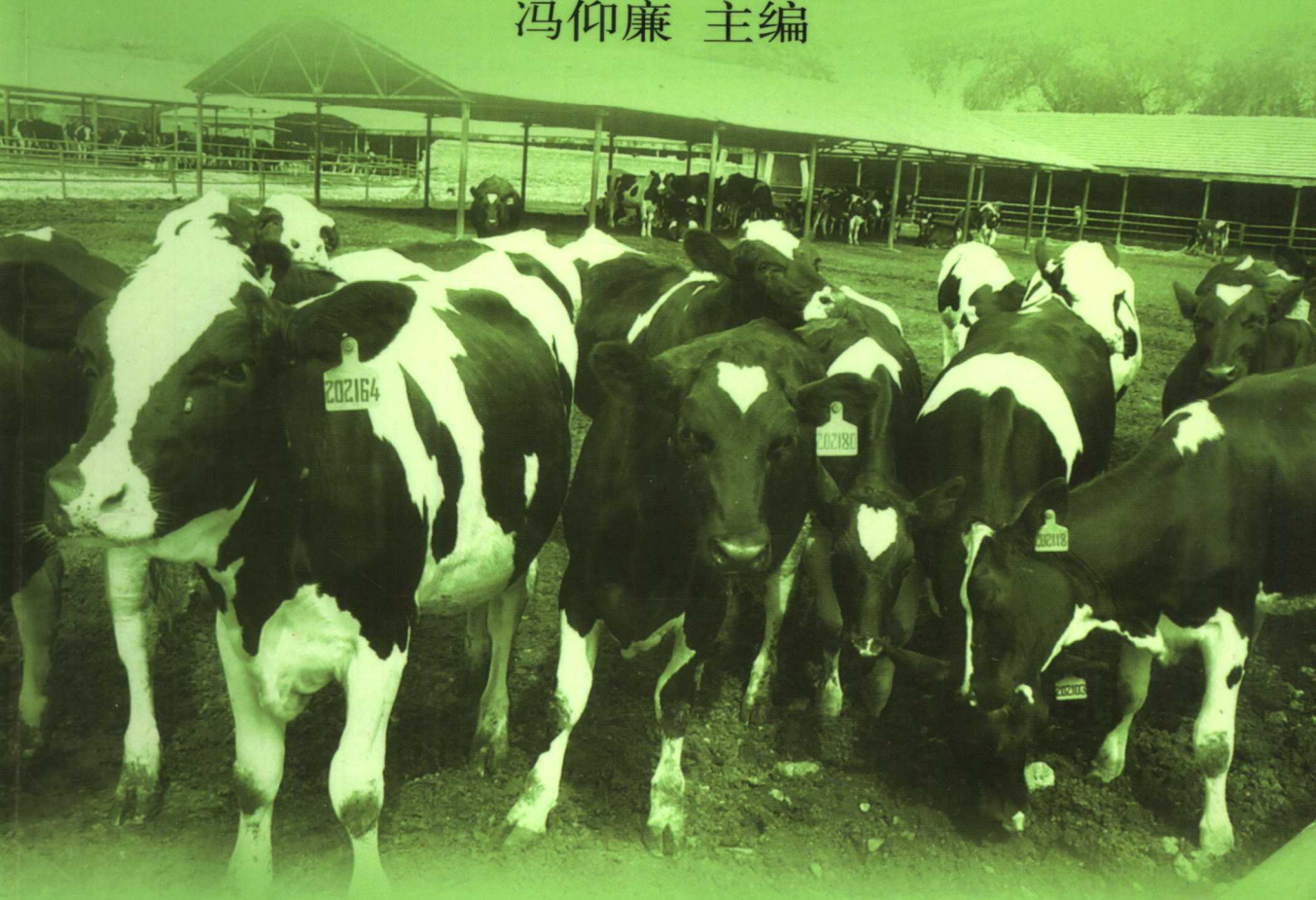



现代生命科学基础丛书

14

反刍动物营养学

冯仰廉 主编



 科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书由国内反刍动物营养学领域的老、中、青专家编著,系统地总结了国内外在反刍动物营养研究的先进性和规律性成果。全书共10章,包括瘤胃微生物、瘤胃与瘤胃内容物的特性、能量与营养、蛋白质营养、碳水化合物营养、脂肪营养、矿物质营养、维生素营养、同位素示踪技术在反刍动物营养中的应用、反刍动物营养实验技术。内容充实而精练,理论联系实际,行文简洁流畅。

本书可作为农业院校动物营养和饲料专业本科生和研究生的教材,还可供畜牧科技和畜牧管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

反刍动物营养学/冯仰廉主编. —北京:科学出版社,2004.8

(现代生命科学基础丛书)

ISBN 7-03-013784-1

I. 反… II. 冯… III. 牛-家畜营养学 IV. S823.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第064134号

责任编辑:李 锋 高 锋 王 静/责任校对:钟 洋

责任印制:安春生/封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年8月第 一 版 开本:16(720×1000)

2004年8月第一次印刷 印张:38 1/2

印数:1—2 000 字数:882 000

定价:78.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

《现代生命科学基础丛书》编委会

主 编：许根俊

副主编：沈倍奋 乔守怡 马克平 王克夷

编 委：(按汉语拼音排序)

敖世洲	昌增益	陈润生	戴灼华	丁明孝
杜生明	段恩奎	方荣祥	傅继梁	龚非力
顾红雅	何大澄	胡志红	黄伟达	金冬雁
李 博	李 林	曲音波	沈 萍	施苏华
寿天德	谭仁祥	王金发	武维华	薛勇彪
药立波	查锡良	张大勇	张知彬	左建儒

本书编著者名单

主 编 冯仰廉

副主编 卢德勋 陆治年 李胜利

编著者 (按汉语拼音排序)

柴巍中 北京大学医学部

冯仰廉 中国农业大学

李胜利 中国农业大学

刘建新 浙江大学

卢德勋 内蒙古畜牧科学院

陆治年 南京农业大学

王中华 山东农业大学

杨红建 中国农业大学

张英杰 河北省畜牧研究所

赵广永 中国农业大学

朱伟云 南京农业大学

序

我国“十五”计划和2001~2010年“农业科技发展纲要”明确提出了发展畜牧业、调整畜牧业结构和农业种植业结构的战略措施，调整的重点是向发展反刍家畜生产倾斜，突出发展奶业，以畜牧业发展为契机，增加农民收入。因此反刍动物营养的研究是一项关系国计民生和社会安定的重要领域。

冯仰廉教授等众多学者编著的《反刍动物营养学》一书，是一本资料丰富的大作。全书密切结合我国实际，把近代特别是近十几年来国内外大量的反刍动物营养学研究成果和相关资料囊括在内，全书共10章，近90万字。反映了当前国内外反刍动物营养学研究的动态和发展趋势，既具有系统的理论知识、新颖的学术观点，又有丰富的实践经验和技能，且文字深入浅出，资料全面，可读性强。相信本书的面世，必将发挥卓效，给我国反刍动物营养研究增添光彩。此书凝聚着全体编写人员的心血，值此新书出版之际，对参与此书编写的全体同仁表示热烈的祝贺！

冀一伦

2004年4月14日

前 言

改革开放以来，随着我国经济的迅速发展和人民生活水平的不断提高，畜牧业一直保持着较快的增长速度。其中反刍家畜饲养业进入了快速发展的新阶段，奶类和牛羊肉的产量增长快速、集约化饲养程度和现代化科学饲养水平的进展显著，从而对营养和饲养技术提出了新的要求。

反刍动物营养学是动物营养科学的重要组成部分，是指导反刍动物生产的科学依据。国外该领域占有较大的研究比重。我国在“六五”至“十五”期间，对反刍动物营养、饲养和饲料等方面的研究，已相继列入国家、部、省级攻关项目和重点项目，以及国家自然科学基金项目，取得了一系列重要研究成果。不少成果已付诸于生产实施，为我国的现代化饲养业提供了新技术，提高了生产水平。同时为反刍动物营养科学的再进步打下了坚实的基础。大专院校已相继建立了动物营养与饲料专业，还有博士研究生培育点，培养了大批高级专业人才。

为了适应现代化畜牧科技和高等教育发展的需要，在中国科学院出版基金的资助下，以及中国畜牧兽医学学会动物营养学分会和养生学分会的大力支持下，笔者组织了反刍动物营养学领域的老、中、青专家和教授，系统地总结了国内外在反刍动物营养研究领域的先进性和规律性成果，编著了本书。

虽然该书的撰写历时3年，又经反复修改和校对，但难免有疏漏和不当之处，恳切希望广大读者提出意见，使再版时得以修正。

本书在撰稿、审校过程中，曹志军、贺鸣、邓磊、赵慧娟、韦勇、丁志民、王雅晶和骆雅萍等同志做了大量工作，特此致谢。

冯仰廉

2004年2月28日

目 录

序

前言

第一章 瘤胃微生物	(1)
第一节 瘤胃细菌和产甲烷菌	(1)
一、纤维降解细菌	(2)
二、淀粉降解菌	(4)
三、半纤维素降解菌	(7)
四、蛋白降解细菌	(8)
五、脂肪降解菌	(9)
六、酸利用菌	(9)
七、乳酸产生菌	(11)
八、其他瘤胃细菌	(11)
九、瘤胃产甲烷菌	(14)
第二节 瘤胃原虫	(16)
一、瘤胃纤毛虫	(16)
二、瘤胃鞭毛虫	(49)
第三节 瘤胃真菌	(52)
一、瘤胃厌氧真菌的发现	(52)
二、瘤胃厌氧真菌的分类	(52)
三、厌氧真菌生活史	(55)
四、厌氧真菌的分布及动物间传播	(58)
五、厌氧真菌化学组成及其生长需要	(58)
六、发酵特性及底物利用	(59)
七、瘤胃厌氧真菌产生的植物降解酶	(61)
第四节 瘤胃微生物菌群的建立、发展和变化	(64)
一、瘤胃细菌	(64)
二、瘤胃纤毛虫	(66)
三、瘤胃厌氧真菌	(69)
四、瘤胃微生物种群间相互关系	(71)
第五节 瘤胃微生物的生态分布和相互关系	(72)
一、瘤胃环境	(72)
二、微生物在瘤胃中的生态分布	(72)
三、附着	(74)
四、初级发酵和次级发酵	(75)

五、代谢过程中交互饲养的关系	(77)
六、种间氢转移	(78)
七、瘤胃原虫的吞食作用	(82)
第六节 植物多糖的消化代谢	(82)
一、淀粉结构及其降解	(82)
二、植物细胞壁的降解	(84)
三、碳水化合物代谢及其调控	(94)
第七节 瘤胃内含氮物质的降解	(97)
一、蛋白质的降解	(98)
二、肽的降解	(100)
三、氨基酸的降解	(101)
四、尿素的降解	(102)
五、核酸的降解	(103)
六、日粮中其他含氮化合物的降解	(103)
七、结束语	(104)
第八节 瘤胃中脂肪的降解和氢化	(104)
一、日粮脂类在瘤胃中的水解	(104)
二、瘤胃中的生物氢化	(105)
三、共轭亚油酸的瘤胃调控	(109)
第九节 瘤胃微生物培养和分子生物学研究技术	(111)
一、瘤胃微生物的分离和计数	(111)
二、瘤胃微生物发酵动力学研究	(113)
三、分子生物学方法研究瘤胃微生物多样性	(114)
四、结束语	(121)
参考文献	(121)
第二章 瘤胃与瘤胃内容物的特性	(131)
第一节 瘤胃及反刍动物的采食特点	(131)
一、瘤胃的发育与瘤胃的体积	(131)
二、反刍动物的采食、反刍	(131)
三、反刍动物唾液的分泌	(132)
四、瘤胃上皮对营养物质的吸收	(133)
五、瘤胃内容物的外流	(134)
第二节 瘤胃内容物的特性	(135)
一、瘤胃的温度	(135)
二、瘤胃内容物的 pH 值	(136)
三、氧化还原电位	(138)
四、瘤胃内容物的酸碱缓冲能力	(138)
五、瘤胃液的渗透压	(139)
六、瘤胃内的气体	(142)

参考文献	(144)
第三章 能量与营养	(145)
第一节 能量转化	(145)
一、能量转化的基本概念	(145)
二、营养物质和饲料的能量	(147)
第二节 维持净能和能量沉积	(163)
一、维持的净能需要	(163)
二、环境温度对产热的影响	(165)
三、奶的能量和成分	(168)
四、体增重的能量和养分沉积	(170)
五、妊娠的能量和养分沉积	(172)
六、羊毛的能量和养分沉积	(175)
第三节 能量体系	(176)
一、净能体系	(176)
二、代谢能体系	(178)
第四节 干物质采食量	(178)
一、干物质采食量的预测	(178)
二、影响干物质采食量的因素	(182)
第五节 能量利用效率的营养因素	(184)
一、代谢能的理论利用效率	(184)
二、粗饲料质量与能量利用	(187)
三、精饲料进食量与能量利用	(191)
四、瘤胃和小肠淀粉分配量与利用效率	(194)
五、日粮养分类型与乳成分	(197)
第六节 营养物质在体内的氧化及呼吸测热	(200)
一、营养物质在体内氧化的产热	(200)
二、直接测热法	(201)
三、间接测热法	(201)
第七节 能量平衡和碳氮平衡	(211)
一、能量沉积和能量平衡	(211)
二、碳氮平衡	(211)
三、代谢能用于体能量沉积效率及热增耗的测定方法	(212)
四、基础代谢测定的条件	(212)
参考文献	(214)
第四章 蛋白质营养	(218)
第一节 饲料蛋白质在瘤胃中的降解	(218)
一、瘤胃微生物对蛋白质的分解	(219)
二、瘤胃微生物对肽和氨基酸的分解	(220)
三、影响饲料蛋白质瘤胃降解率的因素	(222)

四、饲料氨基酸的降解率·····	(228)
五、饲料蛋白质瘤胃降解率的评定·····	(229)
第二节 内源氮·····	(233)
一、内源尿素再循环氮·····	(233)
二、内源蛋白质·····	(234)
第三节 瘤胃微生物蛋白质和氨基酸·····	(235)
一、瘤胃微生物对能量的需要及微生物蛋白质产生量的预测·····	(236)
二、瘤胃微生物对氮源的需要·····	(239)
三、瘤胃微生物对日粮降解氮的利用效率·····	(240)
四、瘤胃中能量与降解氮的平衡·····	(243)
五、瘤胃微生物蛋白质的氨基酸组成·····	(244)
六、瘤胃微生物蛋白质和氨基酸的小肠消化率·····	(246)
第四节 瘤胃微生物对外源尿素氮的利用·····	(247)
一、意义·····	(247)
二、尿素在瘤胃中的分解与氨浓度·····	(248)
三、瘤胃可发酵能与非蛋白氮转化效率的关系·····	(249)
四、尿素有效用量的原理及计算·····	(250)
五、尿素氨释放速度的调控·····	(250)
六、尿素中毒·····	(254)
第五节 饲料非降解蛋白质和氨基酸·····	(254)
一、饲料氨基酸瘤胃降解前后的比例·····	(254)
二、饲料瘤胃非降解蛋白质的小肠消化·····	(256)
第六节 蛋白质的需要·····	(259)
一、维持的蛋白质需要·····	(259)
二、泌乳的蛋白质需要·····	(261)
三、增重的蛋白质需要·····	(263)
四、产奶反刍家畜体重变化的蛋白质需要·····	(267)
五、产毛的蛋白质需要·····	(268)
六、妊娠的蛋白质需要·····	(268)
第七节 氨基酸营养·····	(269)
一、瘤胃微生物与动物产品氨基酸组成的比较·····	(270)
二、饲料蛋白质来源对乳蛋白和乳产量的影响·····	(271)
三、小肠氨基酸的组成及估测·····	(272)
四、限制性氨基酸·····	(274)
五、奶牛的赖氨酸和蛋氨酸需要·····	(275)
六、蛋氨酸对调节肝能量代谢的作用·····	(280)
七、氨基酸营养的应用·····	(280)
第八节 肽营养·····	(280)
一、概述·····	(280)

二、瘤胃寡肽的代谢利用动态变化	(282)
三、绵羊小肠寡肽的吸收	(283)
四、肽吸收后的利用和代谢	(287)
五、今后研究展望	(287)
第九节 反刍动物蛋白质周转及其调控	(288)
一、反刍动物蛋白质代谢的动态观	(289)
二、蛋白质周转的涵义及其营养生理意义	(290)
三、蛋白质周转速率测定方法	(291)
四、蛋白质周转的调控	(294)
参考文献	(297)
第五章 碳水化合物营养	(307)
第一节 饲料中的碳水化合物	(307)
一、单糖	(308)
二、寡糖	(310)
三、多糖	(311)
第二节 碳水化合物在瘤胃中的发酵	(328)
一、反刍动物的消化系统	(328)
二、瘤胃微生物	(329)
三、瘤胃对碳水化合物发酵和挥发性脂肪酸的影响	(331)
四、影响瘤胃发酵、VFA 产生量和比例的因素	(337)
第三节 饲料纤维的营养调控作用	(349)
一、饲料纤维对采食量、咀嚼和反刍的影响	(350)
二、饲料纤维对瘤胃发酵的调控作用	(351)
三、饲料纤维对消化、生产性能和健康的影响	(352)
第四节 反刍动物对饲料纤维的需要量	(352)
第五节 促进纤维消化的现代技术和方法	(354)
一、通过现代植物育种技术改进饲料纤维消化	(354)
二、利用遗传工程改造降解纤维的微生物	(355)
三、调控纤维水解菌产生 VFA 的比例	(356)
四、拓展纤维消化的机会和研究领域	(357)
第六节 挥发性脂肪酸与营养	(358)
一、VFA 产生量的评定	(358)
二、VFA 的吸收和代谢	(361)
第七节 碳水化合物在小肠中的消化率及转化为体脂肪的效率	(364)
一、碳水化合物在后段消化道的消化	(364)
二、反刍动物对葡萄糖的需要	(368)
三、体内葡萄糖的转化	(370)
四、幼年反刍动物的葡萄糖代谢	(377)
五、提高挥发性脂肪酸利用效率的营养调控途径	(378)

参考文献	(383)
第六章 脂肪营养	(392)
第一节 脂肪的种类与功能	(392)
一、真脂肪	(392)
二、糖脂	(397)
三、磷脂	(397)
四、蜡	(399)
五、类固醇和萜	(399)
六、萜	(401)
第二节 脂肪的消化吸收与代谢	(401)
一、脂肪在瘤胃的消化吸收	(401)
二、脂肪在肠道的消化与吸收	(403)
三、脂肪的合成	(404)
四、脂肪的分解	(408)
第三节 多不饱和脂肪酸营养	(409)
一、基本概念	(409)
二、多不饱和脂肪酸的代谢、互作和来源	(410)
三、必需脂肪酸的营养生理功能和缺乏症	(411)
第四节 日粮脂肪与反刍动物生产	(411)
一、日粮脂肪与瘤胃消化	(411)
二、日粮脂肪与乳畜生产	(412)
三、日粮脂肪与肉畜生产	(417)
第五节 共轭亚油酸的生物合成与营养调控	(418)
一、共轭亚油酸的生物合成	(419)
二、影响乳脂中共轭亚油酸含量的日粮因素	(420)
参考文献	(421)
第七章 矿物质营养	(423)
第一节 常量元素营养	(424)
一、钙	(424)
二、磷	(428)
三、钙磷营养失调	(433)
四、镁	(435)
五、钾、钠、氯	(438)
六、硫	(444)
第二节 微量元素营养	(447)
一、钴	(447)
二、铜	(449)
三、碘	(453)
四、铁	(457)

五、锰	(459)
六、钼	(461)
七、硒	(463)
八、锌	(467)
第三节 其他微量元素	(471)
一、铬	(471)
二、镍	(473)
三、硅	(473)
四、铝	(474)
五、砷	(474)
六、钛	(475)
七、钒	(475)
第四节 有毒矿物元素	(476)
一、镉	(476)
二、氟	(477)
三、铅	(478)
四、汞	(479)
参考文献	(480)
第八章 维生素营养	(484)
第一节 脂溶性维生素	(484)
一、维生素 A	(484)
二、维生素 D	(489)
三、维生素 E	(493)
四、维生素 K	(497)
第二节 水溶性维生素	(499)
一、硫胺素	(499)
二、核黄素	(501)
三、烟酸	(502)
四、生物素	(504)
五、泛酸	(506)
六、叶酸	(507)
七、维生素 B ₁₂	(509)
八、维生素 C	(511)
九、胆碱	(512)
参考文献	(514)
第九章 同位素示踪技术在反刍动物营养研究中的应用	(516)
第一节 同位素示踪技术的原理与方法简介	(516)
一、同位素示踪技术的原理	(516)

二、同位素示踪技术的优点和局限性·····	(517)
三、原子核物理的基本概念·····	(518)
四、放射性测量方法·····	(520)
五、稳定性同位素的测量·····	(521)
第二节 物质代谢动力学分析·····	(522)
一、单室模型分析·····	(523)
二、多室模型分析·····	(527)
三、启动注入 (priming the pool) 剂量的确定·····	(531)
第三节 同位素示踪技术应用举例·····	(532)
一、蛋白质代谢·····	(533)
二、测定能量代谢的双标记水方法·····	(538)
三、食糜流通量的同位素双标记物测定·····	(543)
参考文献·····	(547)
第十章 反刍动物营养实验技术·····	(548)
第一节 人工瘤胃技术·····	(548)
一、人工瘤胃技术概述·····	(548)
二、短期人工瘤胃发酵装置测定瘤胃产气量·····	(549)
三、持续动态人工瘤胃发酵系统·····	(550)
四、持续动态人工瘤胃发酵系统 RS I ~ II·····	(552)
第二节 消化道瘘管法·····	(557)
一、瘘管的式样·····	(557)
二、手术前的准备·····	(559)
三、施术动物麻醉·····	(561)
四、手术操作·····	(562)
五、瘘管动物的术后护理和维护·····	(563)
第三节 血管导管法·····	(564)
一、导管的材料与维护·····	(564)
二、血管导管的制作·····	(565)
三、导管的安装·····	(567)
第四节 瘤胃饲料营养物质降解率测定的瘤胃尼龙袋法·····	(571)
一、原理·····	(571)
二、动态降解率的测定·····	(572)
三、待测饲料瘤胃流通速度的测定·····	(575)
第五节 饲料养分小肠消化率评定技术·····	(575)
一、体内法·····	(576)
二、半体内法·····	(578)
三、实验动物模拟法·····	(578)

四、体外法.....	(579)
第六节 饲料纤维分析.....	(580)
一、纤维分析方法的演化历史及其评述.....	(580)
二、洗涤纤维分析体系.....	(584)
三、纤维的酶法分析.....	(590)
参考文献.....	(595)

第一章 瘤胃微生物

在反刍动物的瘤胃内栖息着复杂、多样、非致病的各种微生物，包括瘤胃原虫、瘤胃细菌和厌氧真菌，还有少数噬菌体。但幼畜出生前其消化道内并无微生物，出生后从母体和环境中接触各种微生物，但是经过适应和选择，只有少数微生物能在消化道定植、存活和繁殖，并随着幼畜的生长和发育，形成特定的微生物区系。因此，反刍动物瘤胃选择了其特定的微生物区系，这些微生物选择了瘤胃的环境，这种选择最典型的例子是只有反刍动物和单胃草食动物消化道才有厌氧真菌。

经过长期的适应和选择，微生物和宿主之间、微生物与微生物之间处于一种相互依赖、相互制约的动态平衡系统中。一方面，宿主动物为微生物提供生长环境，瘤胃中植物性饲料和代谢物为微生物提供生长所需各种养分；另一方面，瘤胃微生物帮助消化宿主自身不能消化的植物物质，如纤维素、半纤维素等，为宿主提供能量和养分。因此，对瘤胃微生物的研究，在很大程度上对生产实践具有重要的经济意义。

回顾瘤胃微生物的研究历程，从1843年Gubry和Delaford在反刍动物的瘤胃内发现微生物时起，一直延续到20世纪初，由于受到研究条件和技术的局限性，许多研究者主要从事形态、分类的研究工作（Hungate, 1966）。我国学者熊大仕（Hsiung T. S.）早在20世纪30年代，就开始这方面的研究工作，尤其对瘤胃纤毛虫的形态和分类进行了很多的研究。1940年以后，瘤胃微生物在宿主内的消化作用才被证实。1948年英国学者Elsden和Phillipson基于对动物生理的研究，阐明了在反刍动物营养中，微生物发酵产生挥发性脂肪酸的重要性。同期，Hungate等人在瘤胃微生物的形态、生理以及区系划分等方面做出了很大贡献。20世纪70年代以来，电子显微镜在微生物研究领域的应用，使人们更深入了解到微生物的亚细胞结构与功能之间的关系，并使过去在微生物系统分类方面存在的许多分歧得到了很好的解决。

研究瘤胃微生物的目的，不仅是为了了解它们的形态、生理、繁殖、地理分布、种群之间相互制约及与宿主之间的相互依赖关系，而且近年来通过反刍动物胃肠瘘管技术，瘤胃微生物的分离、培养和分子生物学研究以及瘤胃生态的人工模拟等技术，希望更多地掌握瘤胃代谢和微生物相互之间的关系，为合理应用饲料、开辟新的饲料资源提供科学依据。瘤胃中微生物种类繁多、功能各异，本章介绍其中主要的微生物。

第一节 瘤胃细菌和产甲烷菌

在瘤胃微生物中细菌种类最多，同种细菌在瘤胃中又有多种作用，本节主要根据它们在瘤胃中的功能分类来介绍主要的瘤胃细菌和产甲烷菌。

一、纤维降解细菌

1. 瘤胃球菌 (*Ruminococcus*)

黄色瘤胃球菌 (*R. flavefaciens*) 和白色瘤胃球菌 (*R. albus*) 均为严格厌氧型革兰氏阳性球菌, 直径 $0.7\sim 1.5\mu\text{m}$ 。黄色瘤胃球菌细胞革兰氏染色反应常发生变异而出现革兰氏阴性反应, 细胞常排列成长链, 产生黄色色素。白色瘤胃球菌革兰氏染色呈稳定的阳性反应, 常以成双球菌存在, 不产生黄色色素, 但菌落常呈白色。

白色瘤胃球菌和黄色瘤胃球菌广泛存在于草食动物胃肠道中, 而前者在瘤胃中的数量常大于后者。除此两种瘤胃球菌外, 在豚鼠肠道中还发现有其他瘤胃球菌, 其中 *R. bromii* 在瘤胃淀粉降解过程中起很大作用。

黄色瘤胃球菌和白色瘤胃球菌是瘤胃中主要的纤维降解菌, 能产生大量的纤维素酶和半纤维素酶, 其中主要为木聚糖酶。黄色瘤胃球菌产生的木聚糖酶属于结构极其复杂的复合酶体, 该菌还能产生多种内切葡聚糖酶和一种外切葡聚糖酶。很多黄色瘤胃球菌菌株都能降解那些通常难降解的、坚韧的纤维, 如棉花纤维, 而白色瘤胃球菌中有些不是纤维降解菌。这些瘤胃球菌都能利用纤维二糖, 白色瘤胃球菌优先利用纤维二糖, 然后利用葡萄糖, 但是黄色瘤胃球菌通常不能利用葡萄糖。黄色瘤胃球菌和白色瘤胃球菌降解半纤维素和果胶的程度通常受生长底物的影响。黄色瘤胃球菌的主要发酵产物为琥珀酸、乙酸和甲酸, 还有少量的氢气、乙醇和乳酸。白色瘤胃球菌几乎不产生琥珀酸, 但可产生大量的氢气和乙醇, 有的菌株可产生乳酸。

黄色瘤胃球菌和白色瘤胃球菌的生长都需要异戊酸、异丁酸和生物素。很多白色瘤胃球菌还需要 2-甲基丁酸。许多瘤胃球菌需要苯丙氨酸和吡哆胺, 有的需要硫胺素、核黄素和叶酸。很多菌株需要氨, 氨的利用优先于氨基酸。

白色瘤胃球菌可产生细菌素, 对黄色瘤胃球菌具有抑制作用。瘤胃球菌属细菌产生的一些代谢物还可抑制瘤胃真菌降解纤维。但是, 瘤胃球菌对离子载体抗生素如莫能霉素很敏感。

2. 产琥珀酸丝状杆菌 (*Fibrobacter succinogenes*)

过去称产琥珀酸拟杆菌 (*Bacteroides succinogenes*), 因种群发生关系上与拟杆菌相差较远, 故被重新命名 (Montgomery et al., 1988)。第一次分离主要是杆状, 继续培养变成球状、卵状。长度 $1.0\sim 2.0\mu\text{m}$, 直径 $0.3\sim 0.4\mu\text{m}$ 。大多呈单体存在, 也成对或短链状、玫瑰花团状排列。是严格厌氧型革兰氏阴性菌。长时间培养, 细胞易迅速死亡。

产琥珀酸丝状杆菌在瘤胃中普遍存在, 具有很强的降解纤维素的能力, 是瘤胃中主要的纤维降解细菌, 但该菌不能降解木聚糖。产琥珀酸丝状杆菌产生大量的多糖酶 (见第六节)。其纯培养菌具有很强的降解结构性坚韧物质 (如秸秆) 的能力, 能够降解一些不被黄色瘤胃球菌降解的某些同质异晶体纤维素, 发酵产物通常为乙酸和琥珀酸。该菌的生长必需戊酸和异丁酸, 也常需要生物素和对氨基苯甲酸。脂肪酸主要用来合成磷脂, 异丁酸用来合成脂肪醛和支链 C_{16} 及 C_{14} 脂肪酸, 戊酸转化成脂肪醛和直链 C_{13} 及