

反刍动物瘤胃的 消化和代谢

韩正康 陈 杰 编著

Q482
H2K

科学出版社

112259

反刍动物瘤胃的 消化和代谢

韩正康 陈 杰 编著

内 容 简 介

本书介绍反刍动物瘤胃的消化和代谢的生理学和生物化学。全书共12章,内容包括反刍动物复胃的解剖结构和生长发育特点,瘤胃微生物及其生存环境,饲料各种营养成分在瘤胃内的消化、代谢和吸收,瘤胃发酵及其控制,瘤胃代谢与机体代谢的关系,不同饲养管理条件下瘤胃内消化代谢的变化及其异常等。全书资料较新、较全,讨论问题也较深入,并紧密联系畜牧、兽医生产实践。

本书可供农业院校畜牧、兽医和生物学系师生以及有关科技工作者参考。

反刍动物瘤胃的消化和代谢

韩正康 陈 杰 编著

责任编辑 姜朋逊

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1988年5月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1988年5月第一次印刷 印张: 7 7/8

印数: 0001—4,300 字数: 178,000

ISBN 7-03-000336-5/Q · 64

定价: 2.50元

序

哺乳动物经过长期进化，根据消化器官的结构和生理机能，发展为具有复胃的反刍动物和单胃非反刍动物两大类。牛、羊等反刍家畜遍布世界各地，数量甚多，成为人类肉、乳、毛畜产品的最主要给源。

反刍家畜能摄取大量草料并将其转化为营养丰富的畜产品，这主要靠瘤胃（包括网胃）内复杂的消化代谢过程。在瘤胃内微生物的作用下，饲料内约70—80%的可消化干物质和约50%粗纤维在瘤胃内消化，再经代谢过程产生挥发性脂肪酸（VFA）以及合成蛋白质和B族维生素等，这些代谢产物均可供机体利用。因此，瘤胃的消化代谢在反刍家畜机体的生命活动中，占有特别重要的地位。

但是，由于瘤胃内微生物种群非常复杂，并随内外界环境而变动，因此，形成独特的生态体系。微生物种群之间以及与宿主机体之间通过生理和生化的消化代谢过程相互联系和相互制约，构成错综复杂的关系，早已引起微生物学家和动物生理学家的注意，随着现代科学技术的迅速发展，这一被长期视为深奥玄秘的研究领域的大门，才被微生物学家、动物生理学家和生物化学家的协同努力逐步叩开，出现了所谓的瘤胃学(Ruminology)这一崭新的学科。对瘤胃的研究不仅由于学术上的兴趣，更重要的还是由于生产上的应用价值，鼓励着有关学科的科研工作不断的探索。

研究方法决定了研究内容，新的研究方法推动着学科的发展，对瘤胃的消化代谢研究也是如此。目前主要通过反刍

动物活体内 (in vivo) 和活体外 (in vitro) 两种途径来进行微生物学的、动物生理学的和生物化学等方面的研究。

1. 活体内试验——在动物的左腹部瘤胃背囊装置永久性瘤胃瘘管，根据动物种别及研究目的，可以装置固定的塑胶（或橡胶）套管、广口的活动瘘管或气垫式瘘管。通过瘘管可以采取瘤胃内容物样品作微生物学研究或生物化学分析。近年来普遍应用尼龙绢袋法 (nylon bag method)，内装饲料样品悬置于瘤胃内容物中，经一定时间后取出分析其营养成分，以测定瘤胃的消化力。在测定饲料蛋白质的降解率时，尼龙绢袋一般在瘤胃内悬置数小时（2—9小时）；在测定饲料的纤维素消化率时，历时1—3昼夜。此外，还应用不被消化吸收的物质（如聚乙二醇，PEG）作为标记物，以测定瘤胃液容积及流量。

2. 活体外试验——采取新鲜瘤胃食糜或瘤胃滤液，在模拟瘤胃条件（如乏氧、温度、水分、酸碱度、营养成分等）装置的器皿中进行温育，所以又称人工瘤胃法。根据研究目的，人工瘤胃由简单的试管（或烧瓶）至自动控制的连续发酵的专门装置，有多种型式。瘤胃液培养时间也自数小时至数天甚至数月不等。由于人工瘤胃内各种条件可以控制，所以便于作分析性研究，与活体内研究起互为补充的作用。无论何种型式的活体外试验，人工瘤胃装置必需具备下列基本条件：1）微生物生活繁殖所需的充分水分和营养物质，2）适宜的温度（约38.5—39.5℃），3）适宜的酸碱度（pH 6—7），4）乏氧的环境，5）间歇性搅拌内容物。因此，培养基质包括谷物、草粉、尿素等，并且继续间歇地输入以供给微生物基本营养需要；培养基质中还含有缓冲物质（如碳酸氢钠等）以中和发酵所产生的有机酸，稳定pH值范围；为保证高度乏氧环境，人工瘤胃一般充满CO₂-

或氮气。发酵所产生的代谢产物（如乳酸、VFA、氨等）达到一定浓度时，会抑制微生物的繁衍，所以长期体外试验时，必须将代谢产物经常予以排除。一般通过半渗透器皿不断渗失或发酵溢出法间歇地流失，以维持微生物繁殖所需的适宜的pH值水平。

我国反刍家畜的种类较多，有牛、水牛、牦牛、绵羊、山羊、骆驼等，近年更出现新兴的养鹿业。随着国民经济的蓬勃发展，人们的食品营养结构也逐步发生变化，对乳、肉的需求日益增加，这就要求提高我国现有反刍家畜的质量和水平。我国拥有广大的草地，是发展草食家畜主要是反刍家畜的重要条件。农区还有大量的作物秸秆等农副产品，经牛、羊消化利用后，可转化为数以千万吨计的肉、乳、毛皮以及充沛的生物能源——畜力、粪肥和沼气。发展反刍家畜畜牧业除了上述基本条件外，当然还需依靠科学技术，其中关于瘤胃消化代谢的科学知识，可为合理饲养管理及提高饲料利用效率作出贡献。例如，对瘤胃氮代谢特殊规律性的认识，就为应用尿素、铵盐等作为日粮添加剂代替饲料蛋白质成为现实。既开辟了新的饲料来源，还降低了生产成本。我国目前对瘤胃消化代谢这一领域的研究，还处于萌芽时期，也未见专门书籍问世。为此，我们在以主要根据国外文献资料为研究生开课的讲义基础上，补充我们研究室近年来在水牛、乳牛、绵羊、山羊等一些有关反刍动物瘤胃的研究资料，编写成这本书以供从事畜牧、兽医教学、科研、生产的同志们参考，也为比较消化生理学提供一些材料。

目 录

序

第 一 章	反刍动物复胃的解剖结构和生长发育特点.....	(1)
第 二 章	瘤胃内微生物及其生存环境.....	(16)
第 三 章	瘤胃内碳水化合物代谢.....	(49)
第 四 章	瘤胃内含氮物的代谢.....	(80)
第 五 章	瘤胃内脂类的消化代谢.....	(95)
第 六 章	瘤胃内无机盐代谢.....	(111)
第 七 章	维生素.....	(133)
第 八 章	瘤胃发酵及其控制.....	(140)
第 九 章	吸收.....	(155)
第 十 章	瘤胃的消化代谢与机体代谢的关系...	(167)
第十一章	不同饲养管理条件下瘤胃内消化代谢的变化.....	(190)
第十二章	瘤胃消化代谢的异常.....	(218)

第一章 反刍动物复胃的解剖结构 和生长发育特点

一、解剖结构特点

反刍动物的胃为复胃，分瘤胃、网胃、瓣胃和皱胃四个室。前三个室的粘膜没有腺体分布，相当于单胃的无腺区，合称前胃。皱胃粘膜内分布消化腺，机能与一般单胃相同，所以又称真胃（图1-1）。

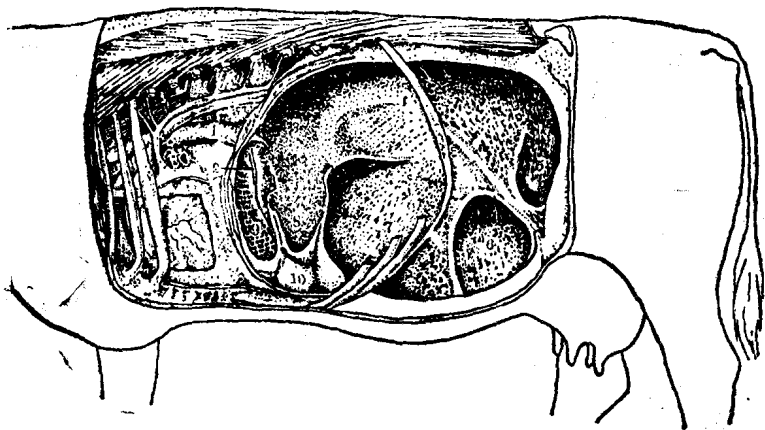


图1-1 牛的内脏（左侧）

- 1.食管；2.食管沟；3.瘤胃前庭；4.瘤胃背囊；5.后背盲囊；
6.后腹盲囊；7.瘤胃腹囊；8.前腹盲囊；9.网胃；10.皱胃
（自内蒙农牧学院等主编：《家畜解剖学》，1978）

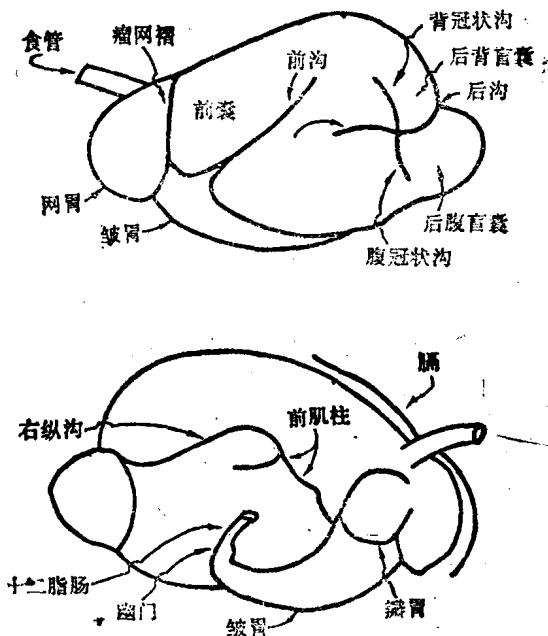


图1-2 绵羊的胃简图 (自D.C.Church, 1976)

(一) 瘤 胃

成年反刍动物的瘤胃庞大，大型牛约140—230升，小型牛约95—130升，几乎占据整个腹腔的左半，约为四个胃总容积的80%。瘤胃呈椭圆形，前后稍长，左右略扁，前端与第7—8肋间隙相对，后端达骨盆口。左侧面（壁面）与脾、膈及左腹侧壁相接触，右侧面（脏面）紧贴瓣胃、皱胃、肠、肝及胰等。

瘤胃的前端和后端有凹陷的前沟和后沟；左、右侧面各有较浅的纵沟，在瘤胃壁内面与这些沟对应部位为肌柱围成环

状,将瘤胃分为背囊和腹囊两大部分。在背囊和腹囊的前后端以肌柱分别形成前背盲囊、后背盲囊、前腹盲囊和后腹盲囊。

瘤胃与网胃间的通路很大,称为瘤网口,它的背侧形成穹窿,称为瘤胃前庭,经贲门与食管相通。

瘤胃壁由粘膜、肌层和浆膜三层构成。粘膜呈棕黑色或棕黄色,表面有无数密集的角质化乳头。牛的乳头长约1厘米(羊约0.5厘米)(图1-4)。粘膜衬以复层扁平上皮。肌层很发达,内层为环行肌,外层为纵行肌或斜行肌。

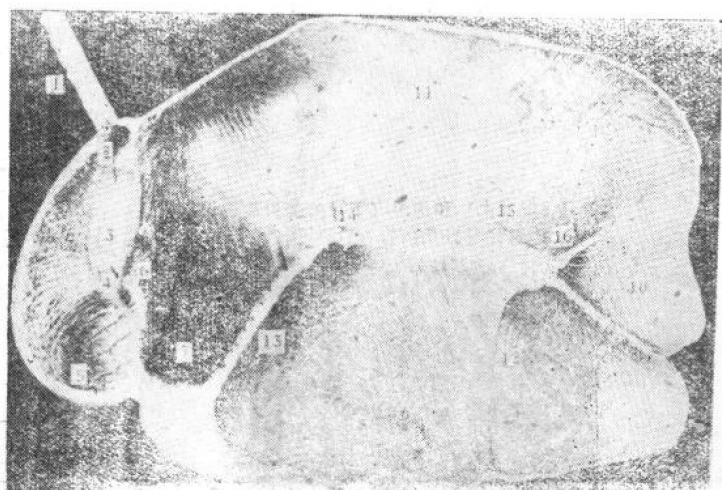


图1-3 牛的瘤胃内面(自Benevenga等, 1969)

- 1.食管; 2.贲门; 3.食管沟; 4.网瓣孔; 5.网胃;
- 6.瘤网褶; 7.瘤胃前囊; 8.瘤胃腹囊; 9.后腹盲囊;
- 10.后背盲囊; 11.背囊; 12.腹冠状肌柱; 13.前肌柱;
- 14, 15.纵肌柱; 16.背冠状肌柱

(二) 网 胃

网胃位于瘤胃前方,紧贴膈后,在四个胃中最小,成年牛约占四个胃总容积的5%。网胃的上端有瘤网口与瘤胃背

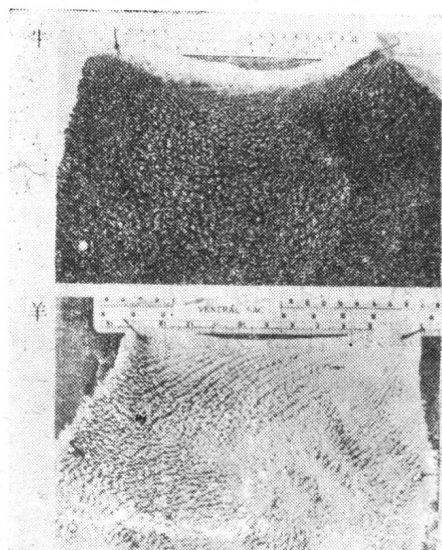


图1-4 牛(上)和绵羊(下)的瘤胃腹囊的粘膜乳头(在前肌柱附近取样)(自D.C.Church, 1976)

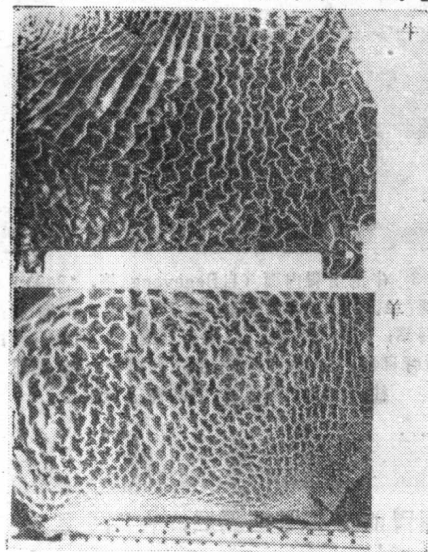


图1-5 牛(上)和绵羊(下)的网胃内面(自D.C.Church, 1976)

囊相通，瘤网口下方有网瓣孔与瓣胃相通。粘膜形成许多网格状皱褶，形似蜂巢，布满角质化的乳头（图1-4，1-5）。

在网胃壁上有食管沟，起自贲门，沿瘤胃前庭和网胃右侧壁向下延伸至网瓣孔。沟两侧隆起的粘膜褶，为食管沟唇。

犊牛的食管沟很发达，吮吸乳汁时通过反射性调节闭合成管，因此乳汁可由贲门经食管沟、瓣胃直达皱胃。成年时食管沟机能退化，闭合不全。

（三）瓣 胃

瓣胃呈球形，很坚实，位于右季肋部、网胃与瘤胃交界处的右侧。瓣胃的上端经网瓣孔与网胃相通，下端有瓣皱口通皱胃。瓣胃粘膜形成80—100余片新月状瓣页，有规律地相间排列，从切面看很象一叠“百页”，所以民间又叫“百页肚”。瓣页间充满较干燥的饲料细粒。

瓣胃底壁沿小弯部分，由于瓣页的边缘游离，形成瓣胃沟，可直接沟通网胃和皱胃，液体和细粒饲料可由网胃经瓣胃沟直接进入皱胃。

（四）皱 胃

皱胃呈长梨形，位于右季肋骨和剑状软骨部，与腹腔底部紧贴。皱胃前端粗大，称胃底与瓣胃相连，后端狭窄，称幽门口，与十二指肠相接。

皱胃的粘膜形成12-14片螺旋形大皱褶。粘膜被复腺上皮，能分泌胃液。粘膜根据分布腺体不同可分为三区：围绕瓣皱口的小区称为贲门腺区，近十二指肠的小区称幽门腺区，中部为胃底腺区。

二、胃的生长发育特点

(一) 胎儿期发育

反刍动物胎儿期复胃由舒张的长纺锤形的原肠 (primitive gut)，经各部分一致而起分化的发育而成。以牛的胚胎为例，28天时（胚胎长度约9.5毫米）胃明显形成。36天（14.7毫米）时，上皮变化出现成年胃区的发育。迅速发育至约56天（50毫米）时，可见明确的胃囊（Warner, 1958）。Becker和Marshall（1951）发现在胎儿早期，复胃各室中以瘤胃最大；但约5月胎龄时，皱胃一般更重些；出生时皱胃占复胃总重的47%，瘤胃乳头长约1毫米。胎儿72—100天时，网胃的蜂巢状结构发育；胎儿早期瓣胃相当的大，但在以后阶段并不继续迅速增大。瓣胃乳头发育缓慢。

绵羊复胃分区于胚胎长度仅9毫米时已可分辨，网-瘤胃和皱胃于第20—24天和瓣胃于43天可以区分。第46天，瓣胃壁形成瓣页。100天前前胃上皮表面光滑，并无乳头可见，而是典型的复层上皮。70天时可见网胃若干皱折，100天时有清楚的网胃凸纹轮廓，出生时蜂巢状结构充分发育。瓣胃的瓣页结构于70天时明显形成。

据Wallace（1948）研究羔羊胎儿发育，第56天时，瘤胃约占复胃总重的45%；于140天时相对重量降至26%，其他部分为网胃14—10%，瓣胃24—8%，皱胃17—56%。

在同一种别内，胎儿胃的发育可相对的均匀，因为子宫内环境比较稳定。母体的大小、品种、营养水平及健康可能会影响胎儿胃的发育，但尚缺乏足够的研究资料予以证实。环境因素也将影响母体，从而改变胎儿若干发育变化，不过

可能影响不大。

(二) 出生后胃的发育

反刍动物出生后胃的分化发育持续一段时间，并受种别、日粮和营养等因子而起变化。

1. 腹腔内位置 Benzie和Phillipson(1957)应用X射线透视研究山羊羔、绵羊羔和犊牛的复胃发育，发现出生时瘤胃和网胃与皱胃比较均较小，但出生后这些器官发育相当迅速。出生后数小时，山羊羔和犊牛的皱胃为紧贴膈的囊状器官，长轴为背腹走向。出生后开头3周，山羊皱胃保持其原来位置，当其背腹面充满时，可见位于身体左侧胃体，从膈向后伸展至腹腔三分之一。幽门区略偏右侧，幽门向上接十二指肠。皱胃容积增大速率远比瘤胃缓慢，全部位于体躯右侧，大小随胃内容物充盈程度而变异，后端没有固定的界限。幽门本身所占位置不能有较大变动，而主要是胃体部变动较大。

Tamate等(1962)曾研究正常饲喂(乳、精料、干草)的乳牛犊的复胃发育。早在4周龄时网-瘤胃迅速发育，8周龄时占据整个腹腔左半侧(皱胃体前部占一小区除外)，并延伸至右后半，瘤胃后端伸展至第5腰椎对侧或盆腔内，12周龄时瘤胃腹囊低部向下到达腹腔底部。网胃首先向后方伸展，未见瓣胃广泛发育。相对小的皱胃位于腹底壁和瘤胃腹囊之间。8周龄时向后扩展至第三腰椎，但12周龄时仅至第二腰椎，变成局限于大部分腹腔右半侧以适应于瘤胃的扩大。

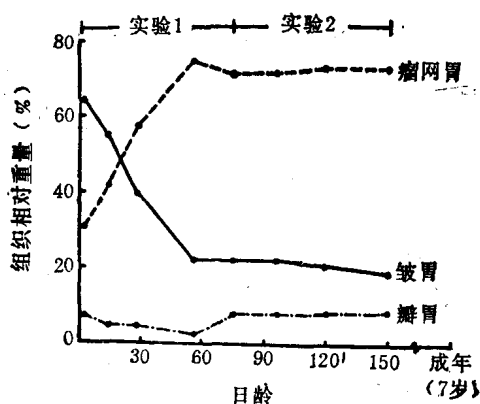
2. 正常的发育变化 反刍动物复胃各室的分化发育，已有一些研究，牛(*Bos Taurus*)的资料引述于表1-1。

表1-1 牛胃各室组织重所占的百分率(%)

胃室	周龄	0	4	8	12	16	20—26	34—38
网-瘤胃		38	52	60	64	67	64	64
瓣胃		13	12	13	14	18	22	25
皱胃		49	36	27	22	15	14	11

表1-1资料表明当动物采食干料后,网胃和瘤胃开始迅速增大,皱胃虽然绝对大小未曾变小,而相对大小逐渐减小。瓣胃发育缓慢,达到相对成年大小的时间比网胃或瘤胃长。犊牛的瘤-网胃于8周龄前相对生长最快,大概12周龄时达到相对成年大小,但有人认为6—9月龄时才达到相对成年大小(Blaxter等,1952)。

牛的瓣胃之相对大小增加一直至36—38周龄,而皱胃相对大小仍继续降低。羔羊于30日龄时达到其相对成年大小。



(自Oh等, 1972)

7—30天期间瘤胃生长非常显著，而8周龄时达到相对成年大小。8或9周龄时瓣胃仍较小，而皱胃已达相对成年大小，如图1-6所示。

山羊复胃的发育于7—9月龄时达到相对的完全。水牛与牛相似。鹿的复胃发育时间稍长，有报道瘤胃于3—4月龄时达到相对成年大小，而皱胃为4月龄。上述不同种别的研究表明，妊娠期与复胃发育所需时间呈正相关，复胃发育与正常的哺乳期时间大概也有相关性(表1-2)。

3. 胃的容积 应用排水法测定，反刍家畜的复胃容积大型牛为160—250升，山羊为10—22升。成年牛的复胃各室内内容物分布情况，据Warner和Flatt (1965) 资料，瘤-网胃占81—87%，瓣胃10—14%，皱胃3—5%。绵羊则相应分别为88—93%，2%和5—10%。15周龄的犊牛胃内容物各室分布分别为86%、7%和7%，与成年牛相似(Chandler等，1964)。饲喂各种粗料类型的10—13周龄犊牛，胃内容物瘤-网胃占79—92%，瓣胃3.4—11.3%，皱胃1.9—10.6%，瘤-网胃内容物占体重13.8—25.6% (Hodgson1973)，而喂液料的16周龄犊牛，仅约占体重的10%。至于瓣胃，有报道犊牛由10日龄增至150日龄时，该室容积增加60倍。

新生犊牛的瘤-网胃为0.5—1.6升，皱胃占胃总容积的56—62%；6周龄时瘤-网胃占胃总容积的56—61%；12—16周龄时达到成年牛的水平，即自由采食情况下为36升/100公斤体重。

羔羊的瘤-网胃内容物，由21日龄时191克，77日龄时增至1408克，即相对容积增加6—8倍，或绝对容积增加15—25倍。瘤网胃内容物占活重的百分率随年龄增长而递增：21日龄时2.5%，28日龄时3.9%，35日龄时4.6%，42日龄时8.6%，以及77日龄时15.9% (Walker和Walker, 1961)，3周

表1-2 反刍动物胃组织重随年龄增长变化

动 物	年 龄	复胃各室所占百分率 (%)			
		网 胃	瘤 胃	瓣 胃	皱 胃
水牛 ^a	8周	59		7	34
	6周	65		8	27
	9周	69		11	16
	12周	68		14	17
	15周	69		15	16
绵羊 ^b	7天	7—8	22—23	5—6	64—65
	9天	8	24	8	60
	14天	6—8	28—29	4—5	58—60
	20—21天	9—10	45—46	5—6	33—40
	28—30天	11—12	44—51	5—6	33—39
	40—42天	10—11	57—60	4—5	26—29
	56—57天	10—11	64—65	5—6	18—20
	62—63天	11	60—62	5—6	22—23
	成年	11	62	5	22
鹿 ^c	0天	6	23	6	65
	14天	8	31	6	55
	1月	8	53	4	35
	2月	9	62	6	23
	8月	6	71	4	17
	4月	7	77	5	11
	成年	6	74	8	12

a. Singh等(1973), 喂乳8周, 然后喂精料-干草(1:1)。

b. Church 综合资料。

c. Short(1964)。