

家兔营养 第2版

Nutrition of the Rabbit 2nd Edition

[西] Carlos de Blas [英] Julian Wiseman 主编
唐良美 主译

 中国农业出版社

家兔营养

第2版

[西] Carlos de Blas [英] Julian Wiseman 主编
唐良美 主译

中国农业出版社

Nutrition of the Rabbit, 2nd Edition

By Carlos de Blas, Julian Wiseman

© CAB International 2010

All Rights Reserved. This translation published under license.

本书简体中文版由 CAB International 授权中国农业出版社独家出版发行。本书内容的任何部分，事先未经出版者书面许可，不得以任何方式或手段复制或刊载。

北京市版权局著作权合同登记号：图字 01-2015-1825 号

图书在版编目 (CIP) 数据

家兔营养：第2版 / (西)布拉斯 (Blas, C. D.) ,
(英)威斯曼 (Wiseman, J.) 主编；唐良美主译. —北京：
中国农业出版社，2015.3

ISBN 978-7-109-20394-5

I. ①家… II. ①布…②威…③唐… III. ①兔-家畜营
养学 IV. ①S829.15

中国版本图书馆CIP数据核字 (2015) 第082868号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街18号楼)

(邮政编码100125)

责任编辑 郭永立 邱利伟 周晓艳

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2015年7月第1版 2015年7月北京第1次印刷

开本：700mm × 1000mm 1/16 印张：30.5

字数：440千字

定价：140.00元

(凡本版图书出现印刷、装订错误，请向出版社发行部调换)

译者名单

主译 唐良美

译者 文光华

徐载春

秦应和

我国家兔生产在历经近20年的高速增长，即家兔饲养量从1993年的2.9亿只到2012年突破7.0亿只后，步入了平稳、持续发展的新阶段。

近年来，伴随着“数量型”家兔规模化养殖在不少地区的快速发展，家兔生产的安全问题、效益低下问题日益显现出来，给我国家兔产业的稳定发展带来了一定程度的不利影响。为此，越来越多的科技人员、家兔养殖企业的经营管理人员认为，发展适度规模养殖，应更加注重以“安全、高效”为主要目标的集约化生产。

家兔集约化生产的成败，除需要标准品种外，家兔的饲养、营养技术水平更具决定性作用。面对我国兔产业发展进入转型升级的新时期，家兔生产尤其是肉兔生产的主体模式趋向于集约化的客观形势，充实和更新有关家兔饲养和营养的知识和技术，是广大兔业科技工作者和在生产一线的饲养管理人员的共同期盼。

CABI出版社于2010年出版的《家兔营养》（第2版），系由德布拉斯C.D（西班牙马德里理工大学）和J.威斯曼（英国诺丁汉大学）主编，参与撰写的学者均系世界各地该领域公认的杰出研究人员。《家兔营养》（第2版）共17章，除涉及家兔消化生理、各营养素的消化代谢及需要、营养和饲养策略与病理的相互作用等基础研究资料外，还汇集了饲料评定、配合与加工，集约化生产的饲养管理等应用技术研究和科普知识的系统资料。本版图书主要以肉兔、试验用兔为研究对象，同时对安哥拉兔、宠物兔的饲养和营养作了专题论述；另外，就“如何能够使消化紊乱的风险

最小化”，赋予“饲料转化率”定义的新内涵及提出了评价家兔健康状况和消化问题的“风险估计方法”等，均是值得我们特别关注的新亮点。

《家兔营养》(第2版)是我国全文翻译出版的有关家兔营养、饲养的第一本专著，它不仅比较全面地介绍了当前世界同类研究的动态与进展，还介绍了一些现代实用的饲料和饲养方面的实验室分析、测定方法和55种家兔常用饲料原料的化学成分和营养价值，并附有数百篇参考文献。在当下，该书无论是对我国从事家兔科研教学、还是从事生产一线管理的科技人员来说，均具有很高的实用价值。

参与《家兔营养》(第2版)翻译的专家，不仅具有坚实的畜牧专业基础和外语水平，更具无私奉献的责任心。文光华研究员，曾独立翻译出版《家兔营养生理学》；徐载春研究员，长期从事动物饲养营养的研究；秦应和教授，是国家兔产业技术体系首席专家。

主译 唐良美

2015年3月

译者序

1	家兔的消化系统	1
1.1	引言	1
1.2	家兔的消化系统	1
1.3	消化系统的形态和功能随年龄的变化	2
1.4	免疫应答的发育：肠道相关淋巴组织	8
1.5	肠道菌丛对营养物质消化和吸收的作用	9
1.6	食粪性	11
1.7	食粪性在生理学研究方法上的意义	15
1.8	通过速度	17
2	糖和淀粉的消化	28
2.1	单糖和低聚糖	28
2.2	淀粉	30
3	蛋白质的消化	57
3.1	家兔饲料中主要蛋白质饲料的某些特性	57
3.2	蛋白质和氨基酸的平衡	59
3.3	盲肠中的氮代谢	67
3.4	幼兔的蛋白质消化	70
3.5	软粪和蛋白质消化率	71

4	脂肪的消化	81
4.1	脂肪的化学结构和物理性质	81
4.2	家兔饲料中的脂肪	84
4.3	甘油三酯的消化和利用	85
4.4	分析方法对消化率测定的影响	86
4.5	脂肪含量和脂肪来源的影响	88
4.6	年龄、生理状态和营养水平的影响	90
5	纤维的消化	96
5.1	引言	96
5.2	动物饲料中饲粮纤维的定义、物理化学性质和分析	97
5.3	饲粮纤维在家兔消化道内的降解	106
6	能量和蛋白质的代谢与需要	121
6.1	能量单位及其测定方法	121
6.2	估计能量需要的方法	123
6.3	能量的代谢和需要	125
6.4	蛋白质单位及其测定	154
6.5	氨基酸的需要	158
6.6	蛋白质的沉积和氮的排出	160
7	矿物质、维生素和添加剂	177
7.1	兔的矿物质需要	177
7.2	家兔对维生素的需要	191
7.3	添加剂	204
8	饲料评定	225
8.1	饲料评定的单位	225
8.2	饲料评定的方法	227

8.3	家兔饲料的成分和营养价值	235
9	饲粮对兔肉品质的影响.....	245
9.1	兔肉品质	245
9.2	饲粮因素对肉质的影响	251
9.3	饲粮对兔肉安全的影响	259
10	营养和饲养策略与病理的相互作用.....	269
10.1	引言	269
10.2	评价健康状况的方法和消化问题的风险估计	270
10.3	与主要营养成分不平衡有关的问题	271
10.4	与饲粮化合物中毒水平有关的问题	285
10.5	水质和病理	289
11	饲料加工.....	302
11.1	引言	302
11.2	进料	304
11.3	粉碎	305
11.4	混合	309
11.5	液体添加	311
11.6	制粒	313
11.7	其他加工方法	319
11.8	饲料形态	321
11.9	质量控制	322
11.10	原料和饲料的检验	323
11.11	颗粒饲料质量	326
11.12	饲料标签	327
11.13	加工控制	327
11.14	携带污染的控制	330

11.15	危害分析与关键控制点	330
12	饲料配合	333
12.1	引言	333
12.2	纤维含量	334
12.3	纤维的类型	336
12.4	脂肪添加	337
12.5	最适蛋白能量比	338
12.6	氨基酸的需要	339
12.7	饲粮营养浓度的推荐	342
13	家兔的采食行为	350
13.1	引言	350
13.2	食粪行为	350
13.3	家兔的采食行为	351
13.4	家兔采食行为的外界调节因素	360
13.5	在可自由选择饲料环境下的采食行为	363
13.6	限制饲养环境下的采食行为	366
13.7	结论	370
14	集约化生产的饲养方法	379
14.1	引言	379
14.2	饲粮外形	380
14.3	饲料贮存	383
14.4	饲粮种类的数量	384
14.5	采食量和饮水量	385
14.6	不同种类家兔的实际饲养	386
14.7	饲料转化率	389

15	营养与气候环境	401
15.1	环境概述	401
15.2	等热区	403
15.3	热应激	408
15.4	饲料的营养价值与环境	409
15.5	营养供给量与环境	411
15.6	热应激对繁殖母兔及其仔兔的影响	414
15.7	热应激对公兔的影响	417
15.8	热应激对生长兔的影响	418
16	安哥拉兔的营养建议和饲养管理	430
16.1	引言	430
16.2	营养需要	431
16.3	饲养管理	438
16.4	结论	441
17	宠物兔的饲养和营养	443
17.1	引言	443
17.2	饲养管理	445
17.3	在生理学和解剖学上的考虑因素	448
17.4	饲料原料	451
17.5	营养需要	458
17.6	结论	468



1.1 引言

与其他畜种相比较，家兔的盲肠和结肠在消化系统中占有更为重要的地位（Portsmouth, 1977）。因为盲肠的微生物活动对于消化过程和营养物质的利用是非常重要的，而且对于消化道疾病的控制也是非常重要的。此外，吞食源自盲肠软粪的食粪行为，使盲肠的微生物在家兔营养物质的整体消化利用中具有更为重要的作用。为了满足营养需要，家兔还具有采食量高（每天每千克体重采食65~80g）和饲料迅速通过消化系统的功能。

生长兔必须经历一段从基本依靠母乳的摄入转变为只依靠固态饲料的适应期，才能使消化系统的整个功能发育成熟。这种适应过程不仅仅影响到消化过程，而且还影响到肠道微生物区系的建立和肠道消化疾病屏障机制的发育。本章的目的有两个：首先是对家兔消化系统的形态和功能特点给予一般性的简要介绍，这对于理解以后章节所说明的消化过程是重要的；其次是说明从断奶到成熟的这段时期，家兔消化系统形态和功能特点是如何变化的。

1.2 家兔的消化系统

家兔消化系统的第一个重要腔室是胃。它只有很薄的肌肉层，并且始终不会完全充盈。在吞食软粪之后，胃底部的功能相当于软粪的储存腔。胃液的分泌是不间断的，pH呈酸性。胃内pH的变化范围为1~5，

这取决于测定的部位(胃底部与贲门部、幽门部比较)(Gutiérrez等, 2002, 2003; Chamorro等, 2007; Orenge和Gidenne, 2007; Gómez-Conde等, 2009)、软粪存在与否(Griffiths和Davies, 1963)、距离采食的时间(Alexander和Chowdhury, 1958)及家兔的年龄(Grobner, 1982)。在以下情况下测得的pH最低(1~2.5):在贲门部、没有软粪时、采食后4h、胃内存有少量奶的3周龄以上仔兔(Orenge和Gidenne, 2007)。胃的容量占消化系统总容量的34%(Portsmouth, 1977)。胃经由长约3m的小肠与呈螺旋形的盲肠相连。小肠里有胆汁、消化酶和缓冲液, 小肠内的pH接近7(Vernay和Raynaud, 1975; Nicodemus等, 2002)。小肠是较为重要的消化部位, 通过其黏膜的被动或主动输送, 可以实现营养物质的吸收。回肠末端的消化率占到食物氨基酸和淀粉总消化率的80%~100%(Gutiérrez等, 2002; García等, 2005; Carabaño等, 2009)。

盲肠的特点是肌肉层薄, 其每千克内容物的干物质含量为200g, 盲肠内容物呈弱酸性(pH为5.4~6.8)(García等, 2002)。盲肠的容量大约占消化道总容量的49%(Portsmouth, 1977)。结肠可以分为两个部分, 即近侧结肠(约35cm)和远端结肠(80~100cm)。近侧结肠可进一步分为三段:第一段有三条纵肌带, 纵肌带之间形成结肠膨袋;第二段只有一条纵肌带, 结肠周径的一半为其覆盖;第三段或称肠钮(*fusus coli*), 既没有纵肌带, 也没有结肠膨袋, 但是肌肉层发达, 神经与血管分布丰富, 因而肠钮是结肠在硬粪形成阶段的起调调节器(Snipes等, 1982)。

还有其他的组织与肠道相关联。肠道相关淋巴组织(gut associated lymphoid tissue, GALT)和特化细胞(杯状或潘氏细胞, 分别分泌黏液和抗菌肽)的功能是调节肠道黏膜与微生物区系的相互作用, 形成对病原体的耐受和防卫机制。Forthun-Lamothe和Boullier(2007), Carabaño等(2008)对肠道屏障功能有过综述。

1.3 消化系统的形态和功能随年龄的变化

家兔在成熟之前各消化段的生长速度是不相同的。消化道的发育在

胎儿时期就已经开始。在出生时,胃和小肠是消化道的主要部位。据Toofanian和Targowski(1982)及Sabatakou等(1999)的研究,胃腺在胎儿晚期(妊娠26d)就明显出现,在妊娠29d可观察到真正的肠绒毛和胰腺(李氏隐窝)。但是新生兔并不具备成年时所具有的所有黏膜组分。在1周龄时才出现十二指肠布氏腺(Brunner's glands),直到20日龄之前成年形态的发育都未完成。

消化道的发育遵循从前段向后段递进的模式。胃和小肠的及早发育对于确保新生仔兔的生存是重要的(见图1-1a)。从初生到18~20日龄,在每天喂一次奶的条件下,仔兔可摄入大量的奶,饮用量可达到其体重的12%。当记录胃内容物的重量时,就能说明胃在相对重量上的重要性(见图1-1b)。吮乳兔大约在18日龄开始采食固态食物,同时其奶的摄入量逐步减少(详见第13章),并且盲肠和结肠的发育开始快于消化道的其他部分(见图1-1a)。如果包括盲肠内容物在内,那么在这个期间盲肠的生长速度则显得更为明显。3~7周龄时,盲肠被食糜和微生物所充盈;7~9周龄时,盲肠内容物的重量达到峰值,大约占到体重的6%。年龄也影响到盲肠的pH,pH从15日龄的6.8下降到50日龄的5.6(Padilha等,1995)。

研究肠黏膜和胰腺的功能变化,对于理解家兔(主要指断奶前后)消化饲料的能力不同于消化奶的能力是重要的。过去十年,为了阐明这种特性而做出了巨大的努力,但是仍然出现一些不相同的研究结果(见表1-1和表1-2)。研究结果的不一致性在某种程度上与下列因素有关:取样前的管理差异(禁食或自由采食、饲粮的类型),研究的年龄间隔,分析所用样品的类型(食糜、组织或血清),肠道的部位(十二指肠、空肠或回肠),屠宰时间(早晨或晚上),酶分析方法(酶的作用物特性、时间、pH和反应温度)和表示酶活性的单位(每毫克蛋白质或每毫克组织或每毫克消化内容物所含国际单位)等。这种不一致性对于配制恰当的断奶后饲粮,难于得出清晰的结论。

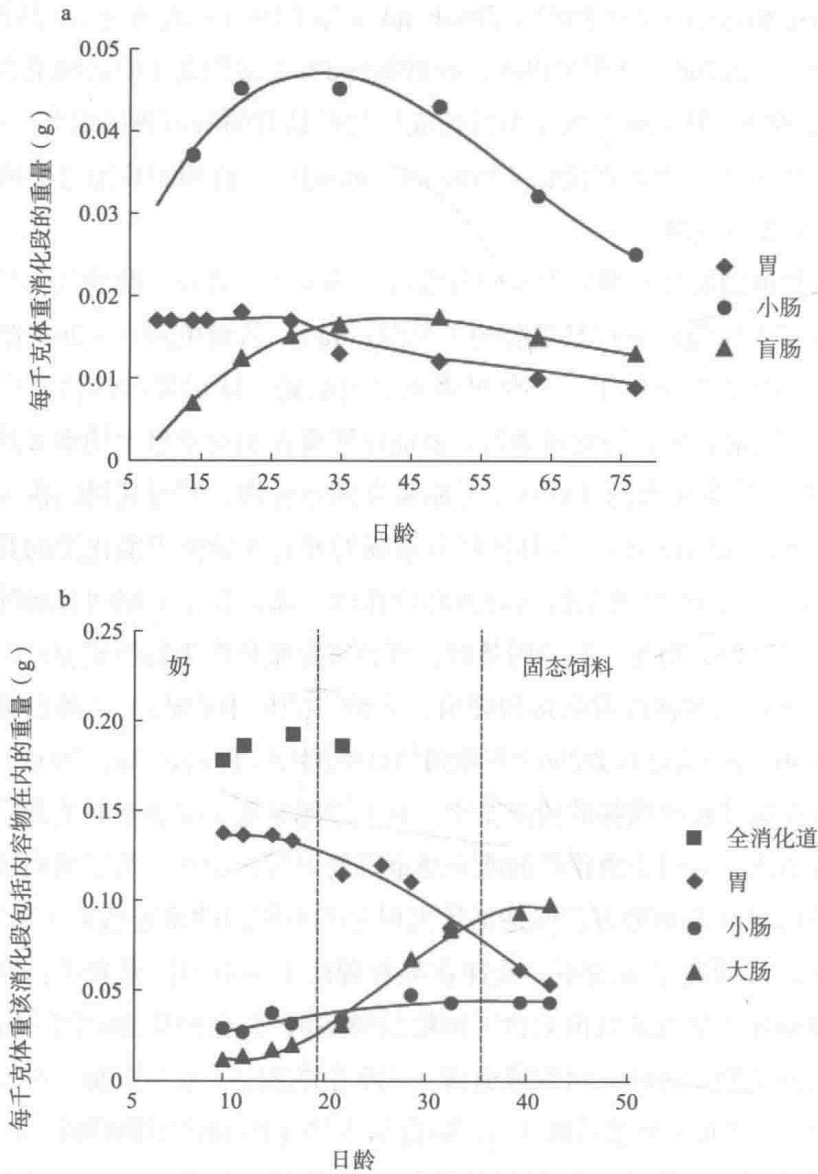


图1-1 9~77日龄家兔 (35d断奶) 各消化段的发育情况

a. 该消化段 (不包括内容物) 相对于体重的相对重量; b. 包括内容物在内的该消化段相对于体重的相对重量。(引自Lebas和Laplace, 1972; García Rebollar等, 2004; Gallois等, 2005)

表1-1 胰酶的年龄变化（根据一些著者的研究）

酶	取样部位	日龄				单位	参考文献
		7~21	21~45	45~90	9~180		
淀粉酶	胰腺	=	▲			IU/g组织	1,2,3
			▲			IU/g蛋白质	
	胰腺	=	=	▲	=	IU/g蛋白质	5
	胰腺		▲			IU/g蛋白质	7
	胰腺		▲			IU/g蛋白质	8
	肠内容物		▲	▲	▲	IU/g	4
	肠内容物		▲				
	空肠内容物					IU/g	6
	回肠内容物		=				
	肠内容物	=	▲			IU/g	9
	血清	=	=	▲	=	IU/L	5
	血清		▲			IU/L	10
脂酶	胰腺	=	▲			IU/g组织	1,2
		=	▲			IU/g蛋白质	
	胰腺	▼	▼	=	=	IU/g蛋白质	5
	胰腺		▲			IU/g蛋白质	7
	肠内容物		=	=	=	IU/g	4
	肠内容物		▲			IU/g	10
胰蛋白酶	胰腺	▼	▲			IU/g组织	1,2
		▼	=			IU/g蛋白质	
	胰腺	▲	=	=	=	IU/g蛋白质	5
	胰腺		=			IU/g蛋白质	7
	肠内容物		▼			IU/g	10
胰凝乳蛋白酶	胰腺	▼	▲			IU/g组织	1,2
		▼	=			IU/g蛋白质	
	胰腺	▲	▲	▼	▼	IU/g蛋白质	5
蛋白酶	胰腺		=			IU/mg蛋白质	7
	肠内容物		=	=	=	IU/g	4

=、▲和▼分别表示在每个年龄阶段的酶活性保持不变、增加或减少。

1. Lebas 等, 1971; 2. Corring等, 1972; 3. Blas, 1986; 4. Marounek等, 1995; 5. Dojan等, 1998; 6. Scapinello等, 1999; 7. Gutiérrez等, 2002; 8. Debray等, 2003; 9. Sabatakou等, 2007; 10. Gallois, 2008b。

IU为国际单位（译者注）。

表1-2 胃黏膜和肠黏膜的年龄变化 (根据一些著者的研究)

酶	取样部位	日龄				单位	参考文献
		7~21	21~45	45~90	90~180		
胃蛋白酶	胃黏膜	▲	▲	▲	=	IU/g组织	2
		=	=	=	=	IU/g蛋白质	
	胃内容物		=	=	=	IU/g	1
乳糖酶	空肠黏膜		▼			IU/g蛋白质	3
	空肠黏膜	=				IU/g组织	5
麦芽糖酶	十二指肠黏膜		=	▼	=	IU/g蛋白质	2
	空肠黏膜	=	=	▲	=	IU/g蛋白质	
	回肠黏膜	=	=	▲	=	IU/g蛋白质	
	空肠黏膜	=	=			IU/g蛋白质	3
	空肠黏膜		▲			IU/mg组织	4
	十二指肠黏膜	=	▲				6
	空肠黏膜	=	▲				
	肠内容物		▲	▲	▲	IU/g	1
蔗糖酶	空肠黏膜		▲			IU/g蛋白质	3
	空肠黏膜	▲				IU/g蛋白质	5
	十二指肠	▲	=			IU/g蛋白质	6
	空肠	▲	▲				

=、▲和▼分别表示在每个年龄阶段的酶活性保持不变、增加或减少。

1. Marounek等, 1995; 2. Dojan等, 1998; 3. Gutiérrez等, 2002; 4. Debray等, 2003; 5. García Rebollar等, 2004; 6. Gallois等, 2008b。

IU为国际单位 (译者注)。

虽然与成年时期相比较, 吮乳期间的胰腺成熟和功能受到限制, 但黏膜上的腺体能够产生消化兔奶基本成分的酶。在这个时期, 胃脂肪酶在整个消化道显现出最高的脂肪分解活性, 而3月龄兔却不能显现这样的活性 (Marounek等, 1995)。乳糖酶活性在25日龄达到最高水平; 并且蔗糖酶和麦芽糖酶的活性上升, 在28~32日龄时达到成年兔水平 (Gutiérrez等, 2002; García Rebollar等, 2004; Gallois等, 2008b)。基本的蛋白质水解活性同样也局限于幼兔的胃, 但随着年龄的增长, 胃蛋白质水解活性的重